

anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



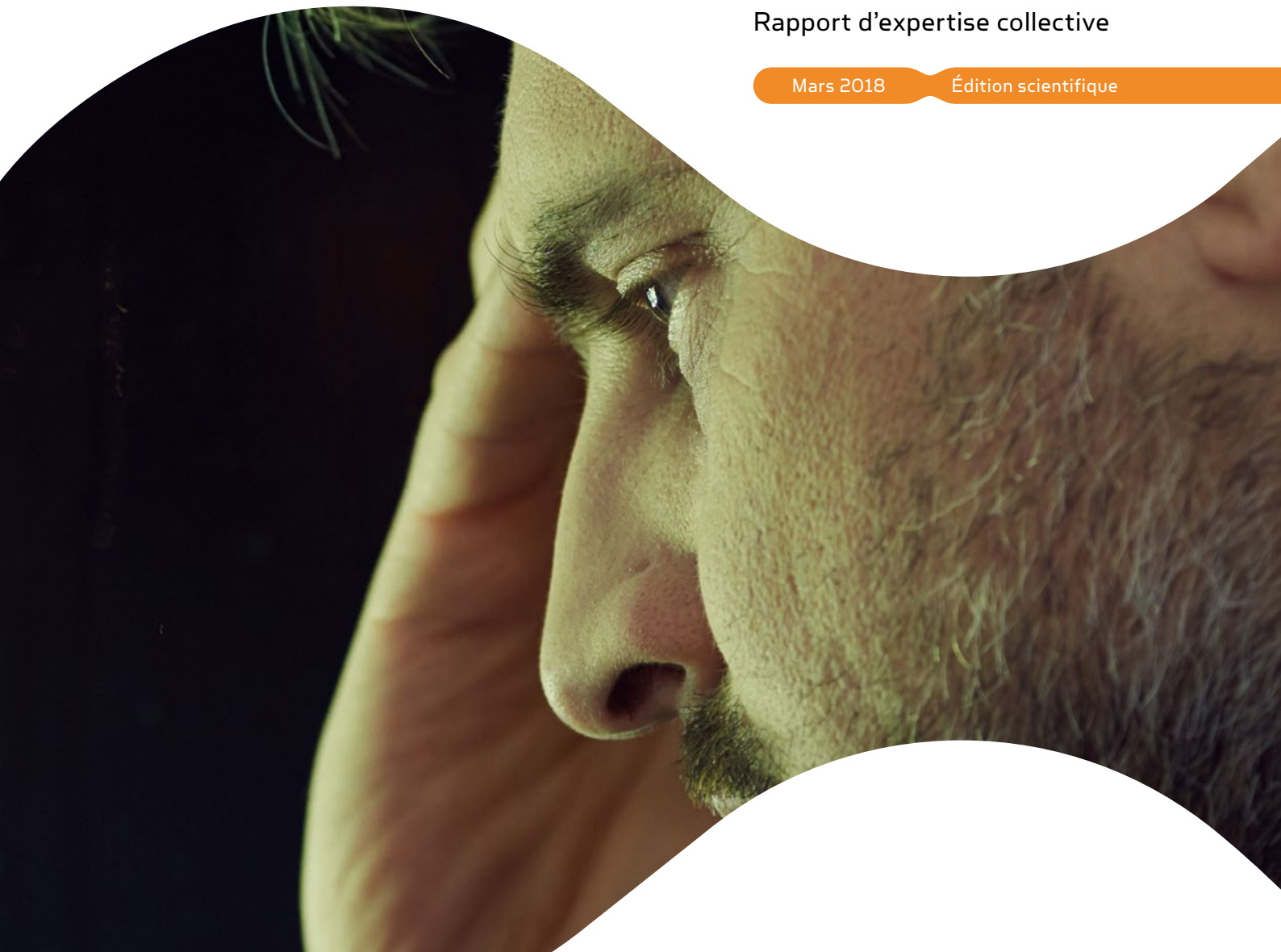
Connaître, évaluer, protéger

Hypersensibilité électromagnétique ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

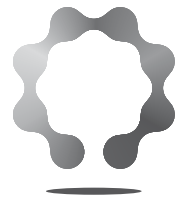
Mars 2018

Édition scientifique



anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



Connaître, évaluer, protéger

Hypersensibilité électromagnétique ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques

Avis de l'Anses

Rapport d'expertise collective

Mars 2018

Édition scientifique

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 13 mars 2018

AVIS **de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation,** **de l'environnement et du travail**

**relatif à l'expertise sur « l'hypersensibilité électromagnétique (EHS) ou intolérance
environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques (IEI-CEM) »**

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.

L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part à l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).

Ses avis sont publiés sur son site internet.

Dans un contexte de controverse, aussi bien dans les milieux scientifiques que dans le débat public, l'Anses a décidé d'accorder à la question de l'hypersensibilité électromagnétique (EHS) ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques (IEI-CEM) - les deux expressions désignent le même sujet -, toute l'attention qu'elle mérite en lui consacrant une expertise spécifique et approfondie. Pour mémoire, dans le rapport d'expertise consacré aux effets des radiofréquences sur la santé publié par l'Afsset en 2009, la question de l'EHS avait fait l'objet d'un chapitre particulier. En revanche, l'examen de ce sujet avait été volontairement différé au moment de la mise à jour de l'expertise sur le sujet des radiofréquences publiée par l'Anses en 2013 (auto-saisine du 14 juin 2011). Le groupe d'experts avait en effet estimé que la question de l'EHS nécessitait, d'une part, un recueil de données complémentaires et, d'autre part, de lui consacrer l'attention nécessaire par une expertise collective spécifique, objet du présent avis.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

Depuis le début des années 1980, la littérature scientifique rapporte de façon continue le cas de personnes se plaignant de troubles fonctionnels¹ divers (troubles cutanés attribués à une exposition aux écrans cathodiques, puis troubles plus variés attribués à des expositions aux champs émis par les appareils électroménagers et les installations électriques) qu'elles attribuent à une exposition à des champs électromagnétiques. Ce « tableau clinique » a reçu plusieurs appellations successives, traduisant une évolution des concepts comme on en observe fréquemment dans l'histoire de la médecine, surtout dans les situations d'incertitude.

¹ Le terme de « trouble fonctionnel » regroupe l'ensemble des symptômes et affections sans support lésionnel ni dysfonctionnement d'organe identifiable, par opposition aux maladies organiques.

L'une des spécificités de l'EHS est que les symptômes dont se plaignent les personnes se déclarant EHS sont attribués à des expositions aussi bien aux radiofréquences (le plus souvent pour des sources autour de quelques centaines de MégaHertz à quelques GigaHertz) qu'aux extrêmement basses fréquences (principalement 50 Hz en Europe), ce qui rend l'étude du sujet plus complexe. Après avoir débattu de cette difficulté en son sein, le groupe de travail a choisi de s'intéresser à toutes les personnes se déclarant EHS, quelles que soient les sources de champs incriminées.

L'objectif de cette expertise était de chercher à comprendre l'EHS dans sa complexité, de la caractériser, et d'étudier la plausibilité des différentes hypothèses avancées pour expliquer l'origine des troubles déclarés.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

La présente expertise relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisé (CES) « Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements ». L'Anses a confié la réalisation de l'expertise au groupe de travail « radiofréquences et santé ». Celui-ci avait été constitué à la suite d'un appel public à candidatures d'experts lancé le 1^{er} décembre 2010. Les experts ont été recrutés pour leurs compétences scientifiques et techniques dans les domaines de l'épidémiologie, de la médecine, de la biologie, de la métrologie et de la dosimétrie des champs électromagnétiques, ainsi que des sciences humaines et sociales. Au total, seize experts indépendants ont été nommés le 30 juin 2011 pour une durée de 3 ans. Ce groupe a notamment produit une mise à jour de l'évaluation des risques pour la santé liés à l'exposition aux radiofréquences en octobre 2013. La composition du groupe de travail a ensuite été en partie renouvelée et complétée le 9 juillet 2014 pour réaliser l'expertise relative à l'EHS, puis le mandat de ce groupe a été prolongé jusqu'au 31 décembre 2017, afin de finaliser les travaux. Ces travaux d'expertise sont donc issus de collectifs d'experts aux compétences complémentaires.

Les liens d'intérêts déclarés par les experts ont été analysés par l'Anses avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise. Les déclarations d'intérêts des experts sont rendues publiques *via* le site internet de l'Anses (www.anses.fr).

Veille bibliographique et recueil d'informations

Comme toutes les expertises de l'Anses, celle-ci est principalement basée sur l'analyse de la littérature scientifique disponible. La période de référence pour la veille bibliographique s'étend d'avril 2009² à juillet 2016³. Toutefois, pour compléter l'historique de certaines questions et suite à la consultation publique, des références sortant du cadre de cette période ont ponctuellement pu être ajoutées au rapport. Les documents expertisés sont de natures diverses (articles scientifiques publiés dans des journaux à comité de lecture indépendant, rapports d'expertise d'organismes européens et internationaux, rapports de recherches financées par l'Anses, etc.). En décembre 2014, le Comité de dialogue « Radiofréquences et santé »⁴ de l'Agence a également été invité à compléter la liste des références bibliographiques analysées par le groupe de travail.

² fin de la période d'analyse de la bibliographie prise en compte dans le dernier rapport de l'Agence s'intéressant à la question de l'EHS, publié en octobre 2009.

³ date de fin de la revue bibliographique correspondant au moment de la mise en consultation publique du rapport pré-définitif.

⁴ Le Comité de dialogue « Radiofréquences et santé » de l'Anses est un lieu d'échanges, de réflexion et d'information sur les questions scientifiques relatives aux effets potentiels sur la santé des radiofréquences et à leur évaluation. Sa mise en place en juin 2011 s'inscrit dans le prolongement de l'expérience acquise dans le cadre de la Fondation « Santé et Radiofréquences ». Il réunit des représentants d'associations et de syndicats, des opérateurs de téléphonie mobile et

En complément des documents ainsi recensés, des contributions écrites ont été sollicitées auprès de médecins et sociologues, sur des aspects précis concernant l'expertise. De plus, des études ont fait l'objet de contrats de recherche et développement (CRD) avec le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) et l'unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance transport-travail-environnement (UMRESTTE, Ifsttar et Université Claude Bernard Lyon 1), afin d'obtenir de nouvelles données.

En outre, compte tenu de la complexité du sujet, des limites méthodologiques de nombreux articles scientifiques, de l'absence d'études portant sur certaines questions, ainsi que des controverses qui résultent parfois de ces difficultés, le groupe de travail s'est également intéressé aux expériences de terrain. Il s'est ainsi penché, à travers une vingtaine d'auditions, sur les témoignages de différentes parties prenantes (médecins hospitaliers et médecins généralistes, associations et collectifs de citoyens, élus, chercheurs, etc.). Ces témoignages ont nourri les réflexions du groupe de travail et parfois proposé des hypothèses explicatives de l'EHS, qui ont ensuite été analysées au cours de l'expertise.

Déroulement de l'expertise

Entre juillet 2014 et octobre 2017, le groupe de travail s'est réuni 29 fois en séances plénières afin, notamment, de procéder aux auditions, à l'analyse des articles et d'étudier et débattre de la plausibilité des différentes hypothèses avancées pour expliquer l'origine des troubles.

La qualité des publications scientifiques (études cliniques et études épidémiologiques principalement) a été évaluée en s'appuyant sur différents critères (rigueur du protocole, caractérisation des expositions, etc.), quels que soient leurs résultats et conclusions.

Les travaux d'expertise ont été présentés au CES à plusieurs reprises entre septembre 2014 et novembre 2017, tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques. Les commentaires du CES ont été pris en compte par le groupe de travail tout au long de l'expertise.

Celle-ci a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ».

Consultation publique

Considérant l'importance, la complexité et la sensibilité du sujet, l'Agence a souhaité porter le rapport « Hypersensibilité électromagnétique ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques » dans un état pré-définitif, c'est-à-dire sans conclusion ni recommandation, à la connaissance des membres de la communauté scientifique et des parties prenantes intéressées au cours d'une consultation publique.

Celle-ci a été ouverte du 27 juillet au 15 octobre 2016. Elle était destinée à recueillir des données et commentaires scientifiques susceptibles d'être pris en compte dans l'élaboration finale du rapport d'expertise. Au total, plus de 500 commentaires ont été déposés par l'intermédiaire d'un formulaire en ligne disponible sur le site internet de l'Agence. Chacun d'entre eux a été analysé par plusieurs experts rapporteurs et fait l'objet d'une réponse, ce qui a nécessité de nombreuses réunions en sous-groupes. Chaque réponse a ensuite été validée par l'ensemble du groupe de travail (cf. tableau de réponse aux commentaires en ligne sur le site de l'Anses). Près de 150 commentaires ont entraîné une modification, un ajout ou une reformulation du rapport d'expertise.

des radiodiffuseurs, des institutions, des collectivités territoriales et des élus dans un souci d'équilibre des groupes d'intérêts.

Validation des travaux d'expertise

Les travaux d'expertise ont été validés par le CES « Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements » le 15 décembre 2017.

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES

Comment définir l'EHS ? (cette question est abordée au chapitre 3 du rapport d'expertise)

Le groupe de travail a adopté la définition de l'OMS, qui a retenu trois critères pour caractériser l'« intolérance environnementale idiopathique aux champs électromagnétiques (IEI-CEM) », également appelée EHS, à savoir :

- 1) la perception par les sujets de symptômes fonctionnels divers non spécifiques⁵ (troubles du sommeil, maux de tête, symptômes cutanés, etc.) ;
- 2) l'absence d'évidences clinique et biologique permettant d'expliquer ces symptômes ;
- 3) l'attribution, par les sujets eux-mêmes, de ces symptômes à une exposition à des champs électromagnétiques, eux-mêmes diversifiés.

Il faut préciser que, pour l'OMS, « l'IEI est un descripteur n'impliquant aucune étiologie chimique ou aucune sensibilité de type immunologique ou électromagnétique. Ce terme regroupe un certain nombre de troubles ayant en commun des symptômes non spécifiques similaires, qui restent non expliqués sur le plan médical et dont les effets sont préjudiciables pour la santé des personnes. »

En ce qui concerne les symptômes, les plus fréquemment rapportés dans la plupart des études descriptives, ainsi qu'à travers les témoignages, sont la fatigue et les troubles du sommeil. Cependant, les symptômes décrits sont multiples, communs à de nombreuses autres affections et hétérogènes, avec des descriptions variables (les questionnaires utilisés, le recrutement des personnes ne sont pas comparables d'une étude à l'autre, etc.). Les différents témoignages rapportés lors des auditions et de la consultation publique sont également hétérogènes (cf. premier critère de l'OMS). Quoi qu'il en soit, les plaintes (douleurs, souffrance⁶) formulées par les personnes se déclarant EHS correspondent à une réalité vécue.

En ce qui concerne la recherche de bases cliniques, biologiques et / ou physiologiques, les quelques travaux qui ont essayé de décrire les caractéristiques de l'EHS n'ont pas permis de mettre en évidence de critères de diagnostic qui puissent être utilisables pour les études cliniques, ni de critères de classification pour la recherche qui fassent l'objet d'un consensus suffisant pour pouvoir être proposés en pratique (cf. deuxième critère de l'OMS). Il en résulte une grande imprécision dans l'organisation des recherches et dans l'interprétation de leurs résultats.

Enfin, les expositions aux champs électromagnétiques incriminées dans les études ou à travers les témoignages sont également très hétérogènes (cf. troisième critère de l'OMS) : les ondes radiofréquences sont principalement citées (téléphone mobile, Wi-Fi, antennes relais, etc.) ainsi

⁵ Un signe clinique est dit « non spécifique » lorsqu'il peut être l'expression clinique de plusieurs maladies différentes. Au contraire, un signe clinique est dit « spécifique » lorsqu'il permet d'orienter le diagnostic vers une ou un groupe de pathologies.

⁶ « C'est à des signes, donc à la sémiologie, que psychiatrie et phénoménologie s'adressent d'un commun accord pour justifier leur emploi distinct des termes douleur et souffrance : on s'accordera donc pour réserver le terme douleur à des affects ressentis comme localisés dans des organes particuliers du corps ou dans le corps tout entier, et le terme souffrance à des affects ouverts sur la réflexivité, le langage, le rapport à soi, le rapport à autrui, le rapport au sens, au questionnement, etc. Mais la douleur pure, purement physique, reste un cas limité, comme l'est peut-être la souffrance supposée purement psychique, laquelle va rarement sans quelques degrés de somatisation. Ce chevauchement explique les hésitations du langage ordinaire » (Ricœur 1994).

que, parfois, les extrêmement basses fréquences (lignes et installations électriques), dont les modes d'interactions avec le corps humain sont cependant très différents.

Actuellement, la seule possibilité pour définir l'EHS repose donc sur l'auto-déclaration des personnes. En conséquence, cela peut entraîner un manque de sensibilité dans toutes les études sur le sujet, puisque des personnes se déclarant EHS très différentes peuvent être recrutées sans distinction.

Ainsi, une évaluation de la prévalence de l'EHS reste très difficile à faire ; les données scientifiques sur le pourcentage de personnes se déclarant EHS dans la population en France et à l'international ne sont pas fiables, elles sont comprises entre 0,7 et 13,3 %. Toutefois, les données les plus récentes (sept articles publiés entre 2008 et 2013) donnent des résultats plus resserrés, autour de 5 % (entre 1,2 % et 8,8 %) et ne semblent pas confirmer la perspective d'une augmentation progressive de la prévalence de l'EHS qui avait été suggérée par certaines études plus anciennes.

Les études descriptives mettent en évidence le fait que les personnes se déclarant EHS ont un moins bon niveau de bien-être et sont, en moyenne, plus anxieuses et déprimées que les témoins. Cependant, cette observation est difficile à interpréter, car telles que les études ont été conçues, il n'est pas possible de déterminer si cette anxiété et / ou cette dépression sont la cause ou la conséquence des symptômes ressentis par ces personnes. L'anxiété et la dépression sont en effet des réactions communes à la plupart des maladies graves ou rares. Dans le cas des personnes se déclarant EHS, les difficultés de prise en charge médicale et la persistance des symptômes pourraient contribuer à générer de l'anxiété et / ou un état dépressif. Il n'est pas possible de conclure que cette composante psychique est plus ou moins fréquente chez les personnes se déclarant EHS que chez celles présentant une maladie grave ou rare.

À noter qu'il existe des associations entre l'EHS et plusieurs syndromes ou troubles, le plus souvent le syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques (SIOC, *multiple chemical sensitivity*), la fibromyalgie, les migraines et les acouphènes.

L'être humain est-il capable de percevoir les champs électromagnétiques ? (cette question est abordée au chapitre 5 du rapport d'expertise)

Aucune étude n'a mis en évidence une capacité des personnes se déclarant EHS à percevoir des champs électromagnétiques radiofréquences dans des conditions d'exposition environnementale.

Cependant, quelques études très disparates (qu'il s'agisse des techniques d'exposition ou des critères d'évaluation) et de qualité scientifique très inégale ont permis d'observer :

- des potentiels évoqués⁷ sur des enregistrements de l'électroencéphalogramme (EEG) chez des personnes non-EHS lors d'une exposition à un signal magnétique 60 Hz (2 études d'une seule et même équipe) ;
- des différences entre des personnes se déclarant EHS et des témoins exposés à des champs électromagnétiques basses fréquences 50 Hz dans leur capacité à distinguer les expositions réelles des expositions factices (2 études d'une seule et même équipe) ;

⁷ Les potentiels évoqués (PE) sont définis comme des modifications de l'activité électrique du système nerveux en réponse à une stimulation externe (visuelle, auditive, somesthésique ou motrice) ou endogène (PE cognitif). La stimulation doit être répétée un grand nombre de fois pour extraire, par moyennage de l'activité électrique de base, une réponse spécifique de la voie nerveuse stimulée.

- un abaissement du seuil de perception du courant électrique basses fréquences chez certaines personnes se déclarant EHS (3 études d'une seule équipe). On peut alors, dans ce cas, parler d'électrosensibilité ou d'hypersensibilité au courant électrique.

Toutefois, les résultats de ces études doivent être interprétés avec précaution et mériteraient de faire l'objet d'études de réplication, à condition toutefois qu'une attention particulière soit accordée aux critères d'inclusion des participants et aux résultats individuels. De plus, en l'absence de recueil de la symptomatologie fonctionnelle des participants, ces études ne permettent pas d'établir de lien entre ces observations et l'EHS.

Existe-t-il une relation causale entre l'exposition aux champs électromagnétiques et les symptômes des personnes se déclarant EHS ? (cette question est principalement abordée au chapitre 6 du rapport d'expertise)

Les études de provocation sont souvent considérées comme le meilleur moyen de démontrer, en laboratoire, l'existence d'un lien de causalité entre les expositions aux champs électromagnétiques d'une part, et la survenue et la persistance des symptômes d'autre part.

Les études de provocation analysées (une quarantaine) n'ont pas permis de mettre en évidence, de manière fiable et reproductible, l'apparition de symptômes ou d'anomalies biologiques ou physiologiques spécifiques à l'EHS pendant ou après une exposition (aux basses fréquences ou aux radiofréquences). Ceci suggère deux hypothèses :

- soit les symptômes ressentis par les personnes se déclarant EHS ne seraient pas dus aux expositions aux champs électromagnétiques et il n'existerait pas d'anomalie biologique et/ou physiologique objectivable lorsqu'elles sont exposées aux champs électromagnétiques (hypothèse 1) ;
- soit l'absence de résultat serait due aux limites méthodologiques des études de provocation (sélection des sujets, taille des échantillons, nature des expositions, etc.) (hypothèse 2). Ces limites méthodologiques ne permettraient ainsi pas d'exclure avec certitude que :
 - certaines personnes sensibles aux champs électromagnétiques et présentant des effets biologiques et / ou physiologiques en condition d'exposition, n'aient pas été détectées jusqu'à présent en raison de l'imprécision des critères d'inclusion et d'exclusion des participants à ces études de provocation ;
 - des effets biologiques et / ou physiologiques puissent se manifester uniquement dans certaines conditions d'exposition (non encore testées) ;
 - les champs électromagnétiques aient certains effets biologiques et / ou physiologiques non encore analysés dans les études de provocation (cf. effets sur l'électroencéphalogramme (EEG) du sommeil décrits dans le rapport publié par l'Anses en 2013 sur les radiofréquences et la santé).

Par ailleurs, les résultats de plusieurs études de provocation ont conduit leurs auteurs à proposer l'hypothèse d'un rôle de l'effet *nocebo*⁸ dans l'apparition et / ou la persistance de l'EHS (compatible à la fois avec les hypothèses 1 et 2 ci-dessus). Toutefois, ces études de provocation ont été réalisées chez des personnes se déclarant EHS depuis un certain temps et ne renseignent

⁸ L'effet *nocebo* se définit comme l'ensemble des symptômes « négatifs » ressentis par une personne soumise à l'exposition à un médicament, une thérapeutique non médicamenteuse ou à des facteurs environnementaux. Il est causé par la suggestion, la croyance ou la crainte que cette exposition est nuisible. Comme il sera montré ci-dessous, il s'agit d'un phénomène psychophysiologique normal.

donc pas sur les modalités de la première apparition des symptômes et leur attribution à une exposition à des champs électromagnétiques. Il n'en reste pas moins qu'une quinzaine d'articles présentent des résultats concordants pour montrer que, soumises à des expositions factices, les personnes se déclarant EHS expriment un nombre de fausses reconnaissances et de symptômes ressentis nettement plus élevé que les témoins, ce qui ne peut être expliqué que par un effet *nocebo*. L'effet *nocebo* joue donc certainement un rôle non négligeable dans la persistance de l'EHS. Si les mécanismes qui sous-tendent cet effet sont encore, pour certains, mal connus, il est bien établi que ce phénomène, comme l'effet *placebo*, intervient souvent dans la relation soignants-soignés, et qu'il s'agit d'une réponse cognitivo-affective normale. De plus, sa survenue n'exclut pas la présence d'une affection organique non identifiée.

Au final, aucune preuve expérimentale solide ne permet actuellement d'établir un lien de causalité entre l'exposition aux champs électromagnétiques et les symptômes décrits par les personnes se déclarant EHS.

Quelles hypothèses sont avancées pour interpréter les symptômes des personnes se déclarant EHS ? (cette question est principalement abordée au chapitre 7 du rapport d'expertise)

Pour essayer d'expliquer les différents symptômes des personnes se déclarant EHS, les experts du groupe de travail de l'Anses ont recensé différentes hypothèses à travers l'analyse de la littérature scientifique. En outre, compte tenu des limites de nombreux articles scientifiques et de l'absence d'études sur certaines questions, le groupe de travail s'est aussi intéressé aux expériences de terrain et aux hypothèses émises par différents médecins et associations. Il a ensuite étudié l'ensemble de ces hypothèses.

Dans un premier temps, le groupe de travail a cherché à savoir s'il existait des biomarqueurs caractéristiques de l'EHS (différences biologiques ou modifications physico-chimiques, stress oxydant chronique ou intoxication chimique). Les pistes génétique et immunitaire ont également été examinées pour essayer d'expliquer l'EHS. Cependant, il n'existe aucune donnée scientifique concluante en faveur de ces hypothèses.

Le groupe de travail s'est ensuite intéressé à l'activité du système nerveux autonome (SNA) des personnes se déclarant EHS. Certaines études semblent mettre en évidence un phénotype différent en ce qui concerne l'activité du SNA au niveau basal (c'est-à-dire en l'absence d'exposition) entre les personnes se déclarant EHS et les témoins. L'origine de cette différence serait un déséquilibre de la balance ortho/parasympathique, qui se manifesterait, selon les études, par une augmentation de la composante orthosympathique, une tachycardie et/ou une augmentation de la conductance cutanée. Cependant, ces modifications pourraient aussi traduire un effet du stress lié aux conditions expérimentales. L'hétérogénéité des résultats peut s'expliquer par plusieurs limites, que l'on retrouve dans la plupart de ces études : taille trop faible des échantillons, méthodologies inadaptées, etc. Ainsi, les données disponibles ne permettent pas de mettre en évidence un impact des champs électromagnétiques sur le système nerveux autonome des personnes se déclarant EHS (ni sur celui des témoins). En l'état actuel des connaissances, l'hypothèse selon laquelle les personnes se déclarant EHS souffriraient d'un dysfonctionnement basal du système nerveux autonome ne peut être ni validée ni exclue.

Le groupe de travail a par ailleurs étudié plusieurs hypothèses concernant le système nerveux central (SNC) pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS. Selon la première de ces hypothèses, l'exposition à des champs électromagnétiques amplifierait les altérations de la barrière hémato-encéphalique (BHE) provoquées par d'autres facteurs et serait à l'origine de l'extravasation de molécules du sang vers le liquide cébrospinal. L'extravasation des molécules serait ensuite susceptible d'entraîner des troubles neurologiques chez les personnes se déclarant EHS. Le groupe de travail a étudié les articles scientifiques disponibles sur le sujet et a conclu que cette hypothèse ne pouvait pas être validée à ce jour.

Une autre hypothèse concernant le système nerveux central a été analysée, selon laquelle des perturbations dans la production de neurotransmetteurs (catécholamines, sérotonine) pourraient expliquer la survenue de l'EHS. Cependant, il existe trop peu de données scientifiques pour conclure sur le sujet.

L'hypothèse de l'existence d'un terrain migraineux chez les personnes se déclarant EHS a davantage retenu l'attention du groupe de travail. En effet, les maux de tête sont l'un des symptômes les plus fréquemment rapportés par celles-ci et les résultats obtenus par un médecin chez certaines d'entre elles, qu'il a traitées comme des migraineux, sont apparus intéressants. Les données de la littérature scientifique, si elles sont trop rares et disparates pour conclure sur le sujet, justifient néanmoins que des recherches centrées sur ce problème soient réalisées.

D'autres hypothèses, étudiées dans des articles concernant le système nerveux central, ont été analysées par le groupe de travail. Elles se sont intéressées à un éventuel dysfonctionnement de l'activité électrique cérébrale, du métabolisme ou du débit sanguin cérébral. En l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible de mettre en évidence un quelconque dysfonctionnement de cette nature, spécifique aux personnes se déclarant EHS. Par ailleurs, les données disponibles ne permettent pas de savoir si l'effet d'une exposition aux radiofréquences sur l'activité électrique cérébrale observé chez des personnes non-EHS (*cf.* Anses, 2013) s'inscrit ou non dans les limites des variations physiologiques, ni s'il pourrait entraîner un effet sanitaire favorable ou défavorable à long terme.

Une éventuelle dysrégulation du cycle veille-sommeil ou de l'horloge circadienne chez les personnes se déclarant EHS a également été étudiée par le groupe de travail. Deux études comportant des enregistrements polysomnographiques du sommeil après une exposition de longue durée à un signal GSM chez des personnes se déclarant EHS ont confirmé⁹ que cette exposition provoquait une augmentation de la puissance spectrale de l'EEG dans la fréquence des fuseaux de sommeil¹⁰. Cependant, ces deux études n'ayant pas comparé les résultats obtenus chez les personnes se déclarant EHS à ceux de témoins, elles ne permettent pas de conclure quant à l'existence d'un éventuel dysfonctionnement propre aux personnes se déclarant EHS. En revanche, une autre étude a mis en évidence une augmentation de l'énergie de la bande des hautes fréquences (HF)¹¹ des EEG, significativement plus faible chez des personnes se déclarant EHS que chez des témoins, à la fois durant l'induction du sommeil et durant la nuit. Cette observation est à rapprocher des constatations faites sur les effets d'une exposition aux radiofréquences sur l'EEG du sommeil chez les personnes non-EHS. Même si les conséquences de ces modifications du sommeil sur l'organisme n'ont pas été caractérisées selon des critères précis¹² et restent inconnues, ces observations suggèrent que l'hypothèse d'un dysfonctionnement de l'horloge circadienne reste crédible et mérite d'être étudiée pour tenter d'expliquer la symptomatologie de ces personnes (troubles du sommeil, de la concentration et de la mémoire fréquents d'après les études descriptives par questionnaires).

Pour finir, le concept d'« hypersensibilité », comme trait de caractère, a retenu l'attention du groupe de travail. L'« hypersensibilité » désigne une sensibilité plus haute que la moyenne,

⁹ Résultat déjà décrit par plusieurs auteurs et souligné dans le rapport publié par l'Anses sur les effets des radiofréquences en 2013.

¹⁰ Le fait que les fuseaux soient un marqueur de stabilisation du sommeil semblerait être en contradiction avec les troubles du sommeil décrits par les personnes se déclarant EHS. Cette contradiction apparente soulève la question de la grande différence entre les analyses subjectives du ressenti de la qualité du sommeil et celles objectivées par une polysomnographie incluant un enregistrement EEG et permettant de diagnostiquer diverses pathologies ou troubles du sommeil (apnées du sommeil, narcolepsie, syndrome des jambes sans repos, insomnies, etc.).

¹¹ La bande HF évalue l'activité parasympathique. Durant le sommeil et son induction, l'énergie de la bande HF du signal cardiaque augmente.

¹² selon les critères définis par l'Académie américaine de médecine du sommeil.

provisoire ou durable, pouvant être vécue avec difficulté par la personne elle-même, ou perçue comme « exagérée » voire « extrême » par l'entourage. Les « hypersensibles » percevraient leur environnement avec une acuité et une sensibilité particulière. Ce concept est d'abord apparu en psychologie pour être étayé ensuite par des études éthologiques (chez plus de 100 espèces animales), neurobiologiques et génétiques. Il fournit une piste de réflexion sur un possible facteur commun à plusieurs syndromes (syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques et fibromyalgie principalement), qui mériterait d'être approfondie.

Recommandations de l'expertise collective

1. Recommandations aux pouvoirs publics

Considérant :

- les incertitudes liées aux données scientifiques disponibles (ou non) sur l'EHS ;
- l'absence de modèle animal pertinent pour étudier l'EHS ;
- que malgré les nombreux témoignages de personnes se déclarant EHS et rapportant la fin de leurs symptômes avec la fin de l'exposition aux ondes, les données scientifiques disponibles à l'heure actuelle ne plaident ni en faveur ni en défaveur d'une amélioration de leur état de santé à la suite d'un abaissement des niveaux d'exposition ;
- que la loi n° 2015-136 du 9 février 2015 relative à la sobriété (dite « loi Abeille ») confie à l'Agence nationale des fréquences (Anfr) « les modalités de traitement et la trajectoire de résorption des points atypiques¹³ », afin de réduire le niveau de champs émis dans les lieux en cause, tout en garantissant la couverture et la qualité des services rendus ;
- qu'aucune donnée scientifique ne permet d'objectiver l'efficacité de zones blanches ou d'immeubles « blanchis », ni de chambres d'hôpital spécifiques, sur la réduction des symptômes rapportés par les personnes se déclarant EHS ;

le CES recommande aux pouvoirs publics de :

- pérenniser le financement de l'effort de recherche, notamment fondamentale, sur les effets sanitaires des radiofréquences, et sur l'EHS en particulier ;
- soutenir notamment la mise en place d'infrastructures de recherche adaptées à l'EHS (pour effectuer des études de provocation, etc.) ;

De plus, le CES renouvelle¹⁴ ses recommandations en matière de réduction des niveaux d'exposition pour la population générale, et souligne notamment l'importance :

- de peser avec soin les conséquences d'un éventuel abaissement des niveaux d'exposition induits par les antennes-relais de téléphonie mobile ;
- d'étudier le lien entre la multiplication du nombre d'antennes et l'augmentation parallèle possible de la valeur moyenne de l'exposition ;

Enfin, dans l'éventualité de la création de zones blanches, le CES recommande d'en évaluer rigoureusement les bénéfices potentiels sur la symptomatologie des personnes se déclarant EHS.

¹³ Les points atypiques sont définis comme les lieux où le niveau d'exposition du public aux champs électromagnétiques dépasse substantiellement celui généralement observé à l'échelle nationale, conformément aux critères déterminés par l'Anfr et révisés régulièrement en fonction des résultats des mesures qui lui sont communiquées. Un recensement national des points atypiques du territoire est établi chaque année par l'Anfr.

¹⁴ Cf. § 13.3, p 346 du rapport publié par l'Anses en 2013.

2. Recommandations à destination des institutions et organismes de recherche

2.1. Amélioration des connaissances sur l'EHS

2.1.1. Études de provocation

Considérant que :

- les études de provocation sont celles qui ont le meilleur niveau de preuve pour démontrer un éventuel lien de causalité entre l'exposition aux champs électromagnétiques et les symptômes décrits par les personnes se déclarant EHS, mais ont été, jusqu'à présent, entachées de limites méthodologiques (cf. § 6.2.3) et n'ont pas permis d'aboutir à un consensus scientifique (cf. § 6.2.4) ;
- des personnes se déclarant EHS rapportent être plus sensibles à certains types de signaux (ou variations de signaux) qu'à d'autres¹⁵ ;

le CES recommande de mener des études de provocation (avec des groupes de personnes bien caractérisés en âge, genre, nature des symptômes, etc.) sur les effets :

- de signaux les plus proches possibles de ceux rencontrés dans l'environnement ;
- des expositions aux champs électromagnétiques en concevant de nouveaux protocoles (différents modes d'exposition, effets différés, etc.).

2.1.2. Caractérisation des symptômes de l'EHS

Troubles du sommeil et des rythmes circadiens

Considérant que :

- les troubles du sommeil figurent parmi les symptômes les plus fréquemment rapportés par les personnes se déclarant EHS, mais restent mal objectivés ;
- des anomalies de l'EEG de sommeil ont été décrites, chez des personnes non-EHS, après exposition aux radiofréquences (cf. Anses, 2013), et que ces anomalies semblent avoir été retrouvées chez des personnes se déclarant EHS, sans toutefois avoir fait l'objet d'une comparaison avec celles observées chez des personnes non-EHS (cf. § 6.2.1.2.5) ;
- de très récents travaux expérimentaux ont montré, pour la première fois, que des rats étaient capables de choisir un environnement où leur exposition aux radiofréquences était la plus faible durant la période de repos (jour) et que ce choix était associé à une augmentation de la durée du sommeil paradoxal (cf. § 5.3.1)) ;
- la symptomatologie des personnes se déclarant EHS (troubles du sommeil notamment) rend possible l'hypothèse d'un dysfonctionnement de l'horloge circadienne ;

le CES recommande :

- d'étudier à la fois la prévalence, l'intensité et les caractéristiques des troubles subjectifs ou auto-rapportés du sommeil (avec des échelles d'intensité notamment) et les rythmes circadiens chez des personnes se déclarant EHS et chez des témoins ;

¹⁵ Des travaux récents conduits aux Pays-Bas (Van Moorselaar *et al.*, 2016) ont montré la faisabilité et l'intérêt de réaliser une étude de provocation rigoureuse tout en étant spécifique à chaque participant se déclarant EHS.

- d'étudier les troubles associés aux perturbations du sommeil chez des personnes se déclarant EHS, comme la somnolence diurne, les troubles de la mémoire, de l'attention, de la concentration, de l'humeur et la modification de l'activité physique comparés avec ceux d'une population témoin ;
- que des études de provocation utilisant la polysomnographie soient réalisées, afin d'analyser de manière objective la qualité du sommeil lors d'expositions aux champs électromagnétiques chez des personnes se déclarant EHS.

Migraines et céphalées

Considérant que :

- les maux de tête sont un des symptômes les plus fréquemment rapportés par les personnes se déclarant EHS, mais que, jusqu'à présent, les recherches sur ce thème ont rarement été conduites en utilisant la classification internationale des céphalées ;
- les rares études ayant fait la distinction entre migraines et autres céphalées ont mis en évidence une fréquence non négligeable de crises ou d'antécédents migraineux chez les personnes se déclarant EHS, sans qu'il soit possible de dire si cette fréquence est plus élevée que dans la population générale ;
- l'expérience d'un médecin (*cf.* § 7.5.3.2) concernant l'utilisation de médicaments antimigraineux chez des personnes se déclarant EHS soulève des hypothèses intéressantes, dont la vérification pourrait déboucher sur un traitement efficace par des médicaments antimigraineux de personnes se déclarant EHS ;

le CES recommande :

- d'étudier les différents types de céphalées présentées par les personnes se déclarant EHS sur la base de la classification internationale, pour préciser les relations entre migraine et EHS. Il s'agit de définir si les maux de tête de ces personnes sont, en tout ou partie, des migraines, et si ces personnes ont plus de migraines que les personnes non-EHS ;
- en fonction des résultats des recherches précédentes, de réaliser des essais cliniques, afin d'étudier l'efficacité des traitements antimigraineux chez des personnes se déclarant EHS.

Hypersensibilité comme trait de caractère

Considérant que :

- l'hypersensibilité (*cf.* § 3.8.4) a été décrite comme un trait de caractère et de comportement qui commence à être documenté, à la fois d'un point de vue psychologique et neurobiologique ;
- l'étude du profil psychologique n'a utilisé jusqu'à présent chez les personnes se déclarant EHS que des tests n'explorant qu'un petit nombre de composantes (anxiété, dépression, somatisation) ;

le CES recommande d'étudier :

- les relations qui pourraient exister entre l'hypersensibilité comme trait de caractère et l'EHS, dans un but exploratoire, afin d'évaluer l'intérêt de poursuivre les investigations avec des marqueurs d'imagerie fonctionnelle cérébrale ;

- le profil psychologique des personnes se déclarant EHS avec des tests¹⁶ qui en explorent plus largement les diverses composantes.

EHS et syndromes ou troubles associés

Considérant :

- qu'il existe de nombreuses associations entre l'EHS et /ou plusieurs syndromes ou troubles (le plus souvent syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques -SIOC-, fibromyalgie, acouphènes, etc.) ;
- que les troubles cutanés sont fréquents au cours de l'EHS et que des anomalies des petites fibres nerveuses de la peau ont été mises en évidence dans la fibromyalgie ;

le CES recommande :

- de comparer les aspects cliniques et éventuellement physiopathologiques de l'EHS d'une part, et du SIOC, de la fibromyalgie, des acouphènes idiopathiques d'autre part ;
- d'étudier les anomalies des petites fibres nerveuses de la peau lors des comparaisons entre EHS et fibromyalgie.

2.1.3. Autres propositions de recherche

Considérant que :

- les différentes tentatives pour mettre au point un questionnaire standardisé et spécifique de l'EHS utilisable en recherche n'ont pas abouti jusqu'à présent ;
- les très rares études de suivi sur le long-terme des personnes se déclarant EHS ne dépassent pas un an ;
- quelques études, ainsi que les auditions et les témoignages mettent l'accent sur l'errance médicale des personnes se déclarant EHS ;
- l'isolement (social, professionnel, familial) des personnes se déclarant EHS est systématiquement souligné ;
- la prise en charge et les représentations des personnes se déclarant EHS peuvent varier d'un pays à l'autre ;

le CES recommande :

- de développer et valider un questionnaire standardisé et spécifique de l'EHS, comme il en existe pour la plupart des syndromes (SIOC et fibromyalgie par exemple) ;
- de réaliser des études prospectives pour le suivi à long-terme de personnes se déclarant EHS ;
- d'étudier la complexité de la relation soignant-soigné pour les personnes se déclarant EHS ;
- de rechercher les différents facteurs qui contribuent à l'isolement psycho-social de ces personnes ;
- de mener des études comparatives sur la problématique de l'EHS (sur le vécu, les représentations des EHS, la prise en charge, etc.) dans plusieurs pays.

¹⁶ comme le *Minnesota Multiphasic Personality Inventory* (MMPI).

2.2. Évaluation des moyens empiriques actuellement utilisés pour établir un « diagnostic » d'EHS ou pour le « traitement » des personnes se déclarant EHS

Considérant :

- qu'il n'existe pas de critères de diagnostic de l'EHS validés à ce jour ;
- que certains auteurs ou praticiens ont néanmoins proposé des méthodes empiriques de « diagnostic » et / ou de « traitement » des personnes se déclarant EHS ;
- qu'il y a très peu d'études sur l'efficacité de celles-ci ;

le CES recommande d'évaluer l'efficacité des méthodes empiriques de « diagnostic » et / ou de « traitement » utilisées, en particulier :

- la balance ortho/para-sympathique (dynamique du système nerveux autonome), notamment la variabilité de la fréquence cardiaque ;
- les méthodes tridimensionnelles de référence¹⁷, la circulation sanguine et le métabolisme énergétique du cerveau chez les personnes se déclarant EHS, afin de vérifier l'hypothèse d'une ischémie cérébrale en rapport avec l'EHS ;
- les questionnaires sur l'EHS ;
- les différents traitements de l'EHS proposés de manière empirique, pour lesquels doivent être réalisés des essais cliniques.

Enfin, d'une manière générale, le CES souligne l'importance de renforcer les interactions entre scientifiques et associations de personnes se déclarant EHS.

3. Recommandations à destination des acteurs sanitaires et sociaux

En attendant une meilleure compréhension de l'EHS, et notamment des composantes physiologiques, psychiques et / ou biologiques pouvant expliquer les symptômes décrits, il est évident que de nombreuses personnes se déclarant EHS présentent un état de souffrance (physique et / ou psychique) plus ou moins important. Ceci nécessite et justifie une prise en charge adaptée par le système de soins. Une telle prise en charge est par ailleurs une condition nécessaire à la réalisation de travaux de recherches de qualité.

Pour améliorer la prise en charge des personnes se déclarant EHS, il est avant tout indispensable d'établir et de préserver un climat de confiance entre les personnes se déclarant EHS d'une part et les acteurs sanitaires et sociaux d'autre part. Pour cela, le CES recommande à l'autorité sanitaire, en priorité, de :

- développer la formation des médecins sur la problématique des effets des radiofréquences sur la santé et mettre à leur disposition des informations leur permettant de répondre aux attentes des personnes se déclarant EHS ;
- demander à la Société française de médecine du travail d'étudier la faisabilité d'un guide de bonnes pratiques de prise en charge des personnes se déclarant EHS en milieu professionnel¹⁸ ;

¹⁷ TEP (Tomographie par Émission de Positrons) scan par exemple.

- demander à la Haute autorité de santé (HAS) d'examiner, à l'instar des recommandations qu'elle a formulées au sujet de la fibromyalgie¹⁹, la pertinence de formuler des recommandations de prise en charge adaptées aux personnes se déclarant EHS ;
- favoriser le rapprochement et la coordination des acteurs impliqués dans la prise en charge des personnes se déclarant EHS (médecins, centres de consultation de pathologies professionnelles et environnementales -CCPP-, Maisons départementales des personnes handicapées -MDPH-, etc.).

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'ANSES

En préambule, et concernant l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques, l'Anses rappelle sa recommandation formulée dans son avis d'octobre 2013 relative aux expositions des personnes aux champs électromagnétiques : « Considérant le déploiement en cours ou à venir de nouvelles technologies de communications mobiles [...], qui se juxtaposent à des services déjà existants, et les incertitudes sur les effets à long terme de l'exposition aux radiofréquences, l'Agence souligne la nécessité que ces développements technologiques s'accompagnent d'une maîtrise de l'exposition des personnes (qu'il s'agisse de l'exposition environnementale ou liée aux terminaux). »

Concernant la nécessité de conduire une expertise collective sur la question de l'EHS, l'Anses rappelle qu'elle avait indiqué dans son avis d'octobre 2013 : « compte tenu, d'une part du nombre de publications récentes et de l'attente de résultats d'études en cours de réalisation, et d'autre part de la nécessité d'accorder une attention toute particulière à l'hypersensibilité aux ondes électromagnétiques, l'Anses a décidé de reporter l'examen de cette question à la publication d'un rapport spécifique du GT [groupe de travail] ».

S'agissant de la présente expertise, l'Agence reprend les conclusions et recommandations de son Comité d'experts spécialisé « Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements » exposées précédemment (*cf.* paragraphe 3 de l'avis).

Elle rappelle que cette expertise a été réalisée entre 2014 et 2017 par un groupe de travail pluridisciplinaire dédié, en lien avec le Comité d'experts spécialisé « agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements ». Ce travail d'expertise s'est appuyé sur l'ensemble de la littérature scientifique disponible, ainsi que sur un grand nombre d'auditions de médecins hospitaliers et généralistes, chercheurs et associations en lien avec des personnes se déclarant électrohypersensibles (EHS). L'Agence souligne le fait que le rapport d'expertise a été mis en consultation publique entre juillet et octobre 2016 et qu'il tient compte des nombreux commentaires (plus de 500) recueillis. Cette disposition a notamment permis de compléter la bibliographie et d'enrichir la rédaction de plusieurs parties du rapport (*cf.* Annexe 17 sur le bilan de la consultation et les principales modifications apportées au rapport, ainsi que le tableau détaillant les réponses aux commentaires en annexe électronique).

L'expertise met en évidence la grande complexité de la question de l'électrohypersensibilité. Tout d'abord, il n'existe pas, à ce jour, de critères de diagnostic de l'EHS validés, et il résulte de

¹⁸ Ce guide pourrait s'appuyer sur des données scientifiques validées et sur une enquête auprès des médecins du travail prenant en charge ces personnes. Il pourrait définir les modalités d'utilisation des mesures de champs électromagnétiques en milieu professionnel quand une source de champs électromagnétiques est mise en cause par une personne se déclarant EHS et, en collaboration avec les structures hospitalières de pathologie professionnelle, les modalités de recours à ces structures.

¹⁹ *cf.* le « rapport d'orientation sur le syndrome fibromyalgique de l'adulte » de juillet 2010 et le guide « Fibromyalgie de l'adulte : favoriser une prise en charge précoce et graduée » de juin 2011.

l'expertise que la seule possibilité pour définir l'EHS repose sur l'auto-déclaration des personnes. Au final, en l'état actuel des connaissances, il n'existe pas de preuve expérimentale solide permettant d'établir un lien de causalité entre l'exposition aux champs électromagnétiques et les symptômes décrits par les personnes se déclarant EHS. Cependant, l'Agence souligne que les plaintes (douleurs, souffrance) exprimées par les personnes se déclarant EHS correspondent à une réalité vécue et que ces personnes ont besoin d'adapter leur quotidien pour y faire face.

Les symptômes ressentis par les personnes se déclarant EHS, ainsi que l'isolement psycho-social subi par certaines d'entre elles, nécessitent et justifient une prise en charge adaptée par les acteurs des domaines sanitaire et social (*cf.* recommandations du CES à destination des acteurs sanitaires et sociaux). À ce titre, l'Agence souligne la pertinence de demander à la Haute autorité de santé de mettre à l'étude des orientations destinées aux professionnels de santé pour prendre en charge les personnes se déclarant EHS. L'Agence recommande en particulier de développer la formation des professionnels de santé et des acteurs sociaux à l'accueil et à l'écoute des personnes se déclarant électrohypersensibles, ainsi qu'à la prise en compte, dans leurs pratiques, des questions et attentes de ces personnes notamment en ce qui concerne leur qualité de vie.

Au-delà, l'Agence souligne la nécessité de poursuivre les travaux de recherche sur l'EHS, en s'appuyant sur les recommandations suivantes :

- renforcer les interactions entre scientifiques et associations de personnes se déclarant EHS (*cf.* recommandations à destination des institutions et organismes de recherche) ;
- soutenir la mise en place d'infrastructures de recherche adaptées à l'EHS, pour réaliser notamment des études de suivi à long-terme, et en veillant à ce que les conditions expérimentales soient contrôlées et prennent en compte les conditions de vie des personnes se déclarant EHS ;
- pérenniser le financement de l'effort de recherche, notamment fondamentale, sur les effets sanitaires des radiofréquences (*cf.* recommandations aux pouvoirs publics).

Dr Roger Genet

MOTS-CLES

Hypersensibilité électromagnétique (EHS), intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques (IEI-CEM), champs électromagnétiques, radiofréquences, basses fréquences.

Electromagnetic Hypersensitivity (EHS), Idiopathic Environmental Intolerance attributed to Electromagnetic Fields (IEI-EMF), Electromagnetic Fields, Radiofrequencies, Low Frequencies.

Hypersensibilité électromagnétique ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques

Auto-saisine n° 2011-SA-0150

RAPPORT d'expertise collective

**Comité d'experts spécialisé
« Agents Physiques, nouvelles technologies et grands aménagements »**

**Groupe de travail
« Radiofréquences et santé 2 »**

Décembre 2017

Mots clés

Hypersensibilité électromagnétique (EHS), intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques (IEI-CEM), champs électromagnétiques, radiofréquences, basses fréquences.

Electromagnetic Hypersensitivity (EHS), Idiopathic Environmental Intolerance attributed to Electromagnetic Fields (IEI-EMF), Electromagnetic Fields, Radiofrequencies, Low Frequencies.

Présentation des intervenants

PRÉAMBULE : Les experts externes, membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

GROUPE DE TRAVAIL

Président

Jean-Pierre MARC-VERGNES – Directeur de recherche émérite à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) – Médecin neurologue : neurosciences cliniques, imagerie cérébrale et électrohypersensibilité.

Vice-président

Jean-François DORÉ – Directeur de recherche émérite à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) - Épidémiologie et radiofréquences.

Membres

Jean-Benoît AGNANI – Responsable du Département Études sur l'Exposition du Public aux ondes électromagnétiques (ANFR) – Physique, champs électromagnétiques, exposition du public aux radiofréquences.

Pierre BRUGUIÈRE – Ingénieur chercheur, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) – Bioélectromagnétisme, électronique et métrologie.

David CROUZIER – Chef d'unité à l'Institut de recherches biomédicales des armées (IRBA) – Risques Technologiques Emergents et Rayonnements non ionisants et biophysique (jusqu'au 31 décembre 2016).

Josquin DEBAZ – Ingénieur de recherche du Groupe de sociologie pragmatique et réflexive (GSPR) de l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS) – Histoire des sciences, sociologie.

Brigitte DEBUIRE – Professeur émérite des universités – Praticien hospitalier émérite, Faculté de médecine Paris-sud / Hôpital Paul Brousse (Villejuif) – Médecine, biochimie et biologie moléculaire.

Isabelle DELTOUR – Chercheuse au Centre international de recherche sur le cancer (Circ) – Épidémiologie et radiofréquences.

Jean DEMARQUOY – Professeur des universités à l'Université de Bourgogne – Physiologie de la nutrition, métabolisme énergétique.

Yves LE DRÉAN – Maître de conférences à l'Université de Rennes 1 – Biologie, génétique et bioélectromagnétisme.

Gérard LEDOIGT – Professeur émérite à l'Université Clermont Auvergne (UCA) – Biologie, génétique, microbiologie et écophysiologie.

Thierry LETERTRE – Enseignant-chercheur à Supélec – Physique, champs électromagnétiques et métrologie.

Jean-Pierre LIBERT – Professeur émérite à l'Université de Picardie Jules Verne à Amiens – Physiologie humaine, neurosciences.

Amélie MASSARDIER-PILONCHÉRY – Médecin en santé au travail, Unité Mixte Ifsttar/UCBL de recherche épidémiologique et de surveillance transport travail environnement (UMRESTTE) – Épidémiologie et radiofréquences.

Anne PEREIRA DE VASCONCELOS – Chargée de recherche, Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), Laboratoire de neurosciences cognitives et adaptatives – UMR 7364, CNRS – Université de Strasbourg – Neurobiologie, neurosciences cognitives.

Jean-Michel SENARD – Professeur des universités (Toulouse III) - Praticien hospitalier - Médecine, dysautonomies, neuropsychiatrie et pharmacologie clinique (jusqu'au 31 décembre 2016).

RAPPORTEURS ET CONTRIBUTIONS EXTÉRIEURES AU COLLECTIF

Les rapporteurs ci-après ont contribué à la rédaction d'une partie du rapport (rédaction de synthèses bibliographiques, mise à disposition de données, etc.). Les informations transmises dans ce cadre ont été analysées par les experts du groupe de travail et prises en compte lors de l'élaboration du rapport.

Avertissement : la mention des rapporteurs dans la liste ci-après ne signifie pas qu'ils endossent les conclusions de l'intégralité du présent rapport.

Yannick BARTHE – Sociologue – École des hautes études en sciences sociales (EHESS) – « Travail exploratoire à partir d'un corpus de lettres de personnes « électrohypersensibles » - a contribué au § 3.1 du rapport.

D^r Christine MIRABEL-SARRON – Médecin psychiatre – Centre hospitalier Sainte Anne, Paris – « Composantes psychiques de l'EHS et des thérapies cognitives comportementales » a contribué au § 8.1 du rapport.

D^r Catherine HENNAUX – Oto-rhino-laryngologiste (ORL) au CHRU de Lille – « EHS et acouphènes » - a contribué au § 3.8.3.3 du rapport.

François GAUDAIRE et Pierre BOULENGUEZ, ingénieurs d'étude et de recherche – Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) – « Évaluation de l'efficacité des dispositifs de protection contre les champs électromagnétiques » - ont contribué au § 8.3.1 du rapport.

COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

Les travaux, objets du présent rapport ont été suivis et adoptés par le CES « Évaluation des risques liés aux agents physiques, aux nouvelles technologies et aux grands aménagements » :

Présidente

Martine HOURS – Médecin épidémiologiste, Directeur de recherche à l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (Ifsttar).

Membres ayant participé à l'expertise

Alexandre BOUNOUH – Chef de projet / Ingénieur de recherche au Laboratoire national d'essais (LNE).

Brigitte DEBUIRE – Professeur émérite des universités – Praticien hospitalier émérite, Faculté de médecine Paris-sud / Hôpital Paul Brousse (Villejuif).

Jean-François DORÉ – Directeur de recherche émérite à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm).

Thierry DOUKI – Chef de laboratoire / Ingénieur docteur en chimie, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA).

Pierre DUCIMETIÈRE – Directeur de recherche honoraire à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm).

Nicolas FELTIN – Responsable de mission au Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE).

Emmanuel FLAHAUT – Directeur de recherche au Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

Murielle LAFAYE – Ingénieur, Coordinatrice applications au Centre national d'études spatiales (Cnes).

Joël LELONG – Directeur adjoint de laboratoire / Docteur en physique, Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (Ifsttar).

Frédérique MOATI – Maître de conférences en biophysique et médecine nucléaire, Université Paris Sud XI / Praticien hospitalier / Radiopharmacienne / Biologiste, AP-HP Hôpital Bicêtre.

Catherine MOUNEYRAC – Directrice de l'Institut de biologie et d'écologie appliquée et Professeur en écotoxicologie aquatique à l'Université catholique de l'Ouest (UCO).

Fabien NDAGIJIMANA – Professeur des universités, Université Joseph Fourier, Grenoble.

Alain SOYEZ – Responsable de laboratoires, Ingénieur conseil, Caisse d'assurance retraite et de santé au travail Nord Picardie.

Esko TOPPILA – Professeur, Directeur de recherche à l'Institut finlandais de santé au travail.

Catherine YARDIN – Professeur, chef de service, médecin biologiste à l'Hôpital Dupuytren, CHU de Limoges.

PARTICIPATION ANSES

Coordination scientifique

Johanna FITE – Chef de projets scientifiques – Unité Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements – Anses.

Contribution scientifique

Léa BAUDAS – Chargée de projets scientifiques – Unité Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements – Anses.

Johanna FITE – Chef de projets scientifiques – Unité Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements – Anses.

Olivier MERCKEL – Chef de l'unité Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements – Anses.

Jean-Nicolas ORMSBY – Directeur adjoint de la Direction de l'évaluation des risques.

Olivia ROTH-DELGADO – Chargée de projets scientifiques – Unité Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements – Anses.

Benoît VERGRIETTE – Chef de l'unité Risques et société – Anses.

Marine VIET – Stagiaire AgroParisTech de mars à septembre 2015 – « Electrohypersensibilité, zones blanches et prise en charge des sujets EHS ».

Organisation des auditions de personnalités extérieures

Johanna FITE – Chef de projets scientifiques – Unité Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements – Anses.

Clémence VARRET – Chargée de projets scientifiques – Unité Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements – Anses.

Secrétariat administratif

Sophia SADDOKI – Assistante de l'unité Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements - Anses.

Séverine BOIX – Assistante de l'unité Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements - Anses.

AUDITION DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES

Les personnes mentionnées dans le tableau ci-dessous ont été consultées par le groupe de travail (sous la forme d'auditions ou sollicitations écrites). Le verbatim des auditions est disponible sous forme d'annexes à télécharger sur le site internet de l'Agence (www.anses.fr) en complément du rapport d'expertise.

Les experts du groupe de travail remercient l'ensemble des personnes consultées pour les échanges fructueux qui ont eu lieu dans le cadre des auditions ou par écrit. Les informations transmises dans ce cadre ont été analysées par les experts du groupe de travail et prises en compte lors de l'élaboration du rapport.

Avertissement : la mention des personnes dans le tableau ci-dessous ne signifie pas qu'elles endossent les conclusions du présent rapport.

Tableau 1 : liste des personnes auditionnées et sollicitées par écrit**Médecins**

Nom	Fonction et spécialité	Lieu d'exercice	Date
P ^r Pascal Cathébras	Professeur de médecine interne, PU-PH, chef de service hospitalier	Université et CHU de Saint-Etienne	Audition le 13/03/2014
D ^r Dominique Dupas	Maître de conférences des universités – praticien hospitalier (MCU-PH)	Consultation de Pathologie professionnelle et environnementale - CHU de Nantes	Audition le 13/03/2014
D ^r Pascale Choucroun	Médecin généraliste	Centre de pathologies environnementales et professionnelles - CH de Brest	Audition le 12/06/2014
D ^r Lynda Bensefa-Colas	PH en médecine du travail - service des pathologies professionnelles	Assistance publique-Hôpitaux de Paris (AP-HP)	Audition le 12/06/2014
P ^r Dominique Choudat	PU-PH de médecine du travail - Faculté de médecine	Université Paris Descartes	
D ^r Philippe Tournesac	Médecin généraliste - pathologies neurofonctionnelles- ostéopathie	Médecin libéral à Paris	Audition le 10/07/2014
D ^r Bernard Rosa	Médecin - Diplôme Universitaire de médecine manuelle - ostéopathie	Médecin libéral à Annemasse	
D ^r Mirabel-Sarron	Médecin psychiatre	Centre hospitalier Ste Anne - Paris	Audition le 29/01/2015
D ^r Laurent Chevallier	Praticien attaché - Unité nutrition, médecine environnementale	CHRU de Montpellier (Médecine Interne)	Réponse écrite le 01/06 et entretien le 04/06/2015

Nom	Fonction et spécialité	Lieu d'exercice	Date
D ^r Eric Ben-Brick	Unité de Consultations de Pathologies Professionnelles et Environnementales (UCPPE) -	CHU de Poitiers	Réponse écrite le 18/08/2015
D ^r Vincent Loche	Oto-rhino-laryngologiste (ORL) spécialiste des acouphènes	CHRU de Lille	Audition le 10/09/2015
D ^r Catherine Hennaux	Oto-rhino-laryngologiste (ORL) spécialiste des acouphènes	CHRU de Lille	

Scientifiques

Nom	Affiliation	Date
D ^r Yannick Barthe	École des hautes études en sciences sociales (EHESS)	Audition le 29/04/2014
Maël Dieudonné	Centre Max Weber – UM 5283 – CNRS / Université Lyon 2	Audition le 29/04/2014
D ^r Anke Huss	<i>Institute for Risk Assessment Sciences, Utrecht University, The Netherlands</i>	Audition le 26/02/2015
P ^r Zwamborn	<i>Technische Universiteit Eindhoven - Department of Electrical Engineering, The Netherlands</i>	Réponse écrite le 20/03/2015

Élus et institutions publiques

Nom	Affiliation	Date
Michèle Rivasi	Députée européenne, membre d'Europe Écologie Les Verts	Audition le 30/09/14

Associations type loi de 1901

Nom	Association représentée	Date
Sophie Pelletier	Électrosensibles de France/Priartem	Audition le 06/11/2014
Janine Le Calvez	Pour rassembler, informer et agir sur les risques liés aux technologies électromagnétiques (Priartem)	
Philippe Tribaudeau	Une terre pour les EHS	Audition le 06/11/2014
Pierre Le Ruz	Centre de recherche et d'information indépendant sur les rayonnements électromagnétiques non ionisants (Criirem)	
Agnès Fontana	Robin des Toits	Audition le 20/01/2015
Madeleine Madoré	Le Lien	Audition le 29/01/2015
José Cambou	France Nature Environnement	

Nom	Association représentée	Date
Laurent Le Guyader	Génération futures	Réponse écrite le 16/02/2015
Jacqueline Collard	Santé Environnement Rhône-Alpes (SERA), Zone blanche	Audition le 31/03/2015

Remarques : Toutes ces associations, à l'exception de « Zone blanche », sont membres du Comité de dialogue¹ de l'Anses. Plusieurs de ces associations se sont regroupées dans l'AM2E : Alliance Maladies Environnementales Émergentes, créée en octobre 2014, pour coordonner et renforcer leurs actions.

¹ Le Comité de dialogue « Radiofréquences et santé » de l'Anses est un lieu d'échanges, de réflexion et d'information sur les questions scientifiques relatives aux effets potentiels sur la santé des radiofréquences et à leur évaluation. Sa mise en place en juin 2011 s'inscrit dans le prolongement de l'expérience acquise dans le cadre de la Fondation Santé et Radiofréquences. Il réunit des représentants d'associations et de syndicats, des opérateurs de téléphonie mobile et des radiodiffuseurs, des institutions, des collectivités territoriales et des élus, dans un souci d'équilibre des groupes d'intérêts.

SOMMAIRE

Présentation des intervenants	3
SOMMAIRE	9
Expertise collective : synthèse de l'argumentaire et conclusions	17
Troubles du sommeil et des rythmes circadiens	26
Migraines et céphalées	26
Hypersensibilité comme trait de caractère	27
EHS et syndromes ou troubles associés.....	27
Sigles et abréviations	30
Liste des tableaux.....	33
Liste des figures	33
Liste des encadrés.....	34
Liste des hypothèses avancées pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS.....	34
1 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine.....	36
1.1 Contexte.....	36
1.2 Historique de la problématique et vocabulaire	38
1.3 Objet du rapport d'expertise	39
1.4 Modalités de traitement de l'expertise.....	40
1.5 Prévention des risques de conflits d'intérêts	41
2 Méthode	42
2.1 Recensement des articles scientifiques.....	42
2.1.1 Période de référence	42
2.1.2 Moteurs de recherche	42
2.1.3 Typologie des documents expertisés	42
2.1.4 Les mots-clés utilisés.....	43
2.1.5 Limites du champ d'expertise	43
2.1.5.1 Bandes de fréquence considérées	43
2.1.5.2 Les articles analysés	45
2.1.5.3 Les technologies prises en compte	45
2.1.6 Les références bibliographiques proposées par le Comité de dialogue.....	47
2.2 Analyse des articles scientifiques	47
2.3 Les auditions	47
2.3.1 Objectif des auditions.....	47
2.3.2 Préparation et déroulement des auditions	48
2.3.3 Traitement et utilisation des informations obtenues	48
2.3.4 Personnes auditionnées	48
2.4 Recherche et prise en compte de témoignages de personnes se déclarant EHS et autres points de vue sur le sujet.....	48
2.4.1 Témoignages à travers un <i>corpus</i> de lettres de personnes se déclarant EHS	49
2.4.2 Enquête auprès de personnes se déclarant EHS favorables à l'établissement d'une zone blanche ..	49
2.4.3 Témoignages de personnes se déclarant EHS choisis sur internet ou dans la presse	50

2.5	La consultation publique	50
2.5.1	Objectif	50
2.5.2	Procédure	51
2.5.3	Calendrier.....	51
2.5.4	Modalités de prise en compte des commentaires reçus	51
3	Qu'est-ce que l'EHS ? Peut-on la définir ?	52
3.1	Lecture sociologique d'un <i>corpus</i> de lettres de personnes se déclarant EHS.....	52
3.1.1	Constitution d'un <i>corpus</i> de lettres de personnes se déclarant EHS	52
3.1.1.1	Le <i>corpus</i> de lettres et son cadre	53
3.1.1.2	Travail exploratoire réalisé à partir du <i>corpus</i>	53
3.1.2	Objectif de ces témoignages	54
3.1.2.1	Un contre-discours	55
3.1.2.2	Un témoignage.....	55
3.1.3	Les symptômes rapportés.....	56
3.1.4	La découverte de l'EHS	57
3.1.4.1	La découverte d'une cause <i>a posteriori</i> : l'EHS comme « point d'arrivée ».....	57
3.1.4.2	L'EHS comme « point de départ ».....	58
3.1.5	Vivre avec les symptômes de l'EHS	58
3.1.6	Besoin de reconnaissance.....	59
3.1.6.1	Le rapport aux professionnels de santé	59
3.1.6.2	Le rapport au statut de « victime »	59
3.2	Description des caractéristiques socio-démographiques des personnes se déclarant EHS.....	60
3.3	Sources de champs électromagnétiques et EHS.....	61
3.3.1	Les sources classiquement considérées comme cause de leurs symptômes fonctionnels par les personnes se déclarant EHS	61
3.3.2	Imagerie par résonance magnétique (IRM) et EHS	63
3.4	Un diagnostic à établir : liste de symptômes et questionnaires utilisés.....	64
3.4.1	Les critères de diagnostic	64
3.4.1.1	Propositions de diagnostic sur la base de techniques d'exploration fonctionnelle.....	65
3.4.1.2	Propositions de diagnostic sur la base de tests biologiques	65
3.4.1.3	Autres propositions de diagnostic empirique.....	65
3.4.2	Les critères de classification	68
3.5	Estimations des pourcentages de personnes déclarant une sensibilité aux champs électromagnétiques dans différents pays.....	69
3.5.1	Données françaises	69
3.5.2	Données internationales	70
3.5.3	Discussion et conclusion sur les estimations du nombre de personnes se déclarant EHS	72
3.6	Histoire naturelle de l'EHS.....	73
3.6.1	Modalités d'installation de l'EHS.....	73
3.6.2	Notion de durée et d'évolution : vers une chronicité ou une fin de l'EHS ?.....	74
3.7	L'EHS chez les enfants	76
3.8	Relations possibles entre l'EHS et les différents syndromes d'intolérances environnementales et autres maladies médicalement inexplicables.....	77
3.8.1	Rappels historiques : de la naissance à la fin d'une hypothèse purement psychogène pour expliquer les différents syndromes médicalement inexplicables.....	77
3.8.2	Associations observées entre l'EHS et d'autres affections	78
3.8.3	Analogies	81

3.8.3.1	Avec le syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques	81
3.8.3.2	Avec la fibromyalgie	82
3.8.3.3	Avec les acouphènes	83
3.8.3.1	Avec les troubles psychosociaux.....	84
3.8.4	Le concept d'hypersensibilité.....	84
3.8.4.1	Personnalité hypersensible	84
3.8.4.2	Endophénotypes neurobiologiques	85
3.8.4.1	Prédispositions génétiques.....	86
3.8.4.2	Hypersensibilité et syndromes ou symptômes en lien avec l'environnement ?	86
3.8.5	Conclusion	87
4	Contexte général sociétal	88
4.1	Soins primaires et patients EHS	88
4.1.1	Les médecins.....	88
4.1.1.1	Sources d'informations et connaissances des médecins généralistes sur les effets des champs électromagnétiques	88
4.1.1.2	Perception des risques liés aux champs électromagnétiques par les médecins	89
4.1.1.3	Positionnement des médecins par rapport à l'EHS	89
4.1.2	Les consultations médicales pour patients attribuant leurs troubles aux champs électromagnétiques.....	90
4.1.2.1	Les consultations en médecine générale	91
4.1.2.1	Les consultations des services de pathologie professionnelle et environnementale	91
4.1.2.2	Les autres consultations accueillant des patients se plaignant de troubles qu'ils attribuent aux champs électromagnétiques	92
4.1.3	L'Académie nationale de médecine.....	92
4.2	L'approche de la question de l'EHS par les pouvoirs publics	93
4.3	Associations généralistes et spécialisées sur la question de l'EHS	95
4.3.1	Mission des associations	95
4.3.1.1	Leurs actions	95
4.3.1.2	Représentation et revendications	96
4.3.1.3	Participation à des études et enquêtes citoyennes	96
4.3.2	Diagnostics et mécanismes proposés par les associations	97
4.3.2.1	Diversité individuelle, mais attribution causale identique.....	97
4.3.2.2	Mécanismes explicatifs proposés.....	98
4.3.2.3	Soin et protection	99
4.3.3	Attentes des associations	99
4.3.3.1	Reconnaissance du handicap et de l'EHS	99
4.3.3.2	Réduction de l'exposition	99
4.3.3.3	Zones à faibles niveaux d'exposition aux champs électromagnétiques	100
4.3.3.4	Protocoles de recherche et interprétation des résultats	100
4.3.3.5	Sujets de recherche proposés par des personnes se déclarant EHS candidates à l'établissement d'une zone blanche	101
4.3.3.6	Information des professionnels de santé.....	103
4.4	L'EHS dans les médias	103
4.4.1	Analyse du traitement médiatique du concept d'EHS	103
4.4.2	Des premières mentions à la dénomination d'un trouble	105
4.4.3	Médiatisation de cas individuels et expression de plaintes collectives (2006-2009).....	105
4.4.4	La constitution d'une représentation médiatique de l'EHS (2010-2014)	106
4.4.5	L'information médiatique a-t-elle une influence sur la perception des risques par la population ?	107
5	Mécanismes d'interaction avec les champs électromagnétiques dans le monde vivant	110
5.1	Cas particulier de la magnétoperception.....	110

5.1.1	Les systèmes de magnétopercption	111
5.1.1.1	La magnétite.....	111
5.1.1.2	Les cryptochromes.....	113
5.1.2	L'être humain est-il sensible au champ magnétique terrestre ?.....	114
5.2	Réflexions sur un lien éventuel entre les réponses biologiques ou physiologiques du corps humain aux radiofréquences et celles induites par les champs extrêmement basses fréquences	116
5.3	Est-il possible de percevoir les champs électromagnétiques ?	119
5.3.1	Études chez l'animal.....	119
5.3.2	Études chez l'être humain.....	120
5.3.2.1	Remarque préliminaire.....	120
5.3.2.2	Analyse des études sur un éventuel système de perception des champs électromagnétiques chez l'être humain	121
5.3.2.3	Rappel des études de provocation concernant la capacité à distinguer les expositions réelles des expositions simulées aux champs magnétiques basse fréquence	121
5.3.2.4	Analyse des études de provocation sur le seuil de perception cutanée d'un courant électrique	122
5.3.2.5	Conclusion sur l'électrosensibilité.....	124
5.4	Conclusion sur la capacité de l'être humain à percevoir les champs électromagnétiques	125
6	Analyse des articles scientifiques impliquant des personnes se déclarant EHS	127
6.1	Études sans exposition expérimentale aux champs électromagnétiques	127
6.1.1	Études descriptives sur les symptômes déclarés par les personnes se déclarant EHS	127
6.1.1.1	Études sans groupe témoin (chez des personnes se déclarant EHS uniquement)	127
6.1.1.2	Études comportant des groupes témoins (en population générale)	132
6.1.1.3	Conclusion sur la prévalence des symptômes ressentis par les personnes se déclarant EHS	145
6.1.2	Études descriptives sur les caractéristiques psychiques des personnes se déclarant EHS.....	148
6.1.3	Études cliniques comportant des mesures biologiques et / ou physiologiques.....	152
6.2	Études de provocation (avec exposition expérimentale aux champs électromagnétiques) chez des personnes se déclarant EHS.....	156
6.2.1	Analyse des études de provocation	156
6.2.1.1	Études de provocation sans mesure biologique ou physiologique	156
6.2.1.2	Études de provocation avec mesures biologiques ou physiologiques.....	162
6.2.1.2.1	Études de provocation avec stimulation magnétique transcrânienne.....	162
6.2.1.2.2	Études de provocation mesurant plusieurs paramètres physiologiques et / ou biologiques.....	164
6.2.1.2.3	Études de provocation s'intéressant spécifiquement au système nerveux autonome.....	172
6.2.1.2.4	Études de provocation s'intéressant spécifiquement aux fonctions cognitives.....	176
6.2.1.2.5	Études de provocation avec enregistrement EEG du sommeil.....	179
6.2.1.2.6	Études de provocation centrées sur la place de l'effet nocebo dans l'EHS.....	180
6.2.1.2.7	Étude de provocation de symptômes attribués à l'EHS par d'autres facteurs que les champs électromagnétiques.....	186
6.2.1.2.8	Étude de provocation couplant le paradigme de provocation par champs électromagnétiques et le paradigme d'activation cérébrale.....	187
6.2.2	Discussion sur les études déclarant s'intéresser au « bien-être » chez les personnes se déclarant EHS.....	189
6.2.2.1	Introduction sur le « bien-être ».....	189
6.2.2.2	Réflexion au sujet des études déclarant s'intéresser au « bien-être » chez les personnes se déclarant EHS.....	190
6.2.3	Réflexion sur les limites des études de provocation.....	190
6.2.4	Conclusion des études de provocation.....	195
7	Recherche des raisons pour expliquer les symptômes des personnes se déclarant EHS	198

7.1 Les biomarqueurs	198
7.1.1 Études phénotypiques sur les différences biologiques entre personnes se déclarant EHS et population générale	199
7.1.1.1 Rappel des conclusions des rapports précédents	199
7.1.1.2 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion	199
7.1.2 Étude du stress oxydant chez les personnes se déclarant EHS	200
7.1.2.1 Personnes non-EHS : rappel des conclusions des précédents rapports	200
7.1.2.2 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion	201
7.1.3 Étude des concentrations en métaux lourds et autres polluants chez les personnes se déclarant EHS	202
7.1.3.1 Introduction	202
7.1.3.2 Analyse des articles chez des personnes se déclarant EHS	202
7.1.3.3 Conclusion	203
7.2 Marqueurs génétiques ou épigénétiques	204
7.2.1 Prédéposition génétique et EHS	204
7.2.1.1 Introduction	204
7.2.1.2 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion	205
7.2.2 Une composante épigénétique pour expliquer l'EHS ?	205
7.2.2.1 Introduction	205
7.2.2.2 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion	206
7.3 Système immunitaire	206
7.3.1 Sujets non-EHS : rappel des conclusions des rapports précédents	208
7.3.2 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion	208
7.4 Système nerveux autonome	208
7.4.1 Introduction	208
7.4.1.1 L'organisation anatomo-fonctionnelle du système nerveux autonome	208
7.4.1.2 Les méthodes d'étude du fonctionnement du SNA	210
7.4.2 Personnes non-EHS	210
7.4.3 Études phénotypiques	212
7.4.4 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion	213
7.5 Système nerveux central	214
7.5.1 La barrière hémato-encéphalique (BHE)	214
7.5.1.1 Introduction	214
7.5.1.2 Modèles et personnes non-EHS : rappel des conclusions des expertises précédentes	214
7.5.1.3 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion	217
7.5.2 La neurotransmission monoaminergique	218
7.5.2.1 Des perturbations de la production de catécholamines ?	218
7.5.2.1.1 Introduction	218
7.5.2.1.2 Modèles et personnes non-EHS : rappel des données des précédents rapports	218
7.5.2.2 Des perturbations de la production de sérotonine ?	219
7.5.2.2.1 Introduction	219
7.5.2.2.2 Modèles et personnes non-EHS	220
7.5.2.3 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion	220
7.5.3 Migraines	220
7.5.3.1 Introduction	220
7.5.3.2 Retour d'expérience	222
7.5.3.3 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion	222
7.5.4 Activité électrique cérébrale	223
7.5.4.1 Introduction	223
7.5.4.2 Personnes non-EHS : rappel des conclusions des précédents rapports	224
7.5.4.3 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion	225
7.5.5 Métabolisme et débit sanguin cérébral	225
7.5.5.1 Introduction	225
7.5.5.2 Personnes non-EHS : rappel des conclusions des précédents rapports	226
7.5.5.3 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion	227

7.5.6	Sommeil et rythmes circadiens	227
7.5.6.1	Introduction.....	228
7.5.6.2	Personnes non-EHS : rappel des conclusions des précédents rapports	231
7.5.6.3	Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion.....	231
7.5.6.4	Éléments de réflexions sur un possible dérèglement des rythmes circadiens chez les personnes se déclarant EHS	233
7.6	Composantes psychiques	234
7.6.1	Introduction sur le concept de troubles psychosomatiques.....	234
7.6.2	Rappel des conclusions des rapports précédents.....	237
7.6.3	Analyse des nouvelles études	237
7.6.4	Synthèse des données et conclusion	240
7.7	Effet <i>nocebo</i>	241
7.7.1	Généralités sur l'effet <i>nocebo</i>	241
7.7.2	L'effet <i>nocebo</i> en recherche clinique	243
7.7.3	L'effet <i>nocebo</i> en pratique clinique	243
7.7.4	Qu'en est-il chez les personnes se déclarant EHS ?	244
7.7.4.1	Apport des études de provocation.....	244
7.7.4.2	Autres contributions sur l'effet <i>nocebo</i>	247
7.7.4.3	Synthèse des données et conclusion	248
7.8	Autre hypothèse : un effet cocktail	249
8	Prise en charge médicale des personnes EHS et stratégies d'évitement mises en œuvre par celles-ci.....	251
8.1	Études sur l'efficacité des thérapies comportementales et cognitives (TCC) et autres thérapies sur les symptômes ou troubles présentés par les personnes se déclarant EHS.....	252
8.1.1	Rappel des conclusions du rapport précédent	252
8.1.2	Analyse des articles sur les effets des thérapies comportementales et cognitives chez des personnes se déclarant EHS	253
8.1.3	Autres données sur les traitements de l'EHS	258
8.1.4	Synthèse et discussion sur les traitements de l'EHS	259
8.2	Prise en charge des personnes se déclarant EHS à l'étranger par les autorités publiques.....	260
8.2.1	Enquête internationale sur l'hypersensibilité aux champs électromagnétiques (EHS) et sa prise en charge	260
8.2.1.1	Présentation de l'enquête de l'Anses	261
8.2.1.2	Résultats de l'enquête	261
8.2.1.3	Principales limites de l'enquête	263
8.2.2	Exemple de prise en charge individualisée : le réseau de médecine environnementale en Suisse	263
8.2.2.1	Description du réseau de médecine environnementale en Suisse et de l'étude menée sur les premiers patients inclus dans le réseau	263
8.2.2.2	Résultats de l'étude sur les premiers patients inclus dans le réseau	263
8.2.2.3	Réflexions du réseau de médecins suisses sur la question de l'origine des troubles des patients se déclarant EHS	264
8.3	Les stratégies d'évitement utilisées	265
8.3.1	Dispositifs de protection contre les champs électromagnétiques	265
8.3.1.1	Protections utilisées par les personnes se déclarant EHS	266
8.3.1.2	Efficacité des dispositifs de protection contre les champs électromagnétiques utilisés par les personnes se déclarant EHS	266
8.3.1.3	Conclusion sur les stratégies d'évitement mises en œuvre par les personnes se déclarant EHS.....	269
8.3.2	Les zones blanches et immeubles collectifs dédiés aux personnes se déclarant EHS	269
8.3.2.1	Les zones blanches ou de faible niveau d'exposition.....	269

8.3.2.2	Les espaces « blanchis »	270
8.3.2.3	Conclusion sur les zones blanches	271

9 Conclusions du groupe de travail 273

10 Recommandations du groupe de travail..... 276

10.1 Amélioration de la prise en charge des personnes se déclarant EHS par les professionnels de santé276

10.2 Évaluation des moyens empiriques actuellement utilisés pour poser un « diagnostic » ou pour le « traitement » des personnes se déclarant EHS.....277

10.3 Approfondissement des connaissances sur l'EHS277

10.3.1 Études de provocation.....278

10.3.2 Recherches sur les principaux symptômes de l'EHS.....278

10.3.2.1 Troubles du sommeil et des rythmes circadiens..... 278

10.3.2.2 Migraines et céphalées 279

10.3.2.3 Fonctions cognitives..... 279

10.3.2.4 Hypersensibilité et étude globale de la personnalité 280

10.3.2.5 EHS et autres troubles ou syndromes associés..... 280

10.3.3 Autres propositions de recherche.....281

10.4 Exposition aux champs électromagnétiques281

11 Bibliographie..... 282

11.1 Publications.....282

11.2 Références citées mais non publiées à ce jour.....307

11.3 Normes.....307

11.4 Législation et réglementation.....307

ANNEXES 308

Annexe 1 : L'IRM utilise trois types de champs magnétiques ou électromagnétiques309

Annexe 2 : Comparaison des symptômes utilisés pour le diagnostic de l'EHS dans cinq questionnaires différents.....310

Annexe 3 : Questions adressées par l'Anses au P^r Belpomme le 26 juin 2014.....315

Annexe 4 : Analyse de l'article Belpomme *et al.* (2015) par le GT « RF et santé »317

Annexe 5 : Échelle de mesure des personnes hypersensibles « *Highly Sensitive Person Scale* » ou HSP par Aron et Aron (1997).....324

Annexe 6 : Valeurs limites d'exposition, recommandations et lignes directrices pour la limitation de l'exposition aux champs électromagnétiques.....325

Annexe 7 : Questionnaires et échelles de somatisation utilisés dans les publications analysées pour recueillir les symptômes subjectifs des personnes se déclarant EHS333

Annexe 8 : Les questionnaires/questions d'évaluation subjective des troubles du sommeil334

Annexe 9 : Questionnaires explorant la notion de bien-être336

Annexe 10 : Les maladies du système nerveux autonome (SNA) et leurs symptômes.....337

Annexe 11 : Quelques techniques de mesure de l'activité du système nerveux autonome (SNA)339

Annexe 12 : Les tests d'évaluation des fonctions cognitives chez l'être humain.....	341
Annexe 13 : Instruments ou tests psychométriques validés et utilisés dans l'étude des composantes psychiques de l'EHS	343
Annexe 14 : Les mécanismes de l'effet <i>nocebo</i> : stress, conditionnement et attribution causale.....	349
Annexe 15 : Courrier de l'enquête internationale sur l'hypersensibilité aux champs électromagnétiques (EHS).....	352
Annexe 16 : verbatim des auditions	354
Annexe 17 : Bilan de la consultation publique et principales modifications du rapport suite à la consultation.....	355
Annexe 18 : Annexe aux recommandations concernant les protocoles expérimentaux....	358

Expertise collective : synthèse de l'argumentaire et conclusions

EXPERTISE COLLECTIVE : SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS

relatives à l'expertise sur « l'hypersensibilité électromagnétique (EHS) ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques (IEI-CEM) »

Ce document synthétise les travaux du comité d'experts spécialisé « Agents Physiques, nouvelles technologies et grands aménagements » et du groupe de travail « radiofréquences et santé ».

Présentation de la question posée

Dans un contexte de controverse, aussi bien dans les milieux scientifiques que dans le débat public, l'Anses a décidé d'accorder à la question de l'hypersensibilité électromagnétique (EHS) ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques (IEI-CEM) - les deux expressions désignent le même phénomène -, toute l'attention qu'elle mérite en lui consacrant une expertise spécifique et approfondie. Ce choix atteste de l'importance que l'Anses accorde à ce sujet, et en particulier aux personnes se déclarant EHS. Pour mémoire, dans le rapport d'expertise consacré aux effets des radiofréquences sur la santé publié par l'Afsset en 2009, la question de l'EHS avait fait l'objet d'un chapitre particulier. En revanche, ce sujet avait été volontairement écarté de la mise à jour de l'expertise sur le même sujet publiée par l'Anses en 2013. Le groupe d'experts avait alors estimé que la complexité de la question de l'EHS nécessitait de lui consacrer une expertise collective spécifique, objet de la présente synthèse.

L'objectif de cette expertise était de chercher à comprendre l'EHS dans sa complexité, de la caractériser, et d'étudier la plausibilité des différentes hypothèses avancées pour expliquer l'origine des troubles.

Contexte scientifique

Depuis le début des années 1980, la littérature scientifique rapporte de façon continue le cas de personnes se plaignant de troubles fonctionnels² divers (troubles cutanés attribués à une exposition aux écrans cathodiques, puis troubles plus variés attribués à des expositions aux champs émis par les appareils électroménagers et les installations électriques) qu'elles attribuent à une exposition à des champs électromagnétiques. Ce « tableau clinique » a reçu plusieurs appellations successives, traduisant une évolution des concepts comme on en observe fréquemment dans l'histoire de la médecine, surtout dans les situations d'incertitude.

L'une des originalités (et difficultés) de l'EHS est que les symptômes dont se plaignent les personnes se déclarant EHS sont attribués à des expositions aussi bien aux radiofréquences (le plus souvent pour des sources autour de quelques centaines de MégaHertz à quelques GigaHertz)

² Le terme de « trouble fonctionnel » regroupe l'ensemble des symptômes et affections sans support lésionnel ni dysfonctionnement d'organe identifiable, par opposition aux maladies organiques.

qu'aux extrêmement basses fréquences (principalement 50 Hz en Europe), ce qui complexifie le problème. Après avoir débattu de cette difficulté en son sein, le groupe de travail a choisi de s'intéresser à toutes les personnes se déclarant EHS, quelles que soient les sources de champs incriminés.

Organisation de l'expertise et description de la méthode

La présente expertise relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisé (CES) « Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements ». L'Anses a confié la réalisation de l'expertise au groupe de travail « radiofréquences et santé ». Celui-ci avait été constitué à la suite d'un appel public à candidatures d'experts lancé le 1^{er} décembre 2010. Les experts ont été recrutés pour leurs compétences scientifiques et techniques dans les domaines de l'épidémiologie, de la médecine, de la biologie, de la métrologie et de la dosimétrie des champs électromagnétiques, ainsi que des sciences humaines et sociales. Au total, seize experts indépendants ont été nommés le 30 juin 2011 pour une durée de 3 ans. Ce groupe a notamment produit une mise à jour de l'évaluation des risques pour la santé liés à l'exposition aux radiofréquences en octobre 2013. La composition du groupe de travail a ensuite été en partie renouvelée et complétée le 9 juillet 2014 pour réaliser l'expertise relative à l'EHS, puis le mandat de ce groupe a été prolongé jusqu'au 31 décembre 2017, afin de finaliser les travaux. Ces travaux d'expertise sont donc issus de collectifs d'experts aux compétences complémentaires.

Les liens d'intérêts déclarés par les experts ont été analysés par l'Anses avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise. Les déclarations d'intérêts des experts sont rendues publiques *via* le site internet : <https://www.anses.fr>.

Veille bibliographique et recueil d'informations

Comme toutes les expertises de l'Anses, celle-ci est principalement basée sur l'analyse de la littérature scientifique disponible. La période de référence pour la veille bibliographique s'étend d'avril 2009³ à juillet 2016⁴. Toutefois, pour compléter l'historique de certaines questions et suite à la consultation publique, des références sortant du cadre de cette période ont ponctuellement pu être ajoutées au rapport. Les documents expertisés sont de natures diverses (articles scientifiques publiés dans des journaux à comité de lecture indépendant, rapports d'expertise d'organismes européens et internationaux, rapports de recherches financées par l'Anses, etc.). En décembre 2014, le Comité de dialogue « Radiofréquences et santé »⁵ de l'Agence a également été invité à compléter la liste des références bibliographiques analysées par le groupe de travail.

En complément des documents ainsi recensés, des contributions écrites ont été sollicitées auprès de médecins et sociologues, sur des aspects précis concernant l'expertise. De plus, des études ont fait l'objet de contrats de recherche et développement (CRD) avec le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) et l'Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance transport-travail-environnement (UMRESTTE, Ifsttar et Université Claude Bernard Lyon 1), afin d'obtenir de nouvelles données.

³ fin de la période d'analyse de la bibliographie prise en compte dans le dernier rapport de l'Agence s'intéressant à la question de l'EHS, publié en octobre 2009.

⁴ date de fin de la revue bibliographique correspondant au moment de la mise en consultation publique du rapport pré-définitif.

⁵ Le Comité de dialogue « Radiofréquences et santé » de l'Anses est un lieu d'échanges, de réflexion et d'information sur les questions scientifiques relatives aux effets potentiels sur la santé des radiofréquences et à leur évaluation. Sa mise en place en juin 2011 s'inscrit dans le prolongement de l'expérience acquise dans le cadre de la Fondation « Santé et Radiofréquences ». Il réunit des représentants d'associations et de syndicats, des opérateurs de téléphonie mobile et des radiodiffuseurs, des institutions, des collectivités territoriales et des élus dans un souci d'équilibre des groupes d'intérêts.

En outre, compte tenu de la complexité du sujet, des limites méthodologiques de nombreux articles scientifiques, de l'absence d'études portant sur certaines questions, ainsi que des controverses qui résultent parfois de ces difficultés, le groupe de travail s'est également intéressé aux expériences de terrain. Il s'est ainsi penché, à travers une vingtaine d'auditions, sur les témoignages de différentes parties prenantes (médecins hospitaliers et médecins généralistes, associations et collectifs de citoyens, élus, chercheurs, etc.). Ces témoignages ont nourri les réflexions du groupe de travail et parfois proposé des hypothèses explicatives de l'EHS, qui ont ensuite été analysées au cours de l'expertise.

Déroulement de l'expertise

Entre juillet 2014 et octobre 2017, le groupe de travail s'est réuni 29 fois en séances plénières afin, notamment, de procéder aux auditions, à l'analyse des articles et d'étudier et débattre de la plausibilité des différentes hypothèses avancées pour expliquer l'origine des troubles.

La qualité des publications scientifiques (études cliniques et études épidémiologiques principalement) a été évaluée en s'appuyant sur différents critères (rigueur du protocole, caractérisation des expositions, etc.), quels que soient leurs résultats et conclusions.

Les travaux d'expertise ont été présentés au CES à plusieurs reprises entre septembre 2014 et novembre 2017, tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques. Les commentaires du CES ont été pris en compte par le groupe de travail tout au long de l'expertise.

Celle-ci a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ».

Consultation publique

Considérant l'importance, la complexité et la sensibilité du sujet, l'Agence a souhaité porter le rapport « Hypersensibilité électromagnétique ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques » dans un état pré-définitif, c'est-à-dire sans conclusion ni recommandation, à la connaissance des membres de la communauté scientifique et des parties prenantes intéressées au cours d'une consultation publique.

Celle-ci a été ouverte du 27 juillet au 15 octobre 2016. Elle était destinée à recueillir des données et commentaires scientifiques susceptibles d'être pris en compte dans l'élaboration finale du rapport d'expertise. Au total, plus de 500 commentaires ont été déposés par l'intermédiaire d'un formulaire en ligne disponible sur le site internet de l'Agence. Chacun d'entre eux a été analysé par plusieurs experts rapporteurs et fait l'objet d'une réponse, ce qui a nécessité de nombreuses réunions en sous-groupes. Chaque réponse a ensuite été validée par l'ensemble du groupe de travail (cf. tableau de réponse aux commentaires en ligne sur le site de l'Anses). Près de 150 commentaires ont entraîné une modification, un ajout ou une reformulation du rapport d'expertise.

Validation du rapport définitif

Le rapport d'expertise définitif a été validé par le groupe de travail le 23 octobre 2017.

Résultats et conclusions de l'expertise collective

Le comité d'experts spécialisé « Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements » a adopté les travaux d'expertise collective, ainsi que ses conclusions et recommandations, objets de la présente synthèse, lors de sa séance du 15 décembre 2017 et a fait part de cette adoption à la direction générale de l'Anses.

Comment définir l'EHS ? (cette question est abordée au chapitre 3 du rapport d'expertise)

Le groupe de travail a adopté la définition de l'OMS, qui a retenu trois critères pour caractériser l'« intolérance environnementale idiopathique aux champs électromagnétiques (IEI-CEM) », également appelée EHS, à savoir :

- 1) la perception par les sujets de symptômes fonctionnels divers non spécifiques⁶ (troubles du sommeil, maux de tête, symptômes cutanés, etc.) ;
- 2) l'absence d'évidences clinique et biologique permettant d'expliquer ces symptômes ;
- 3) l'attribution, par les sujets eux-mêmes, de ces symptômes à une exposition à des champs électromagnétiques, eux-mêmes diversifiés.

Il faut préciser que, pour l'OMS, « l'IEI est un descripteur n'impliquant aucune étiologie chimique ou aucune sensibilité de type immunologique ou électromagnétique. Ce terme regroupe un certain nombre de troubles ayant en commun des symptômes non spécifiques similaires, qui restent non expliqués sur le plan médical et dont les effets sont préjudiciables pour la santé des personnes. »

En ce qui concerne les symptômes, les plus fréquemment rapportés dans la plupart des études descriptives, ainsi qu'à travers les témoignages, sont la fatigue et les troubles du sommeil. Cependant, les symptômes décrits sont multiples, communs à de nombreuses autres affections et hétérogènes, avec des descriptions variables (les questionnaires utilisés, le recrutement des personnes ne sont pas comparables d'une étude à l'autre, etc.). Les différents témoignages rapportés lors des auditions et de la consultation publique sont également hétérogènes (*cf.* premier critère de l'OMS). Quoi qu'il en soit, les plaintes (douleurs, souffrance⁷) formulées par les personnes se déclarant EHS correspondent à une réalité vécue.

En ce qui concerne la recherche de bases cliniques, biologiques et / ou physiologiques, les quelques travaux qui ont essayé de décrire les caractéristiques de l'EHS n'ont pas permis de mettre en évidence de critères de diagnostic qui puissent être utilisables pour les études cliniques, ni de critères de classification pour la recherche qui fassent l'objet d'un consensus suffisant pour pouvoir être proposés en pratique (*cf.* deuxième critère de l'OMS). Il en résulte une grande imprécision dans l'organisation des recherches et dans l'interprétation de leurs résultats.

Enfin, les expositions aux champs électromagnétiques incriminées dans les études ou à travers les témoignages sont également très hétérogènes (*cf.* troisième critère de l'OMS) : les ondes radiofréquences sont principalement citées (téléphone mobile, Wi-Fi, antennes relais, etc.) ainsi que, parfois, les extrêmement basses fréquences (lignes et installations électriques), dont les modes d'interactions avec le corps humain sont cependant très différents.

Actuellement, la seule possibilité pour définir l'EHS repose donc sur l'auto-déclaration des personnes. En conséquence, cela peut entraîner un manque de sensibilité dans toutes les études sur le sujet, puisque des personnes se déclarant EHS très différentes peuvent être recrutées sans distinction.

Ainsi, une évaluation de la prévalence de l'EHS reste très difficile à faire ; les données scientifiques sur le pourcentage de personnes se déclarant EHS dans la population en France et à l'international ne sont pas fiables, elles sont comprises entre 0,7 et 13,3 %. Toutefois, les données

⁶ Un signe clinique est dit « non spécifique » lorsqu'il peut être l'expression clinique de plusieurs maladies différentes. Au contraire, un signe clinique est dit « spécifique » lorsqu'il permet d'orienter le diagnostic vers une ou un groupe de pathologies.

⁷ « C'est à des signes, donc à la sémiologie, que psychiatrie et phénoménologie s'adressent d'un commun accord pour justifier leur emploi distinct des termes douleur et souffrance : on s'accordera donc pour réserver le terme douleur à des affects ressentis comme localisés dans des organes particuliers du corps ou dans le corps tout entier, et le terme souffrance à des affects ouverts sur la réflexivité, le langage, le rapport à soi, le rapport à autrui, le rapport au sens, au questionnement, etc. Mais la douleur pure, purement physique, reste un cas limité, comme l'est peut-être la souffrance supposée purement psychique, laquelle va rarement sans quelques degrés de somatisation. Ce chevauchement explique les hésitations du langage ordinaire » (Ricoeur 1994).

les plus récentes (sept articles publiés entre 2008 et 2013) donnent des résultats plus resserrés, autour de 5 % (entre 1,2 % et 8,8 %) et ne semblent pas confirmer la perspective d'une augmentation progressive de la prévalence de l'EHS qui avait été suggérée par certaines études plus anciennes.

Les études descriptives mettent en évidence le fait que les personnes se déclarant EHS ont un moins bon niveau de bien-être et sont, en moyenne, plus anxieuses et déprimées que les témoins. Cependant, cette observation est difficile à interpréter, car telles que les études ont été conçues, il n'est pas possible de déterminer si cette anxiété et / ou cette dépression sont la cause ou la conséquence des symptômes ressentis par ces personnes. L'anxiété et la dépression sont en effet des réactions communes à la plupart des maladies graves ou rares. Dans le cas des personnes se déclarant EHS, les difficultés de prise en charge médicale et la persistance des symptômes pourraient contribuer à générer de l'anxiété et / ou un état dépressif. Il n'est pas possible de conclure que cette composante psychique est plus ou moins fréquente chez les personnes se déclarant EHS que chez celles présentant une maladie grave ou rare.

À noter qu'il existe des associations entre l'EHS et plusieurs syndromes ou troubles, le plus souvent le syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques (SIOC, *multiple chemical sensitivity*), la fibromyalgie, les migraines et les acouphènes.

L'être humain est-il capable de percevoir les champs électromagnétiques ? (cette question est abordée au chapitre 5 du rapport d'expertise)

Aucune étude n'a mis en évidence une capacité des personnes se déclarant EHS à percevoir des champs électromagnétiques radiofréquences dans des conditions d'exposition environnementale.

Cependant, quelques études très disparates (qu'il s'agisse des techniques d'exposition ou des critères d'évaluation) et de qualité scientifique très inégale ont permis d'observer :

- des potentiels évoqués⁸ sur des enregistrements de l'électroencéphalogramme (EEG) chez des personnes non-EHS lors d'une exposition à un signal magnétique 60 Hz (2 études d'une seule et même équipe) ;
- des différences entre des personnes se déclarant EHS et des témoins exposés à des champs électromagnétiques basses fréquences 50 Hz dans leur capacité à distinguer les expositions réelles des expositions factices (2 études d'une seule et même équipe) ;
- un abaissement du seuil de perception du courant électrique basses fréquences chez certaines personnes se déclarant EHS (3 études d'une seule équipe). On peut alors, dans ce cas, parler d'électrosensibilité ou d'hypersensibilité au courant électrique.

Toutefois, les résultats de ces études doivent être interprétés avec précaution et mériteraient de faire l'objet d'études de réplication, à condition toutefois qu'une attention particulière soit accordée aux critères d'inclusion des participants et aux résultats individuels. De plus, en l'absence de recueil de la symptomatologie fonctionnelle des participants, ces études ne permettent pas d'établir de lien entre ces observations et l'EHS.

⁸ Les potentiels évoqués (PE) sont définis comme des modifications de l'activité électrique du système nerveux en réponse à une stimulation externe (visuelle, auditive, somesthésique ou motrice) ou endogène (PE cognitif). La stimulation doit être répétée un grand nombre de fois pour extraire, par moyennage de l'activité électrique de base, une réponse spécifique de la voie nerveuse stimulée.

Existe-t-il une relation causale entre l'exposition aux champs électromagnétiques et les symptômes des personnes se déclarant EHS ? (cette question est principalement abordée au chapitre 6 du rapport d'expertise)

Les études de provocation sont souvent considérées comme le meilleur moyen de démontrer, en laboratoire, l'existence d'un lien de causalité entre les expositions aux champs électromagnétiques d'une part, et la survenue et la persistance des symptômes d'autre part.

Les études de provocation analysées (une quarantaine) n'ont pas permis de mettre en évidence, de manière fiable et reproductible, l'apparition de symptômes ou d'anomalies biologiques ou physiologiques spécifiques à l'EHS pendant ou après une exposition (aux basses fréquences ou aux radiofréquences). Ceci suggère deux hypothèses :

- soit les symptômes ressentis par les personnes se déclarant EHS ne seraient pas dus aux expositions aux champs électromagnétiques et il n'existerait pas d'anomalie biologique et/ou physiologique objectivable lorsqu'elles sont exposées aux champs électromagnétiques (hypothèse 1) ;
- soit l'absence de résultat serait due aux limites méthodologiques des études de provocation (sélection des sujets, taille des échantillons, nature des expositions, etc.) (hypothèse 2). Ces limites méthodologiques ne permettraient ainsi pas d'exclure avec certitude que :
 - certaines personnes sensibles aux champs électromagnétiques et présentant des effets biologiques et / ou physiologiques en condition d'exposition, n'aient pas été détectées jusqu'à présent en raison de l'imprécision des critères d'inclusion et d'exclusion des participants à ces études de provocation ;
 - des effets biologiques et / ou physiologiques puissent se manifester uniquement dans certaines conditions d'exposition (non encore testées) ;
 - les champs électromagnétiques aient certains effets biologiques et / ou physiologiques non encore analysés dans les études de provocation (cf. effets sur l'électroencéphalogramme (EEG) du sommeil décrits dans le rapport publié par l'Anses en 2013 sur les radiofréquences et la santé).

Par ailleurs, les résultats de plusieurs études de provocation ont conduit leurs auteurs à proposer l'hypothèse d'un rôle de l'effet *nocebo* dans l'apparition et / ou la persistance de l'EHS (compatible à la fois avec les hypothèses 1 et 2 ci-dessus). Toutefois, ces études de provocation ont été réalisées chez des personnes se déclarant EHS depuis un certain temps et ne renseignent donc pas sur les modalités de la première apparition des symptômes et leur attribution à une exposition à des champs électromagnétiques. Il n'en reste pas moins qu'une quinzaine d'articles présentent des résultats concordants pour montrer que, soumises à des expositions factices, les personnes se déclarant EHS expriment un nombre de fausses reconnaissances et de symptômes ressentis nettement plus élevé que les témoins, ce qui ne peut être expliqué que par un effet *nocebo*. L'effet *nocebo* joue donc certainement un rôle non négligeable dans la persistance de l'EHS. Si les mécanismes qui sous-tendent cet effet sont encore, pour certains, mal connus, il est bien établi que ce phénomène, comme l'effet *placebo*, intervient souvent dans la relation soignants-soignés, et qu'il s'agit d'une réponse cognitivo-affective normale. De plus, sa survenue n'exclut pas la présence d'une affection organique non identifiée.

Au final, aucune preuve expérimentale solide ne permet actuellement d'établir un lien entre les champs électromagnétiques et les symptômes décrits par les personnes se déclarant EHS.

Quelles hypothèses sont avancées pour interpréter les symptômes des personnes se déclarant EHS ? (cette question est principalement abordée au chapitre 7 du rapport d'expertise)

Pour essayer d'expliquer les différents symptômes des personnes se déclarant EHS, les experts du groupe de travail de l'Anses ont recensé différentes hypothèses à travers l'analyse de la littérature scientifique. En outre, compte tenu des limites de nombreux articles scientifiques et de l'absence d'études sur certaines questions, le groupe de travail s'est aussi intéressé aux

expériences de terrain et aux hypothèses émises par différents médecins et associations. Il a ensuite étudié l'ensemble de ces hypothèses.

Dans un premier temps, le groupe de travail a cherché à savoir s'il existait des biomarqueurs caractéristiques de l'EHS (différences biologiques ou modifications physico-chimiques, stress oxydant chronique ou intoxication chimique). Les pistes génétique et immunitaire ont également été examinées pour essayer d'expliquer l'EHS. Cependant, il n'existe aucune donnée scientifique concluante en faveur de ces hypothèses.

Le groupe de travail s'est ensuite intéressé à l'activité du système nerveux autonome (SNA) des personnes se déclarant EHS. Certaines études semblent mettre en évidence un phénotype différent en ce qui concerne l'activité du SNA au niveau basal (c'est-à-dire en l'absence d'exposition) entre les personnes se déclarant EHS et les témoins. L'origine de cette différence serait un déséquilibre de la balance ortho/parasympathique, qui se manifesterait, selon les études, par une augmentation de la composante orthosympathique, une tachycardie et/ou une augmentation de la conductance cutanée. Cependant, ces modifications pourraient aussi traduire un effet du stress lié aux conditions expérimentales. L'hétérogénéité des résultats peut s'expliquer par plusieurs limites, que l'on retrouve dans la plupart de ces études : taille trop faible des échantillons, méthodologies inadaptées, etc. Ainsi, les données disponibles ne permettent pas de mettre en évidence un impact des champs électromagnétiques sur le système nerveux autonome des personnes se déclarant EHS (ni sur celui des témoins). En l'état actuel des connaissances, l'hypothèse selon laquelle les personnes se déclarant EHS souffriraient d'un dysfonctionnement basal du système nerveux autonome ne peut être ni validée ni exclue.

Le groupe de travail a par ailleurs étudié plusieurs hypothèses concernant le système nerveux central (SNC) pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS. Selon la première de ces hypothèses, l'exposition à des champs électromagnétiques amplifierait les altérations de la barrière hémato-encéphalique (BHE) provoquées par d'autres facteurs et serait à l'origine de l'extravasation de molécules du sang vers le liquide cébrospinal. L'extravasation des molécules serait ensuite susceptible d'entraîner des troubles neurologiques chez les personnes se déclarant EHS. Le groupe de travail a étudié les articles scientifiques disponibles sur le sujet et a conclu que cette hypothèse ne pouvait pas être validée à ce jour.

Une autre hypothèse concernant le système nerveux central a été analysée, selon laquelle des perturbations dans la production de neurotransmetteurs (catécholamines, sérotonine) pourraient expliquer la survenue de l'EHS. Cependant, il existe trop peu de données scientifiques pour conclure sur le sujet.

L'hypothèse de l'existence d'un terrain migraineux chez les personnes se déclarant EHS a davantage retenu l'attention du groupe de travail. En effet, les maux de tête sont l'un des symptômes les plus fréquemment rapportés par celles-ci et les résultats obtenus par un médecin chez certaines d'entre elles, qu'il a traitées comme des migraineux, sont apparus intéressants. Les données de la littérature scientifique, si elles sont trop rares et disparates pour conclure sur le sujet, justifient néanmoins que des recherches centrées sur ce problème soient réalisées.

D'autres hypothèses, étudiées dans des articles concernant le système nerveux central, ont été analysées par le groupe de travail. Elles se sont intéressées à un éventuel dysfonctionnement de l'activité électrique cérébrale, du métabolisme ou du débit sanguin cérébral. En l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible de mettre en évidence un quelconque dysfonctionnement de cette nature, spécifique aux personnes se déclarant EHS. Par ailleurs, les données disponibles ne permettent pas de savoir si l'effet d'une exposition aux radiofréquences sur l'activité électrique cérébrale observé chez des personnes non-EHS (*cf.* Anses, 2013) s'inscrit ou non dans les limites des variations physiologiques, ni s'il pourrait entraîner un effet sanitaire favorable ou défavorable à long terme.

Une éventuelle dysrégulation du cycle veille-sommeil ou de l'horloge circadienne chez les personnes se déclarant EHS a également été étudiée par le groupe de travail. Deux études

comportant des enregistrements polysomnographiques du sommeil après une exposition de longue durée à un signal GSM chez des personnes se déclarant EHS ont confirmé⁹ que cette exposition provoquait une augmentation de la puissance spectrale de l'EEG dans la fréquence des fuseaux de sommeil¹⁰. Cependant, ces deux études n'ayant pas comparé les résultats obtenus chez les personnes se déclarant EHS à ceux de témoins, elles ne permettent pas de conclure quant à l'existence d'un éventuel dysfonctionnement propre aux personnes se déclarant EHS. En revanche, une autre étude a mis en évidence une augmentation de l'énergie de la bande des hautes fréquences (HF)¹¹ des EEG, significativement plus faible chez des personnes se déclarant EHS que chez des témoins, à la fois durant l'induction du sommeil et durant la nuit. Cette observation est à rapprocher des constatations faites sur les effets d'une exposition aux radiofréquences sur l'EEG du sommeil chez les personnes non-EHS. Même si les conséquences de ces modifications du sommeil sur l'organisme n'ont pas été caractérisées selon des critères précis¹² et restent inconnues, ces observations suggèrent que l'hypothèse d'un dysfonctionnement de l'horloge circadienne reste crédible et mérite d'être étudiée pour tenter d'expliquer la symptomatologie de ces personnes (troubles du sommeil, de la concentration et de la mémoire fréquents d'après les études descriptives par questionnaires).

Pour finir, le concept d'« hypersensibilité », comme trait de caractère, a retenu l'attention du groupe de travail. L'« hypersensibilité » désigne une sensibilité plus haute que la moyenne, provisoire ou durable, pouvant être vécue avec difficulté par la personne elle-même, ou perçue comme « exagérée » voire « extrême » par l'entourage. Les « hypersensibles » percevraient leur environnement avec une acuité et une sensibilité particulière. Ce concept est d'abord apparu en psychologie pour être étayé ensuite par des études éthologiques (chez plus de 100 espèces animales), neurobiologiques et génétiques. Il fournit une piste de réflexion sur un possible facteur commun à plusieurs syndromes (syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques et fibromyalgie principalement), qui mériterait d'être approfondie.

Recommandations de l'expertise collective

Recommandations aux pouvoirs publics

Considérant :

- les incertitudes liées aux données scientifiques disponibles (ou non) sur l'EHS ;
- l'absence de modèle animal pertinent pour étudier l'EHS ;
- que malgré les nombreux témoignages de personnes se déclarant EHS et rapportant la fin de leurs symptômes avec la fin de l'exposition aux ondes, les données scientifiques disponibles à l'heure actuelle ne plaident ni en faveur ni en défaveur d'une amélioration de leur état de santé à la suite d'un abaissement des niveaux d'exposition ;
- que la loi n° 2015-136 du 9 février 2015 relative à la sobriété (dite « loi Abeille ») confie à l'Agence nationale des fréquences (Anfr) « les modalités de traitement et la trajectoire de

⁹ Résultat déjà décrit par plusieurs auteurs et souligné dans le rapport publié par l'Anses sur les effets des radiofréquences en 2013.

¹⁰ Le fait que les fuseaux soient un marqueur de stabilisation du sommeil semblerait être en contradiction avec les troubles du sommeil décrits par les personnes se déclarant EHS. Cette contradiction apparente soulève la question de la grande différence entre les analyses subjectives du ressenti de la qualité du sommeil et celles objectivées par une polysomnographie incluant un enregistrement EEG et permettant de diagnostiquer diverses pathologies ou troubles du sommeil (apnées du sommeil, narcolepsie, syndrome des jambes sans repos, insomnies, etc.).

¹¹ La bande HF évalue l'activité parasympathique. Durant le sommeil et son induction, l'énergie de la bande HF du signal cardiaque augmente.

¹² selon les critères définis par l'Académie américaine de médecine du sommeil.

résorption des points atypiques¹³ », afin de réduire le niveau de champs émis dans les lieux en cause, tout en garantissant la couverture et la qualité des services rendus ;

- qu'aucune donnée scientifique ne permet d'objectiver l'efficacité de zones blanches ou d'immeubles « blanchis », ni de chambres d'hôpital spécifiques, sur la réduction des symptômes rapportés par les personnes se déclarant EHS ;

le CES recommande aux pouvoirs publics de :

- pérenniser le financement de l'effort de recherche, notamment fondamentale, sur les effets sanitaires des radiofréquences, et sur l'EHS en particulier ;
- soutenir notamment la mise en place d'infrastructures de recherche adaptées à l'EHS (pour effectuer des études de provocation, etc.) ;

De plus, le CES renouvelle¹⁴ ses recommandations en matière de réduction des niveaux d'exposition pour la population générale, et souligne notamment l'importance :

- de peser avec soin les conséquences d'un éventuel abaissement des niveaux d'exposition induits par les antennes-relais de téléphonie mobile ;
- d'étudier le lien entre la multiplication du nombre d'antennes et l'augmentation parallèle possible de la valeur moyenne de l'exposition ;

Enfin, dans l'éventualité de la création de zones blanches, le CES recommande d'en évaluer rigoureusement les bénéfices potentiels sur la symptomatologie des personnes se déclarant EHS.

Recommandations à destination des institutions et organismes de recherche

Amélioration des connaissances sur l'EHS

Études de provocation

Considérant que :

- les études de provocation sont celles qui ont le meilleur niveau de preuve pour démontrer un éventuel lien de causalité entre l'exposition aux champs électromagnétiques et les symptômes décrits par les personnes se déclarant EHS, mais ont été, jusqu'à présent, entachées de limites méthodologiques (cf. § 6.2.3) et n'ont pas permis d'aboutir à un consensus scientifique (cf. § 6.2.4) ;
- des personnes se déclarant EHS rapportent être plus sensibles à certains types de signaux (ou variations de signaux) qu'à d'autres¹⁵ ;

le CES recommande de mener des études de provocation (avec des groupes de personnes bien caractérisés en âge, genre, nature des symptômes, etc.) sur les effets :

- de signaux les plus proches possibles de ceux rencontrés dans l'environnement ;
- des expositions aux champs électromagnétiques en concevant de nouveaux protocoles (différents modes d'exposition, effets différés, etc.).

¹³ Les points atypiques sont définis comme les lieux où le niveau d'exposition du public aux champs électromagnétiques dépasse substantiellement celui généralement observé à l'échelle nationale, conformément aux critères déterminés par l'Anfr et révisés régulièrement en fonction des résultats des mesures qui lui sont communiquées. Un recensement national des points atypiques du territoire est établi chaque année par l'Anfr.

¹⁴ Cf. § 13.3, p 346 du rapport publié par l'Anses en 2013.

¹⁵ Des travaux récents conduits aux Pays-Bas (Van Moorselaar *et al.*, 2016) ont montré la faisabilité et l'intérêt de réaliser une étude de provocation rigoureuse tout en étant spécifique à chaque participant se déclarant EHS.

Caractérisation des symptômes de l'EHS

Troubles du sommeil et des rythmes circadiens

Considérant que :

- les troubles du sommeil figurent parmi les symptômes les plus fréquemment rapportés par les personnes se déclarant EHS, mais restent mal objectivés ;
- des anomalies de l'EEG de sommeil ont été décrites, chez des personnes non-EHS, après exposition aux radiofréquences (cf. Anses, 2013), et que ces anomalies semblent avoir été retrouvées chez des personnes se déclarant EHS, sans toutefois avoir fait l'objet d'une comparaison avec celles observées chez des personnes non-EHS (cf. § 6.2.1.2.5) ;
- de très récents travaux expérimentaux ont montré, pour la première fois, que des rats étaient capables de choisir un environnement où leur exposition aux radiofréquences était la plus faible durant la période de repos (jour) et que ce choix était associé à une augmentation de la durée du sommeil paradoxal (cf. § 5.3.1)) ;
- la symptomatologie des personnes se déclarant EHS (troubles du sommeil notamment) rend possible l'hypothèse d'un dysfonctionnement de l'horloge circadienne ;

le CES recommande :

- d'étudier à la fois la prévalence, l'intensité et les caractéristiques des troubles subjectifs ou auto-rapportés du sommeil (avec des échelles d'intensité notamment) et les rythmes circadiens chez des personnes se déclarant EHS et chez des témoins ;
- d'étudier les troubles associés aux perturbations du sommeil chez des personnes se déclarant EHS, comme la somnolence diurne, les troubles de la mémoire, de l'attention, de la concentration, de l'humeur et la modification de l'activité physique comparés avec ceux d'une population témoin ;
- que des études de provocation utilisant la polysomnographie soient réalisées, afin d'analyser de manière objective la qualité du sommeil lors d'expositions aux champs électromagnétiques chez des personnes se déclarant EHS.

Migraines et céphalées

Considérant que :

- les maux de tête sont un des symptômes les plus fréquemment rapportés par les personnes se déclarant EHS, mais que, jusqu'à présent, les recherches sur ce thème ont rarement été conduites en utilisant la classification internationale des céphalées ;
- les rares études ayant fait la distinction entre migraines et autres céphalées ont mis en évidence une fréquence non négligeable de crises ou d'antécédents migraineux chez les personnes se déclarant EHS, sans qu'il soit possible de dire si cette fréquence est plus élevée que dans la population générale ;
- l'expérience d'un médecin (cf. § 7.5.3.2) concernant l'utilisation de médicaments antimigraineux chez des personnes se déclarant EHS soulève des hypothèses intéressantes, dont la vérification pourrait déboucher sur un traitement efficace par des médicaments antimigraineux de personnes se déclarant EHS ;

le CES recommande :

- d'étudier les différents types de céphalées présentées par les personnes se déclarant EHS sur la base de la classification internationale, pour préciser les relations entre migraine et EHS. Il s'agit de définir si les maux de tête de ces personnes sont, en tout ou partie, des migraines, et si ces personnes ont plus de migraines que les personnes non-EHS ;
- en fonction des résultats des recherches précédentes, de réaliser des essais cliniques, afin d'étudier l'efficacité des traitements antimigraineux chez des personnes se déclarant EHS.

Hypersensibilité comme trait de caractère

Considérant que :

- l'hypersensibilité (cf. § 3.8.4) a été décrite comme un trait de caractère et de comportement qui commence à être documenté, à la fois d'un point de vue psychologique et neurobiologique ;
- l'étude du profil psychologique n'a utilisé jusqu'à présent chez les personnes se déclarant EHS que des tests n'explorant qu'un petit nombre de composantes (anxiété, dépression, somatisation) ;

le CES recommande d'étudier :

- les relations qui pourraient exister entre l'hypersensibilité comme trait de caractère et l'EHS, dans un but exploratoire, afin d'évaluer l'intérêt de poursuivre les investigations avec des marqueurs d'imagerie fonctionnelle cérébrale ;
- le profil psychologique des personnes se déclarant EHS avec des tests¹⁶ qui en explorent plus largement les diverses composantes.

EHS et syndromes ou troubles associés

Considérant :

- qu'il existe de nombreuses associations entre l'EHS et/ou plusieurs syndromes ou troubles (le plus souvent syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques -SIOC-, fibromyalgie, acouphènes, etc.) ;
- que les troubles cutanés sont fréquents au cours de l'EHS et que des anomalies des petites fibres nerveuses de la peau ont été mises en évidence dans la fibromyalgie ;

le CES recommande :

- de comparer les aspects cliniques et éventuellement physiopathologiques de l'EHS d'une part, et du SIOC, de la fibromyalgie, des acouphènes idiopathiques d'autre part ;
- d'étudier les anomalies des petites fibres nerveuses de la peau lors des comparaisons entre EHS et fibromyalgie.

Autres propositions de recherche

Considérant que :

- les différentes tentatives pour mettre au point un questionnaire standardisé et spécifique de l'EHS utilisable en recherche n'ont pas abouti jusqu'à présent ;
- les très rares études de suivi sur le long-terme des personnes se déclarant EHS ne dépassent pas un an ;
- quelques études, ainsi que les auditions et les témoignages mettent l'accent sur l'errance médicale des personnes se déclarant EHS ;
- l'isolement (social, professionnel, familial) des personnes se déclarant EHS est systématiquement souligné ;
- la prise en charge et les représentations des personnes se déclarant EHS peuvent varier d'un pays à l'autre ;

le CES recommande :

- de développer et valider un questionnaire standardisé et spécifique de l'EHS, comme il en existe pour la plupart des syndromes (SIOC et fibromyalgie par exemple) ;

¹⁶ comme le *Minnesota Multiphasic Personality Inventory* (MMPI).

- de réaliser des études prospectives pour le suivi à long-terme de personnes se déclarant EHS ;
- d'étudier la complexité de la relation soignant-soigné pour les personnes se déclarant EHS ;
- de rechercher les différents facteurs qui contribuent à l'isolement psycho-social de ces personnes ;
- de mener des études comparatives sur la problématique de l'EHS (sur le vécu, les représentations des EHS, la prise en charge, etc.) dans plusieurs pays.

Évaluation des moyens empiriques actuellement utilisés pour établir un « diagnostic » d'EHS ou pour le « traitement » des personnes se déclarant EHS

Considérant :

- qu'il n'existe pas de critères de diagnostic de l'EHS validés à ce jour ;
- que certains auteurs ou praticiens ont néanmoins proposé des méthodes empiriques de « diagnostic » et / ou de « traitement » des personnes se déclarant EHS ;
- qu'il y a très peu d'études sur l'efficacité de celles-ci ;

le CES recommande d'évaluer l'efficacité des méthodes empiriques de « diagnostic » et / ou de « traitement » utilisées, en particulier :

- la balance ortho/para-sympathique (dynamique du système nerveux autonome), notamment la variabilité de la fréquence cardiaque ;
- les méthodes tridimensionnelles de référence¹⁷, la circulation sanguine et le métabolisme énergétique du cerveau chez les personnes se déclarant EHS, afin de vérifier l'hypothèse d'une ischémie cérébrale en rapport avec l'EHS ;
- les questionnaires sur l'EHS ;
- les différents traitements de l'EHS proposés de manière empirique, pour lesquels doivent être réalisés des essais cliniques.

Enfin, d'une manière générale, le CES souligne l'importance de renforcer les interactions entre scientifiques et associations de personnes se déclarant EHS.

Recommandations à destination des acteurs sanitaires et sociaux

En attendant une meilleure compréhension de l'EHS, et notamment des composantes physiologiques, psychiques et / ou biologiques pouvant expliquer les symptômes décrits, il est évident que de nombreuses personnes se déclarant EHS présentent un état de souffrance (physique et / ou psychique) plus ou moins important. Ceci nécessite et justifie une prise en charge adaptée par le système de soins. Une telle prise en charge est par ailleurs une condition nécessaire à la réalisation de travaux de recherches de qualité.

Pour améliorer la prise en charge des personnes se déclarant EHS, il est avant tout indispensable d'établir et de préserver un climat de confiance entre les personnes se déclarant EHS d'une part et les acteurs sanitaires et sociaux d'autre part. Pour cela, le CES recommande à l'autorité sanitaire, en priorité, de :

¹⁷ TEP (Tomographie par Émission de Positrons) scan par exemple.

- développer la formation des médecins sur la problématique des effets des radiofréquences sur la santé et mettre à leur disposition des informations leur permettant de répondre aux attentes des personnes se déclarant EHS ;
- demander à la Société française de médecine du travail d'étudier la faisabilité d'un guide de bonnes pratiques de prise en charge des personnes se déclarant EHS en milieu professionnel¹⁸ ;
- demander à la Haute autorité de santé (HAS) d'examiner, à l'instar des recommandations qu'elle a formulées au sujet de la fibromyalgie¹⁹, la pertinence de formuler des recommandations de prise en charge adaptées aux personnes se déclarant EHS ;
- favoriser le rapprochement et la coordination des acteurs impliqués dans la prise en charge des personnes se déclarant EHS (médecins, centres de consultation de pathologies professionnelles et environnementales -CCPP-, Maisons départementales des personnes handicapées -MDPH-, etc.).

Date de validation de la synthèse par le comité d'experts spécialisé : 15 décembre 2017.

¹⁸ Ce guide pourrait s'appuyer sur les données validées de la science et sur une enquête auprès des médecins de travail prenant en charge ces personnes. Il pourrait définir les modalités d'utilisation des mesures de champs électromagnétiques en milieu professionnel quand une source de champs électromagnétiques est mise en cause par une personne se déclarant EHS et, en collaboration avec les structures hospitalières de pathologie professionnelle, les modalités de recours à ces structures.

¹⁹ cf. le « rapport d'orientation sur le syndrome fibromyalgique de l'adulte » de juillet 2010 et le guide « Fibromyalgie de l'adulte : favoriser une prise en charge précoce et graduée » de juin 2011.

Sigles et abréviations

4-DSQ : *Four-Dimensional Symptom Questionnaire*

5-HIAA : Acide 5-hydroxyindolacétique

ADN : Acide désoxyribonucléique

AFP : Appareil à faible portée

Afrepa : Association française des équipes pluridisciplinaires en acouphénologie

Afsset : Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail

ALARA: *As Low As Reasonably Achievable* - aussi bas que raisonnablement possible

Anfr : Agence nationale des fréquences

Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

Arcep : Autorité de régulation des communications électroniques et des postes

ARNm : Acide ribonucléique messager

ARPANSA: *Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency* - Agence australienne de protection contre les radiations et de sécurité nucléaire

ARS : Agence régionale de santé

BDI: *Beck depression inventory* - inventaire de dépression de Beck

BF : Basses fréquences

BfS: *Bundesamt für Strahlenschutz* - Office fédéral allemand de protection contre les radiations

BOLD: *Blood Oxygen Level Dependent* - dépendant du niveau d'oxygène sanguin

Carsat : Caisse d'assurance retraite et de la santé au travail

CCPP : Centre de consultation de pathologie professionnelle et environnementale

CDMA: *Code Division Multiple Access* - accès multiple par répartition en code

CEA : Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

CEM : Compatibilité électromagnétique

CES : Comité d'experts spécialisé

CESF : Collectif des Électrosensibles de France

CHU : Centre Hospitalier Universitaire

CIDI-SF: *Composite International Diagnostic Interview (short form)* - entretien diagnostique structuré international (version courte)

CIM : Classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes (*cf. ICD*)

Circ : Centre international de recherche sur le cancer

CNRS : Centre national de la recherche scientifique

Cofrac : Comité français d'accréditation

CPL : Courant porteur en ligne

Cram : Caisse Régionale d'Assurance Maladie

CRI: *Coping Resources Inventory* – inventaire des ressources adaptatives

Criirad : Commission de recherche et d'information indépendantes sur la radioactivité

Criirem : Centre de recherche et d'information indépendant sur les rayonnements électromagnétiques non ionisants.

CRT: *Two-Choice Reaction Time Task* - tests de temps de réaction à deux choix

CSS: *Chemical Sensitivity Scale* - échelle de sensibilité aux odeurs chimiques

CSTB : Centre scientifique et technique du bâtiment

CW: *Continuous wave* - onde continue

DAS : Débit d'absorption spécifique

DCS : *Digital Cellular System* – système cellulaire numérique

DECT: *Digital Enhanced Cordless Telecommunications* – téléphone sans-fil numérique amélioré

DGS : Direction générale de la santé

DS : déviation standard

DSM: *Diagnostic and Statistical Manual of mental disorders* - Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux

DSST: *Digital Symbol Substitution Test* - test de substitution de code

EBF : Extrêmement basses fréquences

EBM: *Evidence based medicine* - médecine fondée sur des niveaux de preuve (ou médecine factuelle)

ECG : Électrocardiogramme

EEG : Électroencéphalogramme

EFT: *Emotional Freedom Technique* - Technique de liberté émotionnelle

EHESP : École des hautes études en santé publique

EHIS: *European Health Interview Survey* - enquête européenne par entretien sur la santé

EHS: *Electromagnetic hypersensitivity* - hypersensibilité aux champs électromagnétiques

EM : Électromagnétique	<i>IEI-EMF: Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields</i>
<i>EMDR: Eye Movement Desensitization and Reprocessing</i>	IFER : Imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux
EMG : Électromyographie	IgG : Immunoglobulines de type G
EOG : Électro-oculographie	IHS : <i>International Headache Society</i> - Société internationale des céphalées
ERG : Électrorétinogramme	IMC : Indice de masse corporelle
<i>ESQ: Eysenck Personality Questionnaire</i> - test de personnalité d'Eysenck	INA : Institut national de l'audiovisuel
<i>ESS: Epworth Sleepiness Scale</i> (échelle de somnolence d'Epworth)	INRS : Institut national de recherche et de sécurité
EVA-G : Échelle visuelle analogique de gêne	INSV : Institut national du sommeil et de la vigilance
EVA-I : Échelle visuelle analogique d'intensité	IRM : Imagerie par résonance magnétique
FAD : Flavine adénine dinucléotide	<i>IRM-DCE: Dynamic Contrast-Enhanced - Magnetic resonance imaging</i>
<i>FDMA: Frequency Division multiple Access</i> - accès multiple par division de fréquence	IRMf : Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle
<i>FFT: Fast Fourier Transform</i> - transformée de Fourier rapide	kHz : kiloHertz
<i>FM: Frequency modulation</i> - modulation de Fréquence	<i>KSD: Karolinska sleep diary</i>
<i>GHQ: General Health Questionnaire</i>	<i>KSP: Karolinska scales of personality</i>
GHz : gigaHertz	<i>KSS: Karolinska sleepiness scale</i>
<i>GPRS: Global Packet Radio Services</i> - services de radio global par paquet	<i>LCT: Letter Cancellation Task'</i>
<i>GPS: Global Positioning System</i> - système global de positionnement	<i>LOT-R: Life Orientation Test-Revisited</i>
<i>GSM: Global System for Mobile communications</i> – système global de communications mobiles	<i>LTE: Long Term Evolution</i> (évolution à long terme - évolution des normes UMTS)
GT : Groupe de travail	<i>MA: Mental Arithmetic</i>
<i>HAD: Hospital Anxiety and Depression scale</i> - échelle d'anxiété et de dépression	MAC : Médecines alternatives et complémentaires
<i>HIT: Headache Impact Test</i> - échelle d'évaluation d'impact de la migraine	MAO : Monoamines oxydases
HPA : Hypothalamo-hypophysio-surrénalien	<i>MCS: Multiple chemical sensitivities</i> (hypersensibilité chimique multiple) (cf. SIOC)
<i>HRV: Heart Rate Variability</i> - variabilité de la fréquence cardiaque	MCT : Mémoire à court terme
<i>ICD: International statistical Classification of Diseases and related health problems</i> (cf. CIM)	MCU : Maître de conférences des universités
<i>ICHD: International Classification of Headache Disorders</i>	MDPH : Maison départementale des personnes handicapées
Incirp : <i>International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection</i> – Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants	<i>MHW: Modern Health Worries</i>
Idate : Institut de l'audiovisuel et des télécommunications en Europe	MIBG : métaiodobenzylguanidine
<i>IDCL-P: International Diagnostic Checklist for Personality disorder</i>	<i>MINI: Mini-International Neuropsychiatric Interview</i>
IEI-CEM : Intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques	<i>MMPI: Minnesota Multiphasic Personality Inventory</i>
	<i>MNI: Montreal Neurological Institute</i>
	<i>MPRS: Mobile Phone Related Symptoms</i>
	<i>NEOFFI: NEO-Five Factors Inventory</i>
	<i>NGO: Non-governmental organization</i> (cf. ONG)
	<i>NHIS: National Center for Health Interview survey</i>
	<i>NIRS: Near-infrared spectrophotometry</i>

NN50: Number of pairs of successive NNs that differ by more than 50 ms

NSS: Noise Sensitivity Scale

NTT : Nitrotyrosine

OMS : Organisation mondiale de la santé

ONG : Organisation non gouvernementale

OPD: Operationalized Psychodynamic Diagnostic - diagnostic psychodynamique opérationnalisé

OR: odds ratios - rapport des cotes

ORL : Oto-rhino-laryngologie

OSPAN: Operation Span task - test de la mémoire de travail

PCRT: Precued choice reaction time task

PE : Potentiel évoqué

PH : Praticien-hospitalier

PHQ-15: Patient Health Questionnaire Somatic Symptom Severity Scale

PHRC : Programme hospitalier de recherche clinique

PIRE : puissance isotrope rayonnée équivalente

pNN50: proportion of NN50 divided by total number of NNs (nombre d'intervalles RR successifs et supérieurs à 50ms divisé par le nombre d'intervalles total)

PNR : Programme national de recherche

PNSE : Plan national santé-environnement

POEM : Prévention Ondes Électromagnétiques Drôme (association)

POMS: Profile of Mood States

PSQI : Pittsburgh Sleep Quality Index - index de qualité du sommeil de Pittsburgh

QCD: Questionnaire on Current Disposition

QEESI: Quick Environmental Exposure and Sensitivity Inventory

QOF: Questionnaire to include other factors

RF : Radiofréquences

RMSSD: Root mean square of successive differences

ROS : Reactive Oxygen Species

RSC : Réponse sympathique cutanée

SASB: Structural Analysis of Social Behaviour

SD : Standard deviation - déviation standard

SDNN : Standard deviation of NN intervals - déviation standard de la moyenne des intervalles RR du signal cardiaque

SHS: Swiss Health Survey

SIG : Systèmes d'informations géographiques

SIOC : Syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques (cf. MCS)

SMT : Stimulation magnétique transcrânienne

SNA : Système nerveux autonome

SNC : Système nerveux central

SNP: Single nucleotide polymorphism

SOMS: Screening Instrument for Somatoform Symptoms - interview standardisé de détection des troubles somatoformes

SRT: Simple Reaction Time Task

SSAS: Somatosensory Amplification Scale

STAI: State-Trait Anxiety Inventory

TCC : Thérapie comportementale et cognitive

TCI : Tribunal du contentieux de l'incapacité

TCI: Temperament and Character Inventory

TDI : Tensor imaging diffusion

TDMA: Time Division Multiple Access

TEP : Tomographie par émission de positons

TETRA : Terrestrial Trunked Radio - système radio numérique

THI : Tinnitus handicap inventory - questionnaire du handicap acouphénique

TTR : Transthyréine

UCPPE : Unité de consultation des pathologies professionnelles et environnementales

UIT : Union internationale des télécommunications

UMTS: Universal Mobile Telecommunication System - système universel de télécommunications mobiles (3G).

UWB : Ultra-Wide Band

VDT: Visual display terminal - terminal à écran de visualisation

VDU: Visual display unit - écran de visualisation

VERSUSAT: Visual Selective Attention Task - épreuve de l'attention visuelle selective

WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access - multiplexage par code large bande

WHO: World Health Organization (cf. OMS)

Wi-Fi: Wireless Fidelity

Liste des tableaux

Tableau 1 : liste des personnes auditionnées et sollicitées par écrit	6
Tableau 2 : mots-clés utilisés pour la recherche bibliographique	43
Tableau 3 : symptômes ou pathologies rapportés dans les lettres	57
Tableau 4 : sources de champs électromagnétiques (en %) considérées comme causes de symptômes fonctionnels par les personnes se déclarant EHS	61
Tableau 5 : estimations des pourcentages de personnes se déclarant hypersensibles aux champs électromagnétiques dans différents pays	71
Tableau 6 : intention de participer à des études cliniques	101
Tableau 7 : principaux symptômes rapportés par des personnes se déclarant EHS au Japon (n = 75)	131
Tableau 8 : pourcentages de participants rapportant différents symptômes (survenant au moins une fois par semaine) parmi des personnes ayant des symptômes qu'elles attribuent au téléphone mobile (groupe MP), se déclarant EHS (groupe EHS), issues de la population générale (groupe PB) et des témoins (groupe C)	138
Tableau 9 : nombre moyen et intensité des symptômes ressentis par les différents groupes (sensibles aux champs électromagnétiques recrutés <i>via</i> des associations, recrutés en population générale et sensibles ou non aux champs électromagnétiques)	141
Tableau 10 : fréquence (en %) des symptômes rapportés par les personnes se déclarant EHS	147
Tableau 11 : liste des symptômes utilisés dans les principaux questionnaires servant à décrire l'EHS	311
Tableau 12 : interactions des champs électromagnétiques avec le corps humain	327
Tableau 13 : classification des principales maladies du système nerveux autonome	337

Liste des figures

Figure 1 : nombre annuel de personnes ayant consulté un CCPP depuis 2009 et ayant été codées sous la terminologie « IEI-CEM » dans la base du RNV3P	70
Figure 2 : pourcentage (%) de personnes se déclarant EHS ou assimilés dans les études référencées dans le Tableau 5	72
Figure 3 : hypothèse d'un éventuel cercle vicieux de l'EHS	75
Figure 4 : pistes de recherches jugées prioritaires par des personnes se déclarant EHS et par ordre décroissant d'occurrence	102
Figure 5 : magnétosome	112
Figure 6 : la magnétite	113
Figure 7 : A) protéine cryptochrome avec ses trois résidus tryptophane conservés (en jaune) et son co-facteur, le FAD (en rouge). B) version simplifiée des réactions radicalaires impliquées dans l'activation/désactivation du cryptochrome. C) modélisation de la perception visuelle du champ magnétique chez les oiseaux migrateurs	114
Figure 8 : exemple de paquets ou « bursts » dans un signal électromagnétique	117
Figure 9 : exemple de signal rayonné par un téléphone DECT	119
Figure 10 : distribution des seuils de perception au courant électrique chez un échantillon de personnes .	123
Figure 11 : nombre de réponses des participants du groupe 1 aux questions 13 et 16 par niveau d'usage du téléphone mobile (question 8)	130
Figure 12 : nombre de réponses des participants du groupe 2 aux questions 13 et 16 par niveau d'utilisation d'un ordinateur au travail (question 11)	130
Figure 13 : fréquence des différents problèmes de santé dans les trois groupes étudiés entre 2008 et 2009	137

Figure 14 : pourcentages de symptômes auto-déclarés parmi les participants de la population générale (NS), les personnes se déclarant EHS (GP) recrutées en population générale, et celles recrutées via des associations (ONG).....	142
Figure 15 : comparaison entre les capacités à différencier le signal réel ou factice de personnes se déclarant EHS et non-EHS	163
Figure 16 : organisation anatomique du système nerveux autonome	209
Figure 17 : dispositions prises pour fournir une réponse aux personnes se déclarant EHS	260
Figure 18 : coefficient d'atténuation en champ diffus – exemple de résultats de mesures.....	267
Figure 19 : coefficient d'atténuation en champ diffus – résultats des essais : influence de la mise à la terre	268
Figure 20 : un bâtiment conçu pour minimiser les pollutions dans les pièces à vivre.....	271
Figure 21 : absorption sélective du corps humain (ou effet de peau) selon la fréquence.....	326
Figure 22 : restrictions de base pour la population générale et les travailleurs en fonction de la fréquence	332
Figure 23 : origine des contributions à la consultation publique pour l'ensemble des contributeurs – et pour les ONG	355
Figure 24 : répartition des commentaires en fonction du chapitre du rapport.....	356

Liste des encadrés

<i>Encadré 1 : thèmes pouvant être abordés dans les lettres du corpus</i>	52
<i>Encadré 2 : une échelle de mesure de l'hypersensibilité</i>	85
<i>Encadré 3 : la neuroépigénétique : cognition, mémoire et plasticité cérébrale - Effets du milieu enrichi</i>	206
<i>Encadré 4 : le système immunitaire</i>	207
<i>Encadré 5 : critères de diagnostic de la migraine définis par l'IHS</i>	221
<i>Encadré 6 : techniques de mesure du débit sanguin et / ou du métabolisme énergétique cérébral</i>	226
<i>Encadré 7 : l'insomnie</i>	228
<i>Encadré 8 : les tests d'évaluation du sommeil et des rythmes circadiens chez l'être humain</i>	230
<i>Encadré 9 : définition des troubles du sommeil liés à un facteur de l'environnement</i>	231
<i>Encadré 10 : les thérapies comportementales et cognitives (TCC)</i>	254
<i>Encadré 11 : l'EMDR (Eye Movement Desensitization and Reprocessing) et l'EFT (Emotionnal Freedom Technique)</i>	259
<i>Encadré 12 : restrictions de base et niveaux de référence selon l'Icnirp (Icnirp Guidelines 1998 et 2010) .</i>	330

Liste des hypothèses avancées pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS

Le groupe de travail de l'Anses a analysé les hypothèses ci-après à la lumière des données scientifiques disponibles au moment de la rédaction du rapport. Certaines d'entre elles, soulevées par des parties prenantes (médecins, associations) lors des auditions, ont été prises en considération, bien qu'étant très peu ou pas documentées dans la littérature scientifique.

En aucun cas, la mention de ces hypothèses dans la liste ci-dessous ne signifie qu'elles sont soutenues par le groupe de travail de l'Anses.

Hypothèse 1 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : l'hypersensibilité comme trait de personnalité ?	87
--	----

Hypothèse 2 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : existe-t-il un système magnéto-sensible chez l'être humain ?	114
Hypothèse 3 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : l'existence d'une sensibilité particulière aux champs électromagnétiques basses fréquences ? ou d'un seuil faible de perception cutanée du courant électrique ?	121
Hypothèse 4 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : une différence biologique ou des modifications physico-chimiques ?	199
Hypothèse 5 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : un stress oxydant chronique ?	200
Hypothèse 6 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : une intoxication chimique (métaux lourds, etc.) ?	202
Hypothèse 7 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : un génotype ou phénotype prédisposant ?	204
Hypothèse 8 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : des phénomènes auto-immuns et un état pro-inflammatoire chronique ?	207
Hypothèse 9 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : un dysfonctionnement du système nerveux autonome ?	208
Hypothèse 10 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : une altération de l'intégrité de la barrière hématoencéphalique (BHE) ?	214
Hypothèse 11 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : des perturbations dans la production de neurotransmetteurs ?	218
Hypothèse 12 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : les personnes se déclarant EHS, ou certaines d'entre elles, auraient-elles un terrain migraineux ?	220
Hypothèse 13 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : un dysfonctionnement de l'activité électrique cérébrale ?	223
Hypothèse 14 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : un dysfonctionnement du métabolisme ou du débit sanguin cérébral ?	225
Hypothèse 15 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : une dysrégulation du cycle veille-sommeil (ou de l'horloge circadienne) ?	227
Hypothèse 16 pour expliquer tout ou partie de la survenue et / ou de l'évolution de l'EHS : une origine psychosomatique ?	234
Hypothèse 17 pour expliquer tout ou partie de la survenue et / ou de l'évolution de l'EHS : un effet <i>nocebo</i> ?	241
Hypothèse 18 pour expliquer tout ou partie de la survenue et / ou de l'évolution de l'EHS : l'EHS serait due à un stimulus environnemental complexe (produits chimiques, pesticides, sources multiples de champs électromagnétiques, bruit, etc.) potentialisé par les champs électromagnétiques, ou « effet cocktail ».	249

1 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine

Les radiofréquences²⁰ constituent un objet de préoccupations sanitaires, environnementales et sociétales important depuis plusieurs années en France et à l'étranger, ce qui a conduit l'Agence, en réponse aux demandes de ses ministères de tutelle, à publier des avis et rapports d'expertise collective en 2003, 2005, 2009, 2013 et, le dernier en date concernant les radiofréquences et la santé des enfants, en 2016.

1.1 Contexte

Dans un contexte de controverse, aussi bien dans les milieux scientifiques que dans le débat public, l'Anses a décidé d'accorder à la question de l'hypersensibilité aux champs électromagnétiques (EHS), ou intolérance environnementale idiopathique²¹ attribuée aux champs électromagnétiques (IEI-CEM), toute l'attention qu'elle mérite en lui consacrant une expertise spécifique et approfondie. Ce choix atteste de l'importance que l'Anses accorde à ce sujet, et en particulier aux personnes se déclarant EHS, que les symptômes soient désignés sous le terme d'hypersensibilité électromagnétique, d'électro(hyper)sensibilité, d'intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques ou de sensibilité aux dispositifs et / ou appareils de communication sans fil. Pour mémoire, dans le rapport d'expertise sur les effets des radiofréquences sur la santé publié par l'Afsset en 2009, la question de l'EHS avait fait l'objet d'un chapitre particulier (pp 278-304). Ce sujet a été évoqué plus récemment dans la mise à jour de l'expertise sur les effets sanitaires des radiofréquences publiée par l'Anses en 2013²² (Anses 2013). Cependant, le groupe d'experts avait alors jugé que la complexité de la question de l'hypersensibilité aux champs électromagnétiques ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques²³ nécessitait de lui consacrer une expertise collective spécifique, objet du présent rapport.

Avec le développement et le déploiement depuis une vingtaine d'années des nouvelles technologies de communication et d'interconnexions entre objets, un nombre croissant de systèmes et d'applications utilisent les ondes électromagnétiques dans le domaine des radiofréquences (de 8,3 kHz à 300 GHz), et l'usage de ces technologies (téléphones mobiles, tablettes, objets communicants, etc.) s'est largement répandu dans la société. En France, le taux de pénétration²⁴ du téléphone mobile a atteint 109,5 % en décembre 2016²⁵. En parallèle, l'État se

²⁰ Radiofréquence (RF) : rayonnement électromagnétique utilisé en télécommunications, dont la longueur d'onde dans le spectre électromagnétique est supérieure à celle du rayonnement infrarouge.

²¹ Idiopathique : se dit d'une maladie ou d'un symptôme dont la cause est inconnue (définition du dictionnaire Larousse).

²² Le rapport Anses (2013) sur les radiofréquences n'avait pas abordé la question de l'EHS ; seules les études concernant des témoins volontaires ne présentant pas de symptômes particuliers en lien avec les radiofréquences avaient été considérées.

²³ Les termes « hypersensibilité aux champs électromagnétiques (EHS) » et « intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques (IEI-CEM) » désignent les mêmes troubles et les mêmes personnes. Par commodité, le terme le plus populaire (EHS) sera davantage utilisé dans la suite du rapport.

²⁴ calculé comme le ratio de l'ensemble des cartes SIM en service sur la population.

²⁵ Source : Arcep, Observatoires / Services mobiles - <https://www.arcep.fr/index.php?id=13486>.

donne pour ambition d'assurer une couverture réseau²⁶ totale du territoire français. L'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (Arcep) fixe les calendriers de déploiements des réseaux (2G, 3G et 4G) aux opérateurs et leur impose de réduire les zones non couvertes, dites « zones blanches ».

Pour répondre aux attentes et interrogations de la société liées au développement des systèmes de communication sans fil, une table ronde « radiofréquences, santé, environnement » a été organisée en 2009 par le Gouvernement. Dix orientations ont été retenues, parmi lesquelles ont été formulés les principes de « transparence de l'information et des financements, attention aux inquiétudes formulées, précaution et concertation entre les acteurs » (Bachelot-Narquin, Kosciusko-Morizet, and Jouanno 2009). En application du principe de transparence des financements, l'Imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux (Ifer) a été mise en place par la loi de finances 2011 ; prélevée chez les opérateurs, elle sert à financer la recherche sur les effets sanitaires potentiels des radiofréquences et les mesures de l'exposition réalisées à leur demande chez les citoyens.

Chaque année, un grand nombre de mesures est réalisé dans ce cadre selon le protocole défini par l'Agence nationale des fréquences (Anfr), afin de caractériser l'exposition environnementale de la population aux radiofréquences (cf. site internet www.cartoradio.fr où sont recensés les résultats des mesures envoyés par les laboratoires accrédités Cofrac à l'Anfr). Le dernier bilan de l'Anfr (2017) portant sur l'analyse près de 3 000 mesures réalisées en France en 2016, dans le cadre du dispositif national de surveillance de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques, indiquait que le niveau de champ médian était de 0,38 V/m et que 90 % des niveaux mesurés à la sonde large bande²⁷ étaient inférieurs à 1,4 V/m²⁸ (ANFR 2017). Les valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques, fixées par le décret n°2002-775 du 3 mai 2002, étaient respectées sur tous les sites ayant fait l'objet d'une mesure en 2016. La téléphonie mobile était la principale source d'exposition dans près de 60 % des cas mesurés. En milieu rural, cette tendance était toutefois moins marquée avec seulement 41 % des cas mesurés pour lesquels la téléphonie mobile était le principal contributeur de l'exposition. Par rapport aux résultats qui avaient été obtenus les deux années précédentes sur près de 3 000 mesures réalisées en 2014 et plus de 3 500 mesures réalisées en 2015, on peut noter que la typologie des mesures demandées et les niveaux d'exposition relevés sont globalement stables depuis 2014.

La loi du 9 février 2015 relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques, dite « loi Abeille », vise, entre autre, à modérer l'exposition du public aux ondes électromagnétiques. Le texte interdit notamment l'utilisation du Wi-Fi dans les locaux destinés à accueillir des enfants de moins de trois ans.

Malgré les dispositifs mis en place pour encadrer et surveiller les niveaux d'exposition aux champs électromagnétiques, un certain nombre de personnes se plaignent de troubles qu'elles attribuent à une exposition à ces champs. Il est donc légitime et nécessaire de chercher à comprendre leurs troubles.

²⁶ La couverture réseau s'entend comme la possibilité de passer un appel téléphonique et de le maintenir durant une minute, à l'extérieur des bâtiments et en usage piéton.

²⁷ C'est-à-dire avec un dispositif intégrant l'ensemble des contributions du spectre électromagnétique prévu par le protocole de mesure.

²⁸ À titre indicatif, les valeurs limites réglementaires pour l'exposition du public au champ électrique dans l'environnement sont comprises entre environ 36 et 61 V/m pour les fréquences utilisées par la téléphonie mobile.

1.2 Historique de la problématique et vocabulaire

Depuis le début des années 1980²⁹, la littérature scientifique rapporte de façon continue le cas de personnes se plaignant de troubles fonctionnels³⁰ divers qu'elles attribuent à une exposition à des champs électromagnétiques (EM) (Knave *et al.* 1985, Hillert *et al.* 1999). Ce « tableau » clinique a reçu plusieurs appellations successives, traduisant une évolution des concepts comme on en observe fréquemment dans l'histoire de la médecine, surtout dans les situations d'incertitude. Dans les années 1980, il s'agissait essentiellement de troubles cutanés, prédominants au niveau de la face, attribués à une exposition aux écrans cathodiques, terminaux d'ordinateurs ou écrans de télévision (*visual display terminal* (VDT) ou *visual display unit* (VDU) des anglo-saxons). Dans les années 1990, des symptômes plus variés ont été attribués, sous le terme d'électrosensibilité, à des expositions aux champs émis par les appareils électroménagers et par les installations électriques défectueuses, les plus fréquents de ces symptômes étant, d'après Seitz *et al.* (2005), les troubles du sommeil, la fatigue, les troubles de l'équilibre, les céphalées, les symptômes cutanés, les difficultés de concentration, les pertes de mémoire et la nervosité (Seitz *et al.*, 2005).

En 1997, à l'issue d'un programme de recherche financé par la Commission européenne, les experts ayant participé à ce programme ont été réunis pour faire la synthèse de leurs travaux et ont proposé de rassembler ces deux situations en une seule entité, dénommée hypersensibilité électromagnétique (*electromagnetic hypersensitivity*, EHS des anglo-saxons), reposant uniquement sur les déclarations des personnes en l'absence d'explication biomédicale des symptômes fonctionnels (Bergqvist and Vogel 1997). Selon la définition de la Commission européenne (1997), le terme d'hypersensibilité aux champs électromagnétiques (EHS) est utilisé pour « désigner un phénomène où les individus ressentent des effets nocifs lorsqu'ils utilisent ou se trouvent à proximité d'appareils rayonnant un champ électrique, magnétique ou électromagnétique. L'emploi du terme « EHS », en lui-même, ne présuppose pas et n'indique en rien une cause pouvant expliquer les effets nocifs observés ». En d'autres termes, il ne signifie pas qu'il existe un lien de causalité établi entre les champs électromagnétiques et les effets déclarés.

Les premières descriptions de troubles fonctionnels attribués aux ondes électromagnétiques radiofréquences de la téléphonie mobile datent de 1998, en ce qui concerne l'usage des combinés (Hocking 1998) et de 2002, en ce qui concerne la proximité des antennes relais (Santini *et al.*, 2002, 2003).

Dans les années suivantes, tous ces termes ont continué à être utilisés dans le titre des publications consacrées au problème de ces symptômes fonctionnels attribués aux champs électromagnétiques : les termes initiaux (*visual display terminals*, *electrohypersensitivity*) étant de moins en moins utilisés et ne persistant que jusqu'en 2004 pour le premier et jusqu'en 2008 pour le second, laissant la place aux termes plus récents (hypersensibilité électromagnétique ou équivalents, symptômes attribués à l'utilisation de téléphones mobiles ou à la proximité des antennes-relais).

²⁹ Certains situent les premières descriptions de l'EHS dans les années 1960 et les attribuent soit à un auteur français ((Miro 1960), dont le rapport interne à l'Armée de l'air n'est plus accessible sur internet), soit à des auteurs russes (Sadchikova, 1960 et Klimkova-Deutschova, 1973) cités dans plusieurs rapports institutionnels (Presman 1970, Zorach 1971, Raines 1981, Hech 1997) et dans un article (Genuis and Lipp 2012). Ces documents, qui décrivaient des symptômes observés chez des travailleurs exposés à des radars ou à des équipements électriques, ont eu une diffusion limitée et n'ont pas été cités dans les deux expertises collectives internationales qui ont donné une consistance au concept d'hypersensibilité électromagnétique (Bergqvist and Vogel 1997) ou d'intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques (Mild *et al.* 2006). Les mêmes remarques d'absence d'audience et de citation dans les deux expertises collectives internationales peuvent être faites à propos de la description par Schliephake (Schliephake 1932) de l'apparition de symptômes neurasthéniques sous l'effet des ondes courtes, surtout pour des longueurs d'onde d'environ 4 à 5 mètres.

³⁰ Le terme de « trouble fonctionnel » regroupe l'ensemble des symptômes et affections sans support lésionnel ni dysfonctionnement d'organe identifiable, par opposition aux maladies organiques.

En 2004, un groupe d'experts de l'OMS a proposé le terme « intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques (IEI-CEM) » (OMS 2006). Cette nouvelle terminologie, qui soulignait l'absence de preuve expérimentale en faveur d'une relation de causalité entre l'exposition aux champs électromagnétiques et les symptômes décrits par les personnes, n'a guère été suivie par les auteurs qui ont continué à travailler sur la question. Finalement, les deux expressions proposées (EHS et IEI-CEM), désignent un même état et doivent être considérées comme synonymes.

En 2015, le terme « électrosensibilité » a fait son apparition dans le dictionnaire Larousse, avec la définition suivante : « *ensemble des troubles physiques dus, selon la description des personnes atteintes, à une sensibilité excessive aux ondes et aux champs électromagnétiques ambiants* ».

1.3 Objet du rapport d'expertise

L'objet du présent rapport est de réaliser une expertise collective consacrée aux personnes se déclarant EHS (quelle que soit la manière dont on les désigne). Cette expertise collective a été confiée au groupe d'experts « radiofréquences et santé » de l'Anses. Comme toutes les expertises de l'Anses, elle est principalement basée sur la littérature scientifique. Compte tenu de la complexité du sujet, des limites de nombreux articles scientifiques, de l'absence d'études sur certaines questions, ainsi que des controverses qui résultent de ces difficultés, le groupe de travail a décidé de remonter également aux expériences de terrain. Il s'est ainsi intéressé, au travers d'auditions, aux témoignages de différentes parties prenantes (médecins hospitaliers et médecins généralistes, associations et collectifs de citoyens, élus, chercheurs, etc.) et en a auditionné plus d'une vingtaine.

Le groupe de travail a donc adopté une démarche originale d'expertise consistant, en plus de la revue et de l'analyse de la littérature, à examiner un certain nombre de questions et observations issues d'un grand nombre de témoignages, notamment :

- Comment définir l'EHS ? Quels sont les symptômes dont souffrent les personnes se déclarant EHS ? Quels sont les éléments caractéristiques de leur parcours ? Quels en sont les critères diagnostiques et quelles ont été les tentatives pour les préciser et / ou les valider ? Une meilleure caractérisation clinique des symptômes est-elle possible ? Le cas échéant, quels critères diagnostiques pourraient être proposés ? L'inclusion de l'intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques (IEI-CEM) et de celle attribuée aux odeurs chimiques (IEI-MCS) définies par l'OMS dans le cadre des syndromes médicalement inexplicables attribués à l'environnement est-elle justifiée (Chapitre 3) ?
- Comment la question de l'EHS est-elle traitée par les différentes parties prenantes (professionnels de santé, pouvoirs publics, associations et médias) (Chapitre 4) ?
- Quelles sont les interactions connues entre les champs électromagnétiques et l'être humain ? L'organisme humain dispose-t-il de détecteurs ou de récepteurs spécifiques aux champs électromagnétiques (Chapitre 5) ?
- Les données scientifiques disponibles permettent-elles de mettre en évidence le fait que les symptômes décrits sont spécifiques aux personnes se déclarant EHS ? L'exposition aux champs électromagnétiques provoque-t-elle les symptômes fonctionnels de l'EHS et / ou des modifications biologiques, physiologiques, cognitives et / ou psychosomatiques mesurables (études de provocation) ? Les données issues de la littérature scientifique permettent-elles d'établir un lien de causalité entre les symptômes ressentis et les expositions aux champs électromagnétiques (Chapitre 6) ?
- Quelles sont les hypothèses susceptibles d'expliquer l'origine des troubles ressentis par les personnes se déclarant EHS (Chapitre 7) ?
- Que peut-on dire des modes de prise en charge médicale de ces personnes et de leur efficacité ? Y a-t-il des traitements validés de l'EHS ? Que peut-on dire scientifiquement

des protections anti-ondes mises en œuvre par les personnes se déclarant EHS et de leur efficacité (Chapitre 0) ?

En auditionnant une vingtaine de partie-prenantes (*cf.* liste détaillée p 6), l'idée du groupe de travail était de chercher à comprendre l'EHS dans sa complexité, de la caractériser, afin de comprendre les mécanismes à l'origine des différents symptômes ressentis par les personnes se déclarant EHS. À cette fin, il est nécessaire, au-delà des témoignages qui fournissent un grand nombre de pistes de réflexion et proposent diverses hypothèses explicatives, d'analyser les données scientifiques (études cliniques et études épidémiologiques) et de les interpréter de manière objective, en essayant d'identifier leurs limites méthodologiques, afin de se prononcer sur la plausibilité des différentes hypothèses avancées pour expliquer l'origine des troubles.

De plus, ce rapport d'expertise propose également des pistes de recherches à développer (Chapitre 10), afin d'investiguer davantage ces différentes questions, notamment celles soulevées par les associations de malades et les médecins, car il est évident que tout n'a pas été abordé dans les études scientifiques disponibles et qu'il reste de nombreuses pistes à explorer.

1.4 Modalités de traitement de l'expertise

À la suite d'un appel public à candidatures d'experts lancé le 28 mai 2014, un groupe de travail intitulé « Radiofréquences et santé 2 » a été constitué. Les experts de ce groupe ont été recrutés pour leurs compétences scientifiques et techniques dans les domaines de la métrologie et l'exposimétrie des champs électromagnétiques, de l'épidémiologie, de la médecine, de la biologie, de la physiologie et des sciences humaines et sociales. Ces seize experts indépendants ont ainsi été nommés par l'Anses pour réaliser l'expertise sur l'hypersensibilité électromagnétique (EHS) ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques et rédiger le présent rapport. La composition détaillée de ce groupe figure au début de ce rapport.

Afin d'instruire la présente expertise sur l'EHS, le groupe de travail s'est réuni, dans un premier temps, 18 fois en séances plénières (19 jours) entre juillet 2014 et juillet 2016. Lors de ces réunions, ou lors de séances supplémentaires, une vingtaine d'auditions de partie-prenantes (médecins, scientifiques, associations, etc.) ont également été réalisées (*cf.* liste des personnes auditionnées dans la présentation des intervenants en p. 3). En complément de ces auditions, des contributions écrites ont été sollicitées auprès de rapporteurs (*cf.* liste des rapporteurs dans la présentation des intervenants p. 3), et des informations complémentaires ont été sollicitées par courriers à différents acteurs du domaine.

À l'issue de cette première phase de l'expertise, l'Anses a publié un rapport pré-définitif le 27 juillet 2016, en appelant les personnes intéressées à commenter ces travaux, dans le cadre d'une consultation publique ouverte du 27 juillet au 15 octobre 2017.

Dans un second temps, le groupe de travail s'est à nouveau réuni 11 fois entre septembre 2016 et octobre 2017 pour analyser et prendre en compte les commentaires recueillis lors de la consultation publique, puis rédiger les conclusions de l'expertise et les recommandations associées.

Cette expertise relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisé (CES) « Évaluation des risques liés aux agents physiques, aux grands aménagements et aux nouvelles technologies ». Les travaux du groupe de travail ont été soumis régulièrement à ce CES pour discussion (tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques). Le rapport produit par le groupe de travail tient compte des observations émises par les membres du CES ayant pris part aux délibérations. Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences pluridisciplinaires et complémentaires.

Par ailleurs, des points d'information et d'échange ont également été organisés avec le Comité de dialogue « Radiofréquences et santé »³¹, afin de présenter la liste des références bibliographiques

³¹ Voir note de bas de page n°1, p8.

et le plan du rapport. Les propositions (références bibliographiques et personnes à auditionner notamment) et compléments d'information du Comité de dialogue ont été pris en compte par le groupe de travail.

Les travaux d'expertise du groupe de travail ont été adoptés par le CES le 15 décembre 2017.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) », avec pour objectif le respect des points suivants : compétence, indépendance, transparence, traçabilité.

1.5 Prévention des risques de conflits d'intérêts

L'Anses analyse les déclarations publiques d'intérêts (DPI) des experts préalablement à leur nomination et tout au long des travaux d'expertise, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Un expert du CES « Agents Physiques, nouvelles technologies et grands aménagements » qui présentait un lien d'intérêt susceptible de mener à un conflit n'a pas été invité à participer aux réunions au cours desquelles le rapport a été examiné.

Un expert du CES « Agents Physiques, nouvelles technologies et grands aménagements », au cours de son mandat, a informé l'Anses d'un nouveau lien d'intérêt qui pouvait mener à conflit. Dès que ce lien a été identifié par l'Agence, l'expert n'a pas participé aux réunions de CES lors desquelles ces travaux d'expertise ont été abordés.

Les déclarations d'intérêts des experts sont rendues publiques *via* le site internet de l'Agence : <http://www.anses.fr>.

2 Méthode

Ce chapitre s'intéresse à la méthodologie mise en œuvre dans le cadre de la présente expertise sur l'EHS pour : la veille bibliographique, l'analyse des articles scientifiques, la recherche de témoignages de personnes se déclarant EHS et d'autres points de vue sur le sujet, ainsi que pour la mise en consultation publique du rapport.

2.1 Recensement des articles scientifiques

L'équipe de coordination et les experts du groupe de travail « radiofréquences et santé 2 » ont réalisé une recherche bibliographique la plus exhaustive possible de la littérature scientifique internationale sur le thème de l'EHS à travers, notamment, la recherche de données cliniques et épidémiologiques.

Actuellement, il n'existe pas de modèle animal applicable à l'être humain pour l'EHS. Néanmoins, un certain nombre d'hypothèses, chez l'être humain, font appel à l'expérimentation animale qui permet une approche plus « mécanistique ». Le groupe d'experts n'a donc pas complètement négligé l'approche animale pour, notamment, l'étude de certains mécanismes (magnétopercption, stress oxydant ou perméabilité de la barrière hémato-encéphalique, par exemple).

2.1.1 Période de référence

La mise à jour de l'expertise a été réalisée pour la période qui s'étend du 1^{er} avril 2009 (fin de la période d'analyse de la bibliographie prise en compte pour le dernier rapport de l'Agence s'intéressant à la question de l'EHS, publié en octobre 2009) à juillet 2016 (date de fin de la revue bibliographique correspondant au moment de la mise en consultation publique du rapport).

Par souci de cohérence ou en raison de l'intérêt porté à certains sujets, des références plus anciennes ou plus récentes ont ponctuellement pu être ajoutées au rapport.

2.1.2 Moteurs de recherche

Des moteurs de recherche et bases de données recensant spécifiquement les études dans le domaine de la santé ont été consultés :

- PubMed : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>
- Scopus : <http://www.scopus.com/home.url>

2.1.3 Typologie des documents expertisés

Les documents pris en compte dans l'expertise sont de natures diverses :

- articles scientifiques publiés dans des journaux à comité de lecture indépendant, sans préjuger de leur facteur d'impact ;
- rapports d'expertise d'organismes européens et internationaux (Commission européenne, etc.) ;
- les verbatim des auditions ;
- les rapports de recherches financées par l'Anses (contrats de recherche et développement, projets issus de l'appel à projets de recherche de l'Anses).

Seuls les articles originaux publiés dans des journaux à Comité de lecture indépendant en langue française ou anglaise ont été systématiquement analysés par le groupe de travail. Les actes ou comptes-rendus de conférences et articles publiés dans d'autres langues n'ont pas été pris en compte.

Le groupe de travail a également pris connaissance des principales revues³² et méta-analyses³³ relatives à l'EHS.

En complément de ces documents, des contributions écrites ont été sollicitées auprès de médecins et sociologues, sur des aspects précis concernant l'expertise. De plus, des contrats de recherche et développement (CRD) ont été commandés auprès du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) et de l'Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance transport travail environnement (UMRESTTE, Ifsttar et Université Claude Bernard Lyon 1), afin d'obtenir des données complémentaires :

- 1) pour évaluer l'efficacité des dispositifs de protections mis en œuvre par les personnes se déclarant EHS pour réduire leur exposition aux champs électromagnétiques (vêtements, « moustiquaires », peintures, etc.) (CSTB 2015) (réf : n° 2015-CRD-07) ;
- 2) pour réaliser une enquête sur l'EHS auprès de médecins généralistes de la région Rhône-Alpes en 2015-2016 (réf : n° 2015-CRD-14) (UMRESTTE 2016).

2.1.4 Les mots-clés utilisés

Pour la recherche d'articles scientifiques, le groupe de travail a principalement utilisé les mots-clés présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : mots-clés utilisés pour la recherche bibliographique

Terme anglais	Terme équivalent français
<i>Electromagnetic hypersensitivity, EHS, electro hyper sensitivity, hypersensitivity to electromagnetic fields, electromagnetic hypersensitivity, electrosensitivity, ES, electric hypersensitivity, electrical hypersensitivity,</i>	Hypersensibilité électromagnétique ou aux champs électromagnétiques, HSEM, EHS, Électro(hyper)sensibilité, sensibilité aux dispositifs et / ou appareils de communication sans fil, sensibilité aux champs électriques,
<i>Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF)</i>	Intolérance (environnementale idiopathique attribuée) aux champs électromagnétiques (IEI-CEM)
<i>Subjective symptom and electromagnetic fields, Provocation study and electromagnetic fields</i>	Symptôme subjectif et champs électromagnétiques, Étude de provocation et champs électromagnétiques

2.1.5 Limites du champ d'expertise

2.1.5.1 Bandes de fréquence considérées

L'une des originalités (ou difficultés) de l'EHS est que les symptômes sont attribués par les personnes qui en souffrent à des expositions aussi bien aux radiofréquences (RF) qu'aux basses fréquences (BF) (principalement 50 Hz en Europe). Après avoir débattu de cette difficulté en son sein, le groupe de travail a décidé de considérer les articles scientifiques mentionnant uniquement des personnes se déclarant EHS exposées aux champs électromagnétiques, qu'il s'agisse de radiofréquences ou de basses fréquences. Déjà, en 1997, dans un rapport de la commission européenne « *Possible health implications of subjective symptoms and electromagnetic fields* », l'annexe 3 analysait les causes possibles de l'hypersensibilité aux champs électromagnétiques et étudiait dans un même ensemble les BF et les RF, sans donner d'argument scientifique à ce regroupement.

³² Les revues consistent à synthétiser l'ensemble des études publiées sur un problème donné.

³³ Les méta-analyses et les analyses poolées consistent à regrouper respectivement soit les résultats soit les données brutes d'études antérieures (et semblables) afin d'obtenir une puissance plus importante. Elles sont particulièrement adaptées à l'épidémiologie étiologique.

Le paragraphe 5.2 du présent rapport sera consacré à la question du lien entre les deux types d'expositions (BF et RF).

Les fréquences (f) des champs BF sont comprises entre 0 et quelques kiloHertz³⁴ (kHz).

Les fréquences des radiofréquences vont d'une dizaine de kiloHertz à quelques centaines de gigaHertz (GHz) (soit des longueurs d'onde de l'ordre du kilomètre à un millimètre).

Plus précisément, le terme « fréquence(s) radio » est utilisé par l'Union internationale des télécommunications (UIT) pour désigner, de façon générique, les fréquences correspondant aux ondes radio (*radio-frequency spectrum*), c'est-à-dire littéralement celles qui « rayonnent » dans l'environnement. On peut lire dans le règlement des radiocommunications³⁵ de l'UIT la définition suivante : « Ondes radioélectriques ou ondes hertziennes : « Ondes électromagnétiques dont la fréquence est par convention inférieure à 3 000 GHz, se propageant dans l'espace sans guide artificiel » ». Cependant, il est d'usage de considérer la valeur de 300 GHz, limite de l'infrarouge, comme limite haute des radiofréquences (les bandes de fréquences au-delà de 275 GHz étant sans attribution de service).

La limite basse de 8,3 kHz des radiofréquences est issue de la classification de l'UIT, article 5, section 4 (UIT 2012).

Les réseaux radioélectriques déployés actuellement en France (radiodiffusion, télédiffusion, réseaux professionnels, téléphonie mobile, réseaux locaux sans fil, etc.) utilisent principalement des fréquences situées entre 9 kHz et 3 GHz. Compte tenu de la forte utilisation de cette portion du spectre radioélectrique par les systèmes déjà existants, la tendance générale de l'évolution des technologies et des applications sans fil est d'utiliser des fréquences plus élevées, au-delà de 3 GHz.

Caractérisation des expositions

Dans l'environnement actuel, le public est exposé en permanence à un ensemble de rayonnements électromagnétiques (radio FM, GSM, DCS, UMTS, Wi-Fi, RFID, etc.) générant chacun des ondes qui interagissent avec l'environnement. Il se crée ainsi des hétérogénéités dans la distribution spatiale du champ, en raison notamment de phénomènes de résonances ou d'interférences.

Les nouvelles technologies de télécommunications qui se développent utilisent des formes de signaux toujours plus innovantes (4G – LTE, 5G), ainsi que différentes normes de modulations et d'accès tels que FDMA (*Frequency Division Multiple Access*), TDMA (*Time Division Multiple Access*), CDMA (*Code Division Multiple Access*) et UWB (*Ultra-Wide Band*). La nature des signaux contribuant à l'exposition à mesurer est extrêmement complexe (*cf.* Annexe 1 du rapport Anses 2013).

Pour les mesures *in situ*, lorsque la téléphonie mobile est le contributeur principal, le niveau d'exposition le plus important est, dans plus de 60% des cas observés, dans la bande 900 MHz de la téléphonie mobile où il existe actuellement deux technologies : 2G (GSM) et 3G (UMTS). Les nouveaux usages des dispositifs de télécommunications (ex : réseaux 4G) rendent également complexe la comparaison avec l'exposition engendrée par les technologies précédentes. Une campagne de l'Etat menée en 2014 avait montré que le déploiement de la 4G augmentait l'exposition créée par les antennes relais de 11 % (MEDDE 2014). Connaître l'impact de ces nouveaux signaux sur l'exposition nécessite de définir de nouveaux paramètres d'exposition des

³⁴ Hertz (Hz) : unité de la fréquence, qui correspond à un cycle par seconde.

³⁵ Le Règlement des radiocommunications, texte ayant valeur de traité international, est révisé et adopté par les Conférences mondiales des radiocommunications environ tous les quatre ans. Il contient le texte complet du règlement des radiocommunications tel qu'il a été adopté par la Conférence mondiale des radiocommunications (Genève, 1995) (CMR-95), puis révisé et adopté par les Conférences mondiales des radiocommunications, y compris tous les Appendices, Résolutions, Recommandations et les Recommandations UIT-R incorporées par référence.

personnes aux champs électromagnétiques, prenant en compte à la fois l'exposition au téléphone et aux antennes-relais.

En effet, il ne faudrait plus se limiter à une mesure en fréquence « enveloppe moyenne du signal » sur un intervalle donné, mais s'intéresser aussi à d'autres caractéristiques (modulations, bandes de fréquences, formes, niveaux de puissance, etc.).

Pour en savoir plus sur les réseaux radioélectriques et les nouvelles applications, se reporter au chapitre 3 du rapport « radiofréquences et santé » (Anses, 2013). À titre indicatif, des valeurs de champs mesurées à proximité de différents appareils (téléphones, tablettes, etc.) sont fournies au chapitre 4 de ce même rapport.

2.1.5.2 Les articles analysés

Une caractéristique (ou difficulté) de l'EHS est que, contrairement à ce que l'on observe dans la plupart des maladies, aucun modèle animal de l'EHS n'a, à notre connaissance, été proposé à ce jour. En tout état de cause, aucun article mentionnant un tel modèle n'a été trouvé dans la littérature scientifique. Ceci s'explique par la nature purement fonctionnelle des symptômes de l'EHS, qui sont difficiles à objectiver chez l'animal.

En conséquence, les articles portant sur des modèles non pertinents pour l'étude de l'EHS (plantes, larves de Xénope, poulet, etc.) n'ont pas été analysés dans le présent rapport. De même, les articles *in vitro* ou *in vivo* ne traitant pas de mécanismes évoqués dans le cadre des hypothèses émises pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS n'ont pas été analysés.

Des données expérimentales obtenues chez l'animal ont parfois été utilisées dans la présente expertise, pour essayer de comprendre les mécanismes pouvant expliquer les hypothèses avancées par certains scientifiques ou certaines partie-prenantes (médecins et associations notamment) pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS. Il faut souligner que le groupe de travail n'a eu recours à l'analyse d'études *in vitro* ou *in vivo*, que dans le cadre de la recherche de mécanismes d'interaction entre les ondes et la matière vivante. Les conclusions formulées à partir de l'analyse des articles étudiés dans les rapports Afsset (2009) et Anses (2013) ont été rappelées en préambule de chaque paragraphe du chapitre 7.

Les publications scientifiques analysées dans le présent rapport sont principalement des études s'intéressant à des personnes se déclarant EHS :

- études cliniques, portant sur des groupes restreints de personnes sélectionnées en vue, soit de décrire la symptomatologie fonctionnelle, soit de rechercher des marqueurs, soit d'identifier des mécanismes physiopathologiques. Ce type d'étude ne permet pas de savoir si ces personnes sont représentatives de l'ensemble de celles se déclarant EHS ;
- études épidémiologiques, portant sur des échantillons de la population générale et / ou se déclarant EHS ;
- études utilisant les concepts et méthodes des sciences humaines et sociales.

2.1.5.3 Les technologies prises en compte

L'économie numérique entame une nouvelle phase de son évolution, notamment avec le développement de l'Internet des objets³⁶ et la future 5G. Dans les études concernant les

³⁶ En 2025, l'Institut de l'audiovisuel et des télécommunications en Europe (IDATE) prévoit qu'il y aura 155 milliards d'objets connectés. Le domaine potentiellement couvert par les objets connectés est très vaste, on peut citer des domaines d'application comme celui de la santé, des villes intelligentes, du transport avec en particulier les voitures connectées, ou encore celui des objets connectés à l'intérieur d'un domicile. Dans ce dernier cas et à titre d'exemple, il existe des objets que l'on peut contrôler à distance (contrôle d'une chaudière par exemple) ou encore des objets fournissant des informations (température à l'intérieur d'une pièce, capteurs de présence), il existe aussi des connections possibles entre machines (contrôle automatique de la température en fonction de la présence de personnes par exemple et d'un cycle de température souhaité).

personnes se déclarant EHS, l'impact des objets connectés sur les nouveaux usages et sur l'évolution des expositions n'a pas été étudié à ce jour. Faute de données, les expositions dues à ces nouvelles technologies n'ont pas pu être prises en compte dans le cadre de la présente expertise. Les éléments d'information ci-après sont néanmoins fournis pour apporter un éclairage sur le sujet.

Techniquement, les exigences de l'Internet des objets sont très différentes de celles des services traditionnels, en matière de flux de trafic (principalement basé sur la liaison montante), de débit des données (seulement quelques kilobits par seconde sont suffisants) et de qualité de service (comme la garantie de service et de latence pour certaines applications). Pour les objets connectés autonomes en énergie, l'une de leurs limites est leur faible capacité à stocker l'énergie suffisante pour garantir leur autonomie de fonctionnement. Pour cette raison, les puissances émises sont le plus souvent très faibles (typiquement autour de 10 et 25 mW en dessous de 1 GHz) combinées avec des durées d'émission également faibles, du fait des mécanismes de partage de la ressource fréquentielle, qui sont adaptés à la faible quantité des données envoyées par objet. Par conséquent, les niveaux d'exposition sont également très faibles.

La réglementation des objets radioélectriques actuels s'appuie sur la réglementation des équipements de type appareils à faible portée (AFP)³⁷.

Il existe aussi des possibilités de transmission radioélectrique avec des fréquences soumises à autorisation basées sur des technologies existantes, comme celles utilisées pour la téléphonie mobile en GPRS ou UMTS (3G), ainsi que d'autres perspectives intégrant des spécifications dédiées dans les versions de développement LTE actuels (LTE-M et le prochain NB-LTE).

Enfin, d'autres systèmes utilisent le courant porteur en ligne (CPL), comme pour certaines commandes de volets, les compteurs communicants (compteurs *Linky* par exemple) mis en œuvre pour la télé-relève de la consommation électrique ou des « veilles-bébés », pour lesquels l'autonomie électrique n'est pas un aspect critique et les puissances mises en jeu sont également très faibles³⁸. Les compteurs communicants, basés sur des communications radio et CPL, sont en cours de déploiement au niveau national. Bien que souvent cités par les personnes se déclarant EHS comme source de problèmes, ils ne seront pas abordés en tant que tels dans le présent rapport. L'Anses a publié un avis et un rapport relatif à l'évaluation de l'exposition de la population aux champs électromagnétiques émis par les « compteurs communicants » en 2017 (Anses 2017).

Les réseaux mobiles actuels sont essentiellement constitués d'équipements radio à longue portée déployés pour assurer la couverture dans toutes les configurations de terrain, qu'il s'agisse de zones urbaines denses ou de territoires ruraux. À l'avenir, notamment avec l'arrivée de la 5G, cette couverture sera complétée par des petites antennes de moyenne portée pour améliorer la couverture et la connectivité pour tous dans les zones les plus denses, à l'heure où la population utilise de plus en plus les réseaux mobiles.

³⁷ La Recommandation ERC 70-03 (disponible sur <http://www.cept.org/ecc/deliverables>) de la *Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications* préconise divers paramètres d'utilisation des fréquences radio pour appareils à faible portée (AFP) en Europe. Les éventuelles restrictions de mise en œuvre nationale sont précisées en annexe 3 de cette recommandation. Les bandes de fréquences disponibles en France pour les équipements radio de type AFP sont données en Annexe 7 (disponible sur <http://www.anfr.fr/gestion-des-frequences-sites/le-tnrbf/>) du Tableau National de Répartition des Bandes de Fréquences (TNRBF). Ces informations sont, le cas échéant, à compléter par les décisions réglementaires de l'ARCEP (cf. en particulier la décision ARCEP 2014-1263) fixant les conditions d'utilisation de ces bandes de fréquences.

³⁸ La norme EN 50065-1 : 2011 (transmission de signaux sur les réseaux électriques basse tension dans la bande de fréquences de 3 kHz à 148,5 kHz - Partie 1 : Règles générales, bandes de fréquences et perturbations électromagnétiques) prévoit notamment au tableau 1 une émission maximale de 120 à 134 dB μ V pour les appareils monophasés.

2.1.6 Les références bibliographiques proposées par le Comité de dialogue

En complément de la veille bibliographique active réalisée par l'Anses, la liste des publications recensées a été diffusée le 8 décembre 2014 au sein du comité de dialogue « radiofréquences et santé » mis en place par l'Agence en 2011, afin de recueillir d'éventuelles références complémentaires. Les publications relatives à la question de l'EHS, communiquées en retour à l'Agence par des membres du comité de dialogue ont été ajoutées au *corpus* initial et ont été analysées par le groupe de travail lorsqu'elles répondaient aux critères de sélection cités précédemment (cf. § 2.1.1 à 2.1.5).

Les principales raisons d'exclusion des publications ont été les suivantes : articles antérieurs à 2009 (même si sur certains sujets, des références du rapport sont antérieures à cette date, le rapport ne cherche pas à être exhaustif au-delà de celle-ci), articles sur les effets biologiques des radiofréquences ou des extrêmement basses fréquences ne concernant pas directement des personnes se déclarant EHS (parfois déjà analysés dans un précédent rapport de l'Agence), types de publications non pris en compte de manière exhaustive (acte de conférence, revue, thèse, etc. de tels documents ont parfois été cités pour illustrer certains points du rapport, mais tous n'ont pas fait l'objet d'une analyse systématique), études portant sur des modèles non pertinents pour l'EHS, etc.

2.2 Analyse des articles scientifiques

Une analyse systématique et objective de la qualité de tous les articles scientifiques originaux recensés selon les critères de recherche définis précédemment (§ 2.1) a été réalisée par le groupe de travail, selon les modalités définies dans le rapport Anses publié en 2013 (§ 6.2.2, pp108-121).

Les experts du groupe de travail ont mis leurs compétences complémentaires en commun pour analyser collectivement les articles concernant des personnes se déclarant EHS.

Deux sous-groupes ont été formés au sein du groupe de travail « radiofréquences et santé 2 », afin d'analyser les études épidémiologiques, d'une part, et les études cliniques, d'autre part.

Chaque étude épidémiologique a été analysée par deux épidémiologistes, chaque étude clinique a été analysée par un physicien et deux biologistes (ou un médecin et un biologiste).

En pratique, chaque article a donc été analysé dans un premier temps, en détail, par un ou plusieurs experts (jusqu'à 3), qui ont rempli une grille d'analyse. Les experts du groupe de travail, comme tous les scientifiques, doivent avoir une lecture critique des articles scientifiques, prenant en compte les forces et les limites des études, qu'elles aient été discutées par leurs auteurs ou non.

Dans un second temps, ces analyses ont été discutées en réunions de sous-groupe, afin d'apprécier collectivement la qualité de la publication sur le plan méthodologique, en ajoutant une justification et des commentaires à la grille d'analyse des articles.

Le résultat de l'analyse des publications scientifiques est présenté au chapitre 6 du présent rapport.

2.3 Les auditions

Pour réaliser l'expertise, le groupe de travail « Radiofréquences et santé » s'est appuyé sur de nombreuses auditions de médecins, de scientifiques, d'associations et d'élus.

2.3.1 Objectif des auditions

Le principal objectif d'une audition est de donner aux experts du groupe de travail l'opportunité de mieux connaître les opinions des différentes parties prenantes sur la thématique de

l'électrohypersensibilité. L'audition permet également d'obtenir des données, des informations complémentaires de celles issues de la veille bibliographique.

En effet, pour élargir sa vision du sujet, le groupe de travail a souhaité entendre différentes parties prenantes concernées par la question de l'EHS et en a auditionné plus d'une vingtaine, afin notamment :

- de mieux connaître les phénomènes de terrain (parcours et prise en charge des personnes se déclarant EHS par exemple) grâce à des auditions d'associations et de médecins ;
- d'obtenir des compléments scientifiques ;
- d'identifier les attentes des différents acteurs (en matière de prise en charge médicale, de reconnaissance, de recherche, etc.).

2.3.2 Préparation et déroulement des auditions

En vue de préparer l'audition, la personne auditionnée recevait un questionnaire écrit rédigé par l'Anses et les experts du groupe de travail au moins une semaine avant l'audition.

L'audition débutait par une présentation de la personne auditionnée, suivie d'une séance de questions-réponses et d'échanges avec les experts du groupe de travail. Elle durait généralement 1h30 environ.

Dans un souci de transparence et de traçabilité, toutes les auditions ont fait l'objet d'une prise de notes et d'un enregistrement professionnel par un prestataire mandaté par l'Anses (à l'exception des deux premières, celles du Pr Cathébras et du D^r Dupas, qui ont eu lieu avant la mise en place de cette prestation et qui ont fait l'objet d'un simple compte-rendu).

Les verbatim ainsi réalisés ont ensuite été envoyés aux personnes auditionnées pour relecture de leur contenu et d'éventuelles corrections de forme.

En complément de ces auditions (*de visu* ou par téléphone), des contributions écrites ont également été sollicitées sur des questions plus précises du groupe de travail.

2.3.3 Traitement et utilisation des informations obtenues

Tous les verbatim des auditions, après relecture par leurs auteurs, sont publiés en version intégrale en annexe du présent rapport (en version électronique uniquement). Les propos retranscrits appartiennent exclusivement à leurs auteurs.

En parallèle, les experts du groupe de travail ont réalisé un travail d'analyse du contenu de ces auditions. Ils en ont tiré les éléments d'information qui, selon eux, étaient importants et les ont utilisés pour alimenter certaines parties du rapport. Cette restitution, qui appartient aux experts du groupe de travail, n'engage aucune des personnes auditionnées, bien qu'elle s'appuie évidemment sur les entretiens conduits.

2.3.4 Personnes auditionnées

Le groupe de travail de l'Anses a auditionné plus d'une dizaine de médecins (cliniciens, généralistes ou autres spécialités), une scientifique et un sociologue.

Il a également pris connaissance d'éléments de vie des personnes se déclarant EHS à travers les auditions d'associations, notamment celles représentant ces personnes, et celles impliquées dans la thématique « radiofréquences et santé ».

La liste des personnes auditionnées (et celles ayant refusé de l'être) figure dans le Tableau 1 (p 6).

2.4 Recherche et prise en compte de témoignages de personnes se déclarant EHS et autres points de vue sur le sujet

Le groupe de travail de l'Anses a pris connaissance de certains parcours de personnes se déclarant EHS, à travers :

- les travaux de Yannick Barthe, sociologue au Centre national de recherche scientifique (CNRS), à qui l'Anses a demandé d'exploiter un *corpus* de lettres de personnes se déclarant EHS (les résultats des travaux sont présentés au § 3.1 et le verbatim de son audition est disponible en annexe électronique téléchargeable sur le site de l'Anses) ;
- les auditions d'associations et de médecins recevant ces personnes en consultation ;
- la lecture de témoignages individuels sur internet ou dans la presse (cf. § 2.4.3).

Il est nécessaire de garder en mémoire que tout témoignage, pris individuellement, est soumis au biais de sélection de celui-ci (par les médias, par les associations, etc.). La question de la représentativité des témoignages, qui peuvent s'avérer très hétérogène, doit être posée. Pour éviter de tomber dans cet écueil, le groupe de travail a essayé de multiplier et de diversifier les sources, les supports et le nombre de témoignages de personnes se déclarant EHS dont il a pris connaissance.

2.4.1 Témoignages à travers un *corpus* de lettres de personnes se déclarant EHS

Le 22 février 2012, le Collectif des électrosensibles de France lançait une opération destinée à « interpellier directement les autorités sanitaires sur les conséquences des expositions aux radiofréquences et sur l'existence et les conditions de vie des personnes victimes du syndrome d'intolérance aux champs électromagnétiques ». Baptisée « opération visibilité », l'action consistait à inviter les personnes se déclarant EHS à témoigner, sous la forme de courriers adressés aux autorités sanitaires, de leur maladie et de leurs conditions de vie. Au cours des mois qui ont suivi, l'Agence a ainsi constitué un *corpus* de lettres de personnes se déclarant EHS. Les mêmes lettres étaient parallèlement adressées à la Direction générale de la santé³⁹.

Le *corpus* de lettres de personnes se déclarant EHS ainsi constitué comprend 64 lettres, qui ont été exploitées au § 3.1.

2.4.2 Enquête auprès de personnes se déclarant EHS favorables à l'établissement d'une zone blanche

Dans le cadre de la sollicitation de l'Anses sur la faisabilité d'un projet de zone blanche à Saint-Julien-en-Beauchêne⁴⁰ (dans les Hautes-Alpes) envisagé comme un lieu de recherche sur l'EHS, une enquête par questionnaire a été réalisée en collaboration avec les associations porteuses du projet.

Les résultats de cette enquête sont à prendre en compte avec précautions et sont uniquement déclaratifs, concernant une population non représentative de l'ensemble des personnes se déclarant EHS (sans critère de sélection).

L'enquête a été menée de janvier à avril 2015 auprès de personnes se déclarant EHS candidates à l'établissement d'une zone blanche. Le questionnaire comportait cinq questions visant à interroger ces personnes sur :

1. leur intention de séjourner en zone blanche (oui, peut-être, ne sait pas, non) ;
2. la ou les sources auxquelles elles attribuent ces troubles (radiofréquences (RF), basses fréquences (BF), produits chimiques ou autres) ;

³⁹ Depuis, l'opération a été renouvelée et d'autres témoignages ont été produits et mis en ligne à l'adresse Internet suivante : <http://www.electrosensible.org/temoignages/>.

⁴⁰ Ce projet est porté par l'association Zones Blanches qui a été créée dans ce but fin 2014. Michèle Rivasi, députée européenne d'Europe Écologie les Verts, en est la présidente. L'objectif de ce projet serait de créer un lieu d'accueil et de repos pour les personnes se déclarant EHS et de monter sur le site un centre de recherche scientifique. De manière plus générale, l'association se donne pour objet « d'expérimenter, de créer et gérer des sites sans champs électromagnétiques artificiels ».

3. le niveau de sévérité de leurs troubles, en utilisant une échelle à six niveaux allant d'une gêne physique très légère (n'entraînant ni limitation de cette utilisation, ni évitement de cet émetteur ou de cette odeur chimique, et disparaissant avec l'arrêt de l'utilisation ou de la proximité de cet émetteur ou de l'exposition à ces odeurs chimiques) à une intolérance absolue et permanente aux ondes électromagnétiques et/ou aux odeurs chimiques, entraînant une vie quasi recluse dans un lieu protégé et une exclusion sociale ;
4. les thèmes de recherche qu'ils jugent prioritaires ;
5. leur disposition à participer aux projets de recherches sur le site de zone blanche (oui, oui selon les caractéristiques du projet, ne sait pas, non).

Le questionnaire a été relayé auprès de personnes se déclarant EHS par l'intermédiaire de quatre associations : le Collectif des Électrosensibles de France (CESF) (nombre de répondants, n = 167), Une Terre pour les EHS (n = 151), Prévention Ondes Électromagnétiques Drôme (POEM26) (n = 25), et l'association Zones Blanches (n = 9).

Le questionnaire a été diffusé par les associations auprès de leurs membres par voie électronique ou papier. Le nombre total de personnes ayant reçu le questionnaire n'est pas connu. Au total, 352 questionnaires ont pu être recueillis et analysés. Seules les réponses aux questions 4 et 5 sont présentées dans le rapport (*cf.* § 4.3.3.5), dans la mesure où elles fournissent des informations non documentées par ailleurs. Les résultats de ce questionnaire n'ont pas été publiés à ce jour.

2.4.3 Témoignages de personnes se déclarant EHS choisis sur internet ou dans la presse

Le groupe de travail a pris connaissance, de manière indirecte, de nombreux témoignages de personnes se déclarant EHS à travers la presse et des sites internet, tels que :

- le *blog* d'Alexandre Pieroni, qui étudie la sociologie à l'EHESS et travaille sur le thème de l'hypersensibilité aux ondes électromagnétiques⁴¹ ;
- le portail des électrosensibles de France, qui rassemble plus d'une centaine (125 le 21/12/2014) de témoignages de personnes électrohypersensibles⁴² ;
- le *blog* d'un électrosensible, qui raconte son parcours personnel⁴³ ;
- les livres « Schproum » (Actes Sud, 2013) de Jean-Yves Cendrey et « Sous l'ondée » (Inadvertance, 2012) de Marine Richard.

2.5 La consultation publique

2.5.1 Objectif

Considérant l'importance, la complexité et la sensibilité du sujet, l'Agence a souhaité porter le rapport d'expertise dans un état pré-définitif, c'est-à-dire sans conclusion ni recommandation, à la connaissance des membres de la communauté scientifique et des parties prenantes intéressées, afin de recueillir leurs commentaires éventuels. La consultation publique visait à recueillir des données et commentaires scientifiques susceptibles d'être pris en compte dans l'élaboration finale du rapport d'expertise.

⁴¹ <http://quelques-cas-isoles.blogspot.fr/2014/08/sadapter-agnes.html>

⁴² <http://www.electrosensible.org/temoignages/index.php>

⁴³ <https://electroallergique.wordpress.com/>

2.5.2 Procédure

L'information de la mise en place de la consultation publique a été rendue publique sur le site internet de l'Anses, et diffusée auprès des directions générales des ministères concernés (Direction générale de la santé, Direction générale de la prévention des risques), de personnalités scientifiques et de parties prenantes. Le recueil des commentaires a été effectué par l'intermédiaire d'un formulaire en ligne disponible sur le site internet de l'Agence.

2.5.3 Calendrier

La consultation publique du rapport pré-définitif « Hypersensibilité électromagnétique ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques » a été ouverte du 27 juillet au 15 octobre 2016.

2.5.4 Modalités de prise en compte des commentaires reçus

Les commentaires et données scientifiques recueillis dans le cadre de la consultation publique ont été pris en considération aux conditions suivantes :

- qu'ils aient été soumis avant la date limite fixée pour la période de consultation ;
- qu'ils aient fait explicitement référence aux paragraphes, pages et lignes précis du rapport faisant l'objet de la consultation ;
- qu'ils ne concernent pas des recommandations en matière de gestion des risques ;
- qu'ils ne comportent pas de plaintes contre des institutions, d'accusations personnelles ou de déclarations injurieuses ;
- qu'ils soient accompagnés des références bibliographiques des sources citées.

Tous les commentaires ont été analysés un à un avec des experts rapporteurs et une réponse a été rédigée pour chacun. Chaque réponse a ensuite été validée par l'ensemble du groupe de travail.

Un bilan des commentaires reçus lors de la consultation publique ainsi que des réponses apportées est publié en Annexe 17 du rapport d'expertise.

L'intégralité des commentaires reçus ainsi que les réponses associées ont été rassemblés dans un tableau disponible sur le site internet de l'Anses (<http://www.anses.fr>).

3 Qu'est-ce que l'EHS ? Peut-on la définir ?

Comme cela a été précisé dans l'introduction (cf. § 1.2), le terme d'« hypersensibilité électromagnétique » (EHS) désigne le même phénomène que celui d'« intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques » (IEI). Lors de sa conférence de 2004 consacrée à cette question, l'OMS a retenu trois critères pour caractériser l'intolérance environnementale idiopathique aux champs électromagnétiques (IEI-CEM), à savoir :

- la perception par les sujets de symptômes fonctionnels divers non spécifiques⁴⁴ (troubles du sommeil, maux de tête, symptômes cutanés, etc.) ;
- l'absence d'évidence clinique et biologique permettant d'expliquer ces symptômes ;
- l'attribution, par les sujets eux-mêmes, de ces symptômes à une exposition à des champs électromagnétiques, eux-mêmes diversifiés (OMS, 2006).

Il faut préciser que, pour l'OMS, « l'IEI est un descripteur n'impliquant aucune étiologie chimique ou aucune sensibilité de type immunologique ou électromagnétique. Ce terme regroupe un certain nombre de troubles ayant en commun des symptômes non spécifiques similaires, qui restent non expliqués sur le plan médical et dont les effets sont préjudiciables pour la santé des personnes. »

3.1 Lecture sociologique d'un *corpus* de lettres de personnes se déclarant EHS

3.1.1 Constitution d'un *corpus* de lettres de personnes se déclarant EHS

Le *corpus* de lettres que des personnes se déclarant EHS ont adressé à l'Anses suite à une opération du Collectif des électrosensibles de France lancée le 22 février 2012 (cf. § 2.4.1) comprend 64 lettres.

Afin de faciliter la rédaction des courriers, le collectif avait diffusé au préalable un guide composé de thèmes pouvant être abordés, chacun de ces thèmes regroupant une série de questions (cf. Encadré 1).

Encadré 1 : thèmes pouvant être abordés dans les lettres du corpus

L'historique de votre intolérance ou de votre maladie : comment avez-vous découvert votre intolérance aux champs électromagnétiques ? Quand et comment avez-vous fait le lien avec l'exposition aux champs électromagnétiques ? etc.

Le tableau clinique : quels sont les symptômes qui vous touchent ? À quel niveau de gravité ?

Les sources d'émission qui vous sont nuisibles : quelles sources déclenchent les symptômes ? Avez-vous réalisé des mesures d'exposition ?

Les actions que vous avez mises en œuvre : avez-vous dû déménager ? Avez-vous entrepris des actions auprès de votre employeur ? Auprès des opérateurs ? etc.

La nature de la prise en charge médicale et les difficultés rencontrées : êtes-vous suivi médicalement ? Votre médecin a-t-il suffisamment d'informations pour vous prendre en charge efficacement ? etc.

La situation administrative dans laquelle vous vous trouvez et les difficultés rencontrées : quelles ont été les conséquences sur votre activité professionnelle ? Travaillez-vous toujours ? etc.

⁴⁴ Un signe clinique est dit non spécifique lorsqu'il peut être l'expression clinique de plusieurs maladies différentes. Au contraire, un signe clinique est dit spécifique lorsqu'il permet d'orienter le diagnostic vers une ou un groupe de pathologies.

Les conséquences sur votre vie : votre entourage comprend-il votre problème ? Quelles sont les conséquences sur votre vie sociale ? etc.

Par ailleurs, le collectif invitait les personnes à apporter leur témoignage en étant « le plus concis et courtois possible pour un meilleur impact », précisant même qu'« un courrier d'une seule page allant à l'essentiel peut être suffisant ». Il leur demandait également de rester centré sur leur témoignage et d'éviter « de faire des revendications, car cela nécessit[ait] réflexion et débat entre toutes les associations ».

3.1.1.1 Le corpus de lettres et son cadre

Le *corpus* de lettres de personnes se déclarant EHS ainsi constitué comprend 64 lettres, dont 20 manuscrites.

Les courriers sont de longueur très inégale : certains témoignages sont très succincts (une page) tandis que d'autres sont plus détaillés et parfois accompagnés de documents (coupures de presse, rapports d'expertise et certificats médicaux).

Ce *corpus* présente plusieurs limites qui obligent à faire rester prudent à l'égard des généralisations. Bien qu'il permette d'avoir accès à l'expérience de personnes se déclarant EHS, rien ne permet d'affirmer que les témoignages recueillis dans le cadre de cette opération soient représentatifs de l'ensemble de la population concernée. En effet, les « biais de recrutement », pour utiliser le vocabulaire des épidémiologistes, sont ici évidents. Tout d'abord, ces témoignages sont le fait de personnes dont on peut supposer qu'elles sont plutôt proches des associations engagées dans ce domaine, et notamment du Collectif des électrosensibles de France. En second lieu, même si cela peut paraître trivial de le rappeler, la rédaction d'un témoignage suppose une certaine maîtrise de l'écriture. Enfin, et surtout, ces témoignages sont portés par des personnes ayant acquis la conviction qu'elles sont EHS, ce qui écarte celles qui sont davantage dans le doute ou dans un processus de questionnement, ou qui ne s'estiment pas suffisamment affectées pour se reconnaître en tant qu'EHS.

Au-delà de ces « biais de recrutement », une autre limite du *corpus* tient au fait que ces témoignages ne sont pas complètement « ouverts », puisque le collectif avait diffusé au préalable un guide de rédaction (cf. Encadré 1).

Enfin, une analyse statistique des données serait peu fiable compte tenu du nombre restreint de personnes qui témoignent et de « biais » liés aux différences d'âge, de genre, de localisation géographique, etc.

Il est vraisemblable que ce guide ait facilité l'écriture des témoignages, qu'il ait influencé les réponses, notamment en contribuant à limiter certains développements qui auraient été intéressants pour l'analyse. Il en résulte le plus souvent des histoires « à trous » qui ne vont pas sans procurer un sentiment de frustration chez le lecteur : certains raccourcis suscitent en effet des questions condamnées à rester sans réponse, notamment en ce qui concerne la manière dont ces personnes ont établi un rapprochement entre certains symptômes et les champs électromagnétiques auxquels elles étaient exposées. Il s'agit d'une limite que la situation d'entretien, en donnant à l'enquêteur la possibilité d'une relance, permettrait sans nul doute de dépasser.

Enfin, tous ces courriers étaient orientés vers un but précis : convaincre de la réalité de la maladie, ce qui a conduit le plus souvent les auteurs à insister sur certains aspects plutôt que d'autres (les symptômes au détriment de leurs conséquences sur la vie sociale par exemple) et à afficher des certitudes au sujet de l'origine de leurs problèmes de santé, passant sous silence le cheminement, les doutes ou les tâtonnements qui ont pu éventuellement marquer le processus de découverte de l'EHS. Cela étant, les lettres montrent directement le ressenti et le vécu de leurs auteurs.

3.1.1.2 Travail exploratoire réalisé à partir du corpus

Il convient de préciser au préalable qu'il ne s'agit pas ici de présenter les résultats d'une recherche sociologique aboutie sur les personnes se déclarant EHS, laquelle nécessiterait de déployer des techniques d'enquête appropriées comme la conduite d'entretiens approfondis. Ce travail s'inscrit

plutôt dans une démarche exploratoire : compte tenu des limites du *corpus* (cf. paragraphe précédent), sa seule ambition était de dégager quelques thèmes et hypothèses de recherche qui pourraient nourrir, le cas échéant, des investigations plus poussées sur le sujet.

Avant d'aller plus loin, une autre précision mérite d'être apportée. Elle concerne le rôle des sciences sociales dans ces domaines. Quand elles prennent pour objet des maladies inexplicables ou controversées, les sciences sociales sont souvent enrôlées dans une entreprise de « déréalisation » de ces maladies (c'est-à-dire pour justifier leur caractère irréal, dénué de sens ou de cohérence). Elles entrent alors, parfois de plein gré, mais le plus souvent à leur corps défendant, dans un débat sur l'étiologie des maladies en question. Or, à nos yeux, tel n'est pas le rôle des sciences sociales, lesquelles n'ont pas les compétences pour ce faire⁴⁵. Tout au plus peuvent-elles prendre pour objet les efforts entrepris par les acteurs qu'elles étudient, qu'il s'agisse de « profanes » ou de « spécialistes », pour construire des hypothèses causales et les doter d'une certaine robustesse. Par ailleurs, des études de neurosciences pourraient aider à montrer les circuits neurosensoriels impliqués dans le développement des maladies inexplicables.

Après avoir évoqué les symptômes rapportés dans les témoignages, les éléments sur lesquels les personnes se déclarant EHS s'appuient pour attester de la réalité de la maladie et réfuter l'hypothèse de son origine psychologique seront présentés. Dans la suite du texte, nous tenterons de distinguer, en dépit de la singularité de chaque témoignage et donc de l'hétérogénéité des situations, deux grands modes de découverte de l'EHS (cf. § 3.1.4). La manière dont ces personnes cherchent à convaincre les autorités sanitaires de la réalité de leur maladie sera également abordée à l'occasion de ce travail. Enfin, l'ambivalence qui caractérise parfois leur rapport à la médecine (entre critique des médecins et désir de médicalisation), ainsi qu'à leur propre statut de malade (entre victime des ondes et sentiment d'appartenance à une avant-garde) sera étudiée.

À la lecture du *corpus* de ces lettres, la principale impression qui se dégage est celle d'une grande hétérogénéité de situations, de parcours, et de manières de vivre la maladie. Cependant, dans le même temps, se dégage aussi un sentiment de répétition comme si, au-delà de la diversité des expériences, il était possible de repérer des thèmes récurrents ou des points communs. C'est précisément ce que nous avons cherché à faire dans le cadre du travail présenté ci-après.

Les auteur(e)s des lettres qui composent le *corpus* étaient le plus souvent des femmes (54 sur 64). Leur âge n'est pas toujours précisé mais il était souvent supérieur à 45 ans.

3.1.2 Objectif de ces témoignages

Tous les témoignages du *corpus* interviennent dans le cadre d'une opération visant à *convaincre* les autorités sanitaires de la réalité d'une maladie émergente, l'EHS, jugée mal comprise et insuffisamment reconnue. Cette opération intervient également en réaction à la consultation psychiatrique mise en place dans le cadre d'un Programme Hospitalier de Recherche Clinique (PHRC)⁴⁶ dirigé par le Professeur Choudat de l'hôpital Cochin, et visant à proposer une aide pour

⁴⁵ D'autres auteurs, par exemple Greco (2012), ont néanmoins une position différente sur ce rôle (Greco 2012).

⁴⁶ L'étude porte sur la sensibilité des patients vis-à-vis de leur exposition, ainsi que sur leur état de santé et leur qualité de vie. Il était prévu d'inclure une centaine de personnes présentant un syndrome d'intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques. Le recueil de données de cette étude pilote, nationale, multicentrique s'est achevé en 2015.

« Il s'agit [...] d'évaluer l'efficacité de cette prise en charge médicale individualisée reposant sur l'amélioration de leur état de santé, de leur qualité de vie et de leur sensibilité exprimée, au moyen de questionnaires vis-à-vis des expositions. Les critères d'inclusion, ont été très larges. Ils reposaient [...] sur la déclaration par les patients eux-mêmes de leur intolérance. Il n'y avait pas de questionnaire permettant de spécifier si les personnes étaient réellement intolérantes ou pas » [Audition du Dr Lynda Bensefa-Colas et du Pr Choudat le 12 juin 2014].

les personnes se déclarant EHS qui étaient en souffrance. Le projet a été accusé par les associations de n'avoir pour seul objectif que celui de conforter la thèse de l'origine psychosomatique de la maladie⁴⁷.

3.1.2.1 Un contre-discours

Aussi, à travers le *corpus* de lettres étudié, le discours des personnes se déclarant EHS apparaît d'abord comme un contre-discours, dans la mesure où il cherche à mettre en évidence un nouveau syndrome. Il est orienté vers l'anticipation de ce qui apparaît à leurs yeux comme un déni de réalité, à savoir l'imputation des symptômes à une cause d'ordre psychologique. Afin d'écartier la thèse psychogène, les auteurs des lettres s'attachent notamment à montrer que la maladie n'a rien à voir avec un état dépressif préalable et que, de manière générale, rien ne les prédisposait à souffrir de tels symptômes. Les témoignages sont ainsi fondés sur un fort contraste entre un « avant » et un « après » et décrivent souvent une vie saine et équilibrée avant que « tout bascule » : « j'étais sportive », « je bénéficiais jusque-là d'une bonne santé », « je faisais du sport et attention à mon alimentation », « je ne suis pas un technophobe », « je suis quelqu'un de travailleur et de positif », « mariée, deux enfants et un grand nombre d'amis et de connaissance », « je réfute d'emblée l'idée que les personnes se disant EHS seraient des individus faibles, isolés, peu qualifiés, et se sentant dépassés par les évolutions technologiques ». « J'appréciais les dimensions pratiques du téléphone portable. J'avais une santé excellente, un sommeil de qualité supérieure. Je n'étais pas hypocondriaque ».

Le rejet de la thèse psychogène s'exprime également lorsque sont relatées des expériences malheureuses avec certains médecins, à qui il est souvent reproché un manque d'écoute et un *a priori* marqué pour l'explication psychologisante. Ces réactions du corps médical sont jugées incompréhensibles et dommageables, *a fortiori* lorsque les psychologues consultés par les patients eux-mêmes ont déjà écarté ce type d'explication psychologisante ou bien n'ont en rien contribué à l'amélioration de l'état physique de leurs patients.

3.1.2.2 Un témoignage

Pour convaincre de la réalité d'une maladie liée aux ondes, il ne suffit pas de réfuter les hypothèses psychologisantes ; il s'agit également de faire état d'un certain nombre d'éléments factuels qui, aux yeux des personnes se déclarant EHS, valent comme autant de preuves du phénomène d'intolérance aux champs électromagnétiques. Ces preuves, ce sont d'abord les souffrances du corps et les douleurs⁴⁸ parfois insupportables ressenties au contact des ondes : « Venez me voir et vous verrez les conséquences de 42 Wi-Fi et au moins autant de DECT dans mon logement d'un grand immeuble d'habitation collectif ! » écrit par exemple une personne tandis que d'autres, en raison de ces douleurs, affirment avoir développé une capacité de détection de champs électromagnétiques : « je suis devenue un détecteur d'antennes ».

Par ailleurs, les témoignages s'appuient souvent sur le constat d'une proximité temporelle entre l'apparition des symptômes et l'exposition à une source électromagnétique pour renforcer l'hypothèse d'un lien de causalité entre les deux événements. Quand les douleurs sont

⁴⁷ « Etude de Cochin sur l'électrosensibilité ou chronique d'un résultat annoncé », Communiqué de presse Collectif des électrosensibles de France - Priartem – Le Lien, 16 février 2012 : http://www.priartem.fr/IMG/pdf/Communique_de_presse_-_Priartem_et_Collectif_EHS_160212_pour_site.pdf.

⁴⁸ « C'est à des signes, donc à la sémiologie, que psychiatrie et phénoménologie s'adressent d'un commun accord pour justifier leur emploi distinct des termes douleur et souffrance : on s'accordera donc pour réserver le terme douleur à des affects ressentis comme localisés dans des organes particuliers du corps ou dans le corps tout entier, et le terme souffrance à des affects ouverts sur la réflexivité, le langage, le rapport à soi, le rapport à autrui, le rapport au sens, au questionnement, etc. Mais la douleur pure, purement physique, reste un cas limité, comme l'est peut-être la souffrance supposée purement psychique, laquelle va rarement sans quelques degrés de somatisation. Ce chevauchement explique les hésitations du langage ordinaire » (Ricœur 1994).

« soudaines et brutales » au contact d'une source, il est considéré comme évident que cette dernière en est la cause.

Ce qui fait preuve, à travers les témoignages du *corpus* de lettres, ce sont également les expériences que ces personnes sont amenées à conduire dans leur vie quotidienne qui viennent renforcer leur conviction. Il peut s'agir du constat que les symptômes diminuent voire disparaissent avec l'éloignement d'une source électromagnétique jugée nuisible, à l'occasion par exemple d'un déménagement, d'un changement de travail, ou d'une semaine de vacances. D'autres témoignages évoquent les améliorations en matière de bien-être apportées par l'aménagement du domicile ou du poste de travail, qui consiste le plus souvent à supprimer autant que faire se peut les sources électromagnétiques. C'est enfin le « soulagement immédiat » provoqué par l'utilisation de protections anti-ondes, comme le port d'un voile, qui est présenté comme une autre preuve du phénomène de l'EHS.

En outre, bien que les témoignages relatent des expériences personnelles, le caractère collectif du phénomène constitue souvent pour ces personnes la confirmation de la réalité de la maladie. Ainsi, c'est grâce à la comparaison avec les symptômes rapportés par des personnes se déclarant EHS (dans les associations ou sur les sites internet) que des individus en viennent à se reconnaître eux aussi comme EHS. La mention récurrente de symptômes partagés par d'autres permet de « désingulariser » son cas personnel et d'avancer un autre type de preuve, la « preuve par le nombre ».

Enfin, la mise en avant d'un savoir pratique et « profane » au sujet des effets des ondes n'empêche pas que l'autorité médicale soit mobilisée pour attester de la réalité du phénomène. Nombreuses sont les personnes qui précisent que l'hypothèse d'une intolérance aux champs électromagnétiques a été proposée par un médecin.

3.1.3 Les symptômes rapportés

Le thème du « tableau clinique » est systématiquement abordé dans les témoignages. Sans proposer de statistiques qui n'auraient guère de sens sur un échantillon de cette taille, les symptômes rapportés sont regroupés en trois catégories dans le Tableau 3 ci-dessous :

Tableau 3 : symptômes ou pathologies rapportés dans les lettres

Symptômes ou pathologies les plus fréquents	<ul style="list-style-type: none"> • troubles du sommeil, parfois insomnies totales, réveils soudains et douloureux • maux de tête violents • vertiges, nausées • problème de concentration et perte de mémoire • démangeaisons, eczéma, fourmillements dans les doigts • irritabilité, crise d'angoisse • acouphènes, sifflement dans l'oreille • douleurs cervicales • sensations d'échauffement ou de perforation de l'oreille • sensations de brûlure aux extrémités
Symptômes ou pathologies moins fréquents mais récurrents (moins mentionnés mais qui apparaissent à plusieurs reprises)	<ul style="list-style-type: none"> • malaises • saignements de nez • douleurs abdominales • troubles intestinaux • troubles cardiaques (palpitations) • dyslexie, aphasie, problème d'élocution • tension nerveuse et douleurs à la mâchoire
Symptômes ou pathologies plus rares (mentionnés dans un ou deux témoignages seulement)	<ul style="list-style-type: none"> • diabète • troubles de la vue • inflammation de la thyroïde • troubles de l'équilibre • crampes • intolérance à la chaleur • intolérance à la lumière naturelle • décharges électriques dans les bras et les jambes • confusion mentale • infarctus • hématomes • perte de cheveux

Remarque : les symptômes ou pathologies à l'intérieur de chacune des trois catégories ne sont hiérarchisés ni par fréquence, ni par gravité.

3.1.4 La découverte de l'EHS

En dépit de la singularité de chaque témoignage, et donc de l'hétérogénéité des situations, on peut distinguer deux grands modes de découverte de l'EHS. Dans un premier type de situation, l'EHS arrive au terme d'un questionnement déjà ancien relatif à des maladies qui étaient jusque-là demeurées inexplicables. Dans un deuxième type de situations, des symptômes apparaissent brutalement et sont immédiatement reliés à une exposition aux ondes.

3.1.4.1 La découverte d'une cause *a posteriori* : l'EHS comme « point d'arrivée »

Si nous avons évoqué plus haut le contraste entre un « avant » et un « après » l'EHS, cette rupture n'est cependant pas toujours nette selon les personnes. Beaucoup d'entre elles ne se déclarent EHS qu'après un long parcours de problèmes de santé inexplicables et dont la prise en charge médicale n'a pas été jugée efficace. La découverte d'une possible intolérance aux champs électromagnétiques est alors l'aboutissement d'un long cheminement, marqué par de nombreuses consultations médicales, des traitements inefficaces, et un questionnement permanent sur les causes énigmatiques des symptômes présentés par la personne malade (cf. liste de symptômes évoqués dans le Tableau 3).

Dans ce type de situation, la découverte de l'EHS n'est donc pas immédiate, ni évidente. Elle est le fruit d'un travail de déduction, de recoupements d'indices, d'expériences personnelles

accumulées. Elle résulte également de recherches et de lectures diverses sur le sujet qui fournissent d'abord une piste considérée comme plausible par les personnes, et qui finissent par emporter leur conviction sur le lien de causalité. Les différentes affaires évoquées dans la presse au sujet des antennes sont souvent l'occasion de prendre connaissance de l'EHS, de découvrir l'existence d'associations de personnes se déclarant EHS et la littérature produite sur le sujet.

Se reconnaître comme EHS apparaît alors parfois, dans certains témoignages, comme un soulagement. C'est une sorte de point d'arrivée. Ce diagnostic ne fait certes pas disparaître les symptômes, mais d'une certaine manière, il peut mettre fin à une incertitude parfois devenue insupportable.

3.1.4.2 L'EHS comme « point de départ »

Dans ce second type de trajectoire, la découverte de l'EHS est quasiment concomitante à l'apparition des symptômes. C'est un événement soudain, un choc brutal qui frappe des personnes qui déclarent ne pas présenter jusque-là de problèmes de santé particuliers. L'apparition de douleurs violentes est immédiatement reliée à une source d'exposition et, dans l'esprit de ceux qui en sont victimes, le lien de causalité ne fait guère de doute.

Par la suite, l'aggravation des symptômes, de même que les lectures sur le sujet, ne font que confirmer cette conviction initiale, tandis que la connaissance de cas similaires apporte un peu de soulagement : « [cela m'a fait] un bien fou de voir que je ne suis pas la seule et tout ça pouvait être déjà vécu par d'autres ».

Contrairement au cas précédent, l'EHS est ici un point de départ. C'est un basculement, le début d'une nouvelle vie. Loin d'apporter le moindre soulagement, le diagnostic posé par certains des médecins consultés suscite davantage de questions qu'il n'apporte de réponses, d'autant plus quand les examens médicaux relient l'EHS à d'autres formes d'intolérances (aux odeurs chimiques ou aux amalgames dentaires par exemple) (cf. § 3.8). Dans les témoignages, l'angoisse et le désarroi s'expriment alors sur la manière dont vont évoluer les symptômes et sur la façon d'y faire face au quotidien.

3.1.5 Vivre avec les symptômes de l'EHS

L'attitude des personnes se déclarant EHS vis-à-vis des symptômes et les « stratégies » mises en œuvre (notamment individuellement par les personnes) pour en amoindrir les effets sur la qualité de vie sont, bien entendu, fonction de leur gravité. D'une manière générale, la plupart des témoignages font état d'un quotidien marqué par de multiples stratégies d'évitement. Il peut s'agir, dans certains cas, de simplement limiter l'utilisation du téléphone mobile, dans d'autres de bannir complètement son usage ainsi que celui d'autres appareils (téléphones DECT, Wi-Fi). Cette stratégie d'évitement peut conduire certaines personnes à déménager pour élire domicile dans des zones rurales jugées moins exposées ou, à défaut, à multiplier les séjours en milieu non urbanisé dès que la possibilité se présente (une personne parle même de « fuite à la campagne »). Dans ces cas extrêmes, elle peut les conduire également à changer de travail, ou à quitter le marché du travail. L'évitement, ici, s'apparente à l'éloignement : éloignement des zones urbaines, des antennes, des endroits peuplés, des transports en commun, du lieu de travail, etc.

Dans les situations moins extrêmes, la gestion de l'EHS passe alors par des tentatives visant à réduire autant que possible les sources d'exposition, tant sur le lieu de vie que sur le lieu de travail. Certaines de ces personnes font l'objet de nombreux arrêts maladie et, parfois, entreprennent des démarches qui ne sont pas toujours couronnées de succès auprès de la famille, l'employeur, des collègues, des voisins, afin de les convaincre de remplacer les téléphones sans fil ou de couper le Wi-Fi.

Une troisième stratégie vise moins à s'éloigner des sources d'exposition ou les réduire qu'à s'en protéger, par exemple en entreprenant des travaux d'aménagement du domicile, d'ailleurs souvent jugés très coûteux, comme l'installation de rideaux anti-ondes ou l'achat de cages de Faraday. Cela passe aussi par le port de divers tissus anti-ondes ou d'autres accessoires plus atypiques tel qu'un « médaillon individuel *Méga-protect* ».

Enfin, pour diminuer les symptômes, ces personnes entreprennent très régulièrement de changer leurs habitudes alimentaires et, souvent sur recommandations médicales, d'y associer des compléments alimentaires (vitamine C, oméga 3, *Ginkgo biloba*, etc.). Par ailleurs, certaines d'entre elles expérimentent des médecines alternatives et complémentaires comme l'acupuncture. Les résultats de ces divers traitements ne sont pas décrits de manière très claire dans les courriers, même si un mieux-être provisoire est parfois évoqué.

3.1.6 Besoin de reconnaissance

Quels que soient les trajectoires et les modes de découverte de la maladie, la plupart des témoignages font apparaître un besoin de reconnaissance, tout d'abord vis-à-vis des professionnels de santé, ensuite à l'égard du statut de personne EHS.

3.1.6.1 Le rapport aux professionnels de santé

Dans la plupart des courriers étudiés, les médecins sont dénoncés pour leur méconnaissance de la maladie, leur incapacité explicative, et surtout leur tendance à privilégier une approche psychologisante du problème, laquelle s'accompagne parfois d'un certain mépris à l'égard des plaintes exprimées par les personnes se déclarant EHS

Cela n'empêche pas que certains médecins soient considérés comme de véritables « héros » ou « résistants », et cela en dépit de traitements dont l'efficacité à long terme n'est jamais avérée dans les témoignages. Ces médecins sont alors les seuls à être qualifiés de « médecins indépendants ».

Par ailleurs, la critique des médecins s'accompagne souvent d'un désir de médicalisation. La plupart des personnes se déclarant EHS expriment ainsi le désir d'être « pris au sérieux » par le corps médical, et elles ne désespèrent pas d'obtenir grâce à la recherche scientifique et médicale, ainsi que grâce à un dialogue plus compréhensif avec les médecins, un traitement adapté à leurs problèmes de santé.

3.1.6.2 Le rapport au statut de « victime »

Ces personnes se considèrent comme victimes, mais essaient d'améliorer leur état en faisant appel à des solutions diverses.

D'un côté, ce que réclament la plupart du temps les personnes se déclarant EHS dans leurs témoignages, c'est la reconnaissance officielle d'un statut de victime. Cette reconnaissance serait à leurs yeux un premier pas, qui permettrait de nourrir l'espoir de bénéficier un jour de traitements adaptés et dans l'immédiat d'obtenir une prise en charge financière. Les difficultés financières engendrées par la maladie (consultations, traitements, travaux d'aménagement, perte d'emploi, etc.) sont d'ailleurs omniprésentes dans les témoignages. Les personnes se vivent donc comme des victimes, et tous les courriers évoquent une « détresse », un sentiment d'« impasse », un « cauchemar », un « isolement », une « incompréhension », etc.

Dans le même temps, les courriers font parfois apparaître d'autres manières, plus positives, de vivre en tant qu'EHS. D'une part, on l'a dit, la découverte de l'EHS apparaît dans certains cas comme une forme de soulagement : une personne évoque ainsi le « grand réconfort de mettre enfin un mot sur mes maux : l'EHS ». Le diagnostic met fin à une incertitude souvent devenue insupportable mais peut donner une réalité plus grande à la maladie. Une fois le diagnostic posé, c'est, au contraire, un sentiment de certitude qui est affiché par les personnes se déclarant EHS, quelles que soient les épreuves ultérieures (par exemple un déménagement qui ne résout en rien le problème ou des traitements qui se révèlent rapidement sans effet).

D'autre part, si la maladie est vécue comme un stigmate, ce dernier est parfois retourné et c'est alors le sentiment d'appartenir à une « avant-garde » qui s'exprime, comme dans ces quatre extraits :

« Aujourd'hui j'ai grandi, la vie m'a appris à ne pas en avoir honte [de l'EHS] et même au contraire je suis heureuse de le dire haut et fort car je fais partie de cette communauté de gens qui a envie que les choses bougent, qui n'a pas envie de se laisser diriger par les lobbies qui ne connaissent même pas le mot "prévention" ou "empathie" ».

« Nous sommes les premiers témoins et précurseurs d'une pathologie à venir. »

« Globalement je me heurte rarement au scepticisme quant à la relation de causalité posée entre mes symptômes et une exposition aux champs électromagnétiques. J'ajoute que j'ai appris à considérer l'incrédulité avec fatalisme puisque je sais que l'avenir me donnera raison. »

« J'ai constamment l'impression d'avoir deux ans d'avance sur des personnes qui en ont trois de retard. »

L'existence d'associations de personnes se déclarant EHS, en rompant l'isolement social de ces personnes, est sans doute pour beaucoup dans cette possibilité de retournement de la stigmatisation et ce sentiment d'être « en avance » sur le reste de la société. Beaucoup de témoignages mentionnent ainsi le courage des associations et les auteurs des courriers reconnaissent la chance qu'ils ont eu, grâce à elles, d'« écouter des personnes extraordinaires comme Étienne Cendrier⁴⁹ et Michèle Rivasi⁵⁰ ». Toutefois, si le rôle des associations est unanimement reconnu, c'est surtout qu'elles permettent d'avoir accès à l'information, qu'elles permettent à certaines personnes de comprendre ce qui leur arrive et, comme le dit l'une d'entre elles, de « faire avancer la machine ». Mais il n'est pas attendu des associations qu'elles fournissent des pistes de traitement, ni qu'elles aident à gérer au quotidien la maladie. C'est pourquoi, en définitive, c'est à l'État et à la recherche médicale que ces courriers ont été adressés.

3.2 Description des caractéristiques socio-démographiques des personnes se déclarant EHS

Le groupe de travail de l'Anses n'a pas eu connaissance d'étude spécifiquement consacrée aux caractéristiques socio-démographiques des personnes se déclarant EHS. Toutefois, il a pu collecter quelques données sur le sujet (notamment sur le genre, l'âge et le niveau éducatif des personnes se déclarant EHS) dans des études épidémiologiques qui les mentionnaient.

Le plus souvent des femmes

Les personnes se déclarant EHS recrutées dans les études sont en majorité des femmes. En effet, il y a 57 % de femmes dans l'article de Rössli *et al.* (2004), 73 % de femmes dans celui de Bergdahl *et al.* (2004), 54,5 % dans celui de Schreier *et al.* (2006), 68 % dans celui de Schooneveld et Kuiper (2007), 58,5 % dans celui de Landgrebe *et al.* (2008b), 72,3 % dans celui de Rössli *et al.* (2010), 80,9 % dans celui de Hagström *et al.* (2013) et 72,5 % dans celui de Dieudonné (2016).

On retrouve également cette tendance dans le corpus de lettres étudiées par Barthe au § 3.1 : cinquante-quatre des soixante-quatre lettres (soit 84,4 %) ont été écrites par des femmes.

Un âge moyen souvent supérieur à 45-50 ans

Dans la majorité des études, l'âge moyen des personnes se déclarant EHS est supérieur à 50 ans au moment de l'étude : 51 ans dans l'article de Rössli *et al.* (2004), 50,5 ans dans celui de Landgrebe *et al.* (2008b), 55,4 ans dans celui de Hagström *et al.* (2013), 58,5 ans dans celui de Baliatsas *et al.* (2014) et 51 ans dans celui de Dieudonné (2016).

Lorsque l'âge des auteurs des lettres du corpus (*cf.* § 3.1) est précisé, il est souvent supérieur à 45 ans.

Un niveau éducatif généralement supérieur

Dans les études, les personnes se déclarant EHS sont généralement de niveau éducatif supérieur à celui de la population générale. Dans l'article de Rössli *et al.* (2004), 40 % des personnes se déclarant EHS ont fait des études supérieures, contre 17 % des témoins ($p < 0,001$). Dans l'article de Van Dongen *et al.* (2014), 52,7 % des personnes appartenant à une association d'EHS ont fait

⁴⁹ Etienne Cendrier est membre fondateur et porte-parole de l'association Robin des Toits.

⁵⁰ Michèle Rivasi est députée européenne, membre d'Europe Écologie Les Verts (EELV).

des études supérieures ; ce pourcentage est significativement différent ($p < 0,05$) de celui des autres groupes, à savoir 22,2 % parmi les personnes se déclarant EHS mais n'appartenant pas à une association et 26 % parmi les témoins. De même, dans l'article de Schröttner et Leitgeb (2008), 12,0 % des personnes se déclarant EHS ont fait des études universitaires, mais seulement 9,5 % des témoins.

Seul l'article de Rööslü *et al.* (2010) fait figure d'exception, avec 37,7 % des personnes du groupe se déclarant EHS ayant fait des études supérieures, contre 48,5 % chez les témoins ($p < 0,01$).

Des résultats divergents et peu documentés concernant le statut marital

Dans l'article de Rööslü *et al.* (2004), les personnes se déclarant EHS étaient moins fréquemment mariés (52 %) que les témoins (58 %, $p < 0,005$). Dans celui de Dieudonné (2016), 50 % de ces personnes vivaient en couple (marié ou non).

À notre connaissance, aucune étude ne s'est intéressée spécifiquement aux caractéristiques socio-économiques des personnes se déclarant EHS, ni aux événements déclenchant ou aux antécédents personnels ou familiaux. Les données présentées ci-dessus donnent des tendances convergentes (âge, genre et niveau d'études), mais cela n'a pas été conforté par des analyses statistiques approfondies.

Professions

Des membres du Comité de dialogue « Radiofréquences et santé » de l'Anses ont évoqué un éventuel risque pour certaines professions (« *comme le journalisme* ») d'être particulièrement exposées aux champs électromagnétiques des moyens de communication sans fil.

Il n'y a aucune information au sujet d'un éventuel lien entre certaines professions et l'EHS dans les articles analysés par le groupe de travail.

3.3 Sources de champs électromagnétiques et EHS

3.3.1 Les sources classiquement considérées comme cause de leurs symptômes fonctionnels par les personnes se déclarant EHS

L'enquête européenne de 1997 (Bergqvist et Vogel, 1997) avait mis en évidence des différences prononcées entre pays dans l'attribution des symptômes à une source spécifique. Deux enquêtes par questionnaire réalisées en Suède, en 2002, et en Suisse, en 2004, illustrent bien ce phénomène. Les principales sources d'exposition étaient, dans la première, les *visual display unit* (VDU) (ou écran de visualisation [d'ordinateur]) (62 %), les écrans de télévision (54 %), les lumières fluorescentes (70 %) et les ampoules électriques (24 %) et, dans la seconde, les stations de base (74 %), les téléphones mobiles (36 %), les téléphones sans fil (29 %) et les lignes électriques (27 %).

Le Tableau 4 rassemble quelques données publiées depuis. Comme pour les symptômes fonctionnels (*cf.* Tableau 10), on note une grande hétérogénéité entre les résultats des différentes études. Les études sont difficilement comparables d'un pays à l'autre, en raison de leurs méthodologies différentes (les questions posées sont différentes), de l'évolution des technologies au cours du temps (par exemple, les écrans cathodiques qui ont été à l'origine de la description de l'EHS ont quasiment disparu). De plus, les relations entre les symptômes et les sources d'exposition n'ont pas été étudiées.

Tableau 4 : sources de champs électromagnétiques (en %) considérées comme causes de symptômes fonctionnels par les personnes se déclarant EHS

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	Suède, 2002	Suisse		Autriche, 2008	Pays-Bas, 2008	Finlande, 2013	France, 2016
		2004	2006				
Écrans d'ordinateur	62		20,8	50		61,3	15
Écrans TV, TV	54			35	55	53,6	
Lampes fluorescentes	70			6	32	54,6	22,5

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	Suède, 2002	Suisse		Autriche, 2008	Pays-Bas, 2008	Finlande, 2013	France, 2016
		2004	2006				
Lampes électriques	24						
Stations de base		74	12,9	77		42,3	70
Téléphones mobiles		36	24,8	46		63,4	60
Téléphones DECT		29		11	27		50
Lignes électriques		27	28,4	79		52,6	
Relais TV-radio			15,0	11			
Ordinateurs				41	40	47,9	20
Fours micro-ondes				34		39,7	
Installation électrique				21			
Radio-réveil				14			
Appareillage ménager				9			45
Veille bébé				5			
Lampes halogènes				3	33		
Techno. GSM/UMTS					42		
<i>Bluetooth</i>					16		
Wi-Fi					15		85
Ventilateur plafond					9		
Ecrans LCD					14		
Répondeurs téléphon.					12		
Plusieurs sources			20,0		49		
Voitures						39,7	10
Autres							17,5

Légende : les valeurs en **gras** sont celles correspondant à la source la plus citée de l'étude.

Source : D'après les articles de : (1) (Stenberg *et al.* 2002) ; (2) (Röögli *et al.* 2004) ; (3) (Schreier, Huss, and Röögli 2006) ; (4) (Schröttner and Leitgeb 2008) ; (5) (Schooneveld 2007) ; (6) (Hagström, Auranen, and Ekman 2013) ; (7) (Dieudonné 2016).

Lors de son audition, le Dr Choucroun a déclaré que les sources de champs électromagnétiques les plus fréquemment rapportées par les patients qui disent mal les supporter sont principalement le Wi-Fi, les téléphones DECT, la téléphonie mobile et que, quand les troubles s'aggravent, les patients se plaignent également du réseau d'alimentation électrique (extrêmement basses fréquences).

Récemment, Hagström *et al.* (2013) ont interrogé par voie postale 395 personnes se déclarant EHS. Le protocole général de l'étude est décrit au § 6.1.1.1. Le questionnaire a porté sur les symptômes, les sources incriminées dans leur apparition et les divers traitements et mesures essayés pour améliorer leur état de santé. Parmi les sources d'exposition, les auteurs ont distingué (1) celles qui ont été perçues par ces personnes comme étant à l'origine de leurs premiers symptômes, (2) celles qui ont été incriminées pendant la phase aiguë et (3) celles incriminées après cette phase. Cent quatre-vingt-cinq personnes ont répondu à ces questions (soit un taux de participation de 46,8 %).

- À l'origine des premiers symptômes, les sources les plus fréquemment incriminées ont été : les ordinateurs personnels (50,8 %), les téléphones mobiles (47,0 %), les sources lumineuses (21,1 %), les télévisions (14,6 %) et les antennes de téléphonie mobile (7,0 %) ;
- pendant la phase aiguë, ont été incriminés : les téléphones mobiles GSM (63,4 %), les écrans d'ordinateur personnel (61,3 %), les lumières fluorescentes (54,6 %), les télévisions (53,6 %) et les lignes haute tension (52,6 %) ;
- après la phase aiguë, ont été incriminés : les téléphones mobiles GSM (66,5 %), les lumières fluorescentes (58,2 %), les ordinateurs de bureau (50,0 %), les écrans d'ordinateur personnel (49,5 %), les lignes haute tension (46,4 %) et les unités centrales d'ordinateur personnel (44,8 %).

Malgré ses limites méthodologiques (questionnaires envoyés et retournés par voie postale, taux de réponse de 46,8 %), cette étude montre que les sources perçues comme étant à l'origine des premiers symptômes ne sont pas toujours les mêmes que celles qui sont incriminées pendant et après la phase aiguë, alors que les sources incriminées pendant ces deux phases ne diffèrent que légèrement.

3.3.2 Imagerie par résonance magnétique (IRM) et EHS

Aucun des articles ou contributions évoqués au paragraphe précédent (§ 3.3) ne mentionne l'imagerie par résonance magnétique (IRM) parmi les sources considérées comme cause de leurs symptômes par les personnes se déclarant EHS. Toutefois, le groupe de travail a relevé que cette technique posait problème à de nombreuses personnes se déclarant EHS et que certaines d'entre elles refusaient a priori de s'y prêter. Il a donc considéré utile de s'y intéresser.

Mise au point dans les années 1970, l'IRM a connu, au cours des trente dernières années, des améliorations techniques considérables, qui ont permis le développement d'une large gamme de techniques d'imagerie médicale. Ces techniques sont aujourd'hui irremplaçables, car elles sont les seules à permettre l'obtention d'images morphologiques et fonctionnelles du système nerveux central (cerveau et moelle épinière), des muscles, du cœur et des tumeurs. Il est donc important de savoir quelles sont précisément les éventuelles précautions à prendre et contre-indications à respecter chez les personnes se déclarant EHS, afin de ne pas les priver de ces examens performants.

L'IRM utilise trois types de champs électromagnétiques (cf. Annexe 1) :

- des champs magnétiques statiques intenses ;
- des gradients de champs magnétiques compris entre 100 et 1 000 Hz (utilisés pour sélectionner l'épaisseur et le plan de coupe et déterminer la localisation des signaux dans ce plan, ils sont à l'origine des bruits qui constituent l'effet indésirable le mieux établi des examens IRM) ;
- des champs électromagnétiques radiofréquences compris entre 10 et 400 MHz.

À noter que ces appareils sont extrêmement sensibles aux champs électromagnétiques externes et ne peuvent fonctionner correctement que s'ils sont placés dans des cages de Faraday. De ce fait, les personnes qui se prêtent à ces examens et celles qui les réalisent sont exposées, pendant toute la durée de la procédure, à un environnement électromagnétique entièrement différent de l'environnement habituel.

Un premier bilan de ses effets biologiques et des mesures de sécurité proposées pour éviter les effets nocifs de l'IRM a été fait après une vingtaine d'années d'usage (Shellock & Crues, 2004). Les auteurs de ce bilan ont créé un site Web (*MRISafety.com*) pour poursuivre cette question avec des mises à jour régulières. Ni cet article, ni ce site ne donnent la moindre information sur les effets de l'IRM chez les personnes se déclarant EHS. Sur ces bases, des listes de contre-indications à la réalisation d'IRM à peu près identiques ont été adoptées dans la plupart des centres d'imagerie⁵¹. Aucune de ces recommandations ne mentionne l'EHS parmi ces contre-indications.

⁵¹ Ces listes comprennent la présence de métaux dans le corps (clips vasculaires cérébraux, corps étrangers ferro-magnétiques, valves cardiaques non compatibles – les clips caves inférieurs, les clips de trompe de Fallope, les stents coronaires demandent des précautions), les dispositifs biomédicaux (stimulateurs cardiaques et défibrillateurs, pompes à insuline, neurostimulateurs, certains patchs contenant de l'aluminium) et, en ce qui concerne l'état du patient, l'impossibilité à rester allongé (insuffisance cardiaque ou respiratoire), l'impossibilité à rester immobile (mais les examens peuvent être réalisés sous sédation ou anesthésie générale avec un matériel spécial IRM), la claustrophobie (même remarque que dans le cas précédent) et, si utilisation de produit de contraste (gadolinium), allergie au produit, insuffisance rénale sévère, grossesse et allaitement.

Une enquête multicentrique récente, portant sur 66 professionnels travaillant avec ou autour d'un appareil IRM de 7 Tesla (23 femmes et 43 hommes, âge moyen : 31 ± 7 ans) a montré que 98,5 % d'entre eux avaient un sentiment positif ou neutre en ce qui concernait la sécurité du travail avec ces appareils (Fatahi, Demenescu, and Speck 2016). Toutefois, ces professionnels ont rapporté des symptômes (sur une liste de 20) dont les plus fréquents ont été les vertiges (41 sujets, dont 4 s'en plaignant de façon permanente) et un goût métallique (34 sujets, dont 3 s'en plaignant de façon permanente).

Aucun article scientifique ne s'est intéressé directement aux effets des IRM chez les personnes se déclarant EHS. Cependant, on sait que plusieurs études font état d'IRM réalisées chez ces personnes et ne signalent pas la survenue d'effets indésirables (Landgrebe *et al.*, 2008a ; McCarty *et al.*, 2011 ; Belpomme *et al.*, 2015).

3.4 Un diagnostic à établir : liste de symptômes et questionnaires utilisés

Pour la plupart des maladies bien individualisées, la médecine basée sur les preuves (*evidence based medicine*, EBM) distingue, d'une part, les critères de diagnostic, destinés à la pratique clinique courante, et d'autre part, des critères de classification, destinés à la recherche clinique (Aggarwal *et al.* 2015).

Les premiers sont un ensemble de signes, de symptômes et de tests mis au point pour orienter et guider les soins délivrés à une personne malade, alors que les seconds sont des définitions standardisées, dont le but principal est de permettre aux recherches cliniques de porter sur des cohortes de sujets homogènes (Aggarwal *et al.*, 2015). Les premiers doivent avoir une spécificité et une sensibilité les plus élevées possibles, alors que les seconds doivent avoir une spécificité très élevée, aux dépens éventuellement de la sensibilité (Aggarwal *et al.*, 2015).

En ce qui concerne l'EHS ou IEI-CEM, quelle que soit la terminologie utilisée et quelles que soient les caractéristiques des expositions mises en cause, les descriptions cliniques continuent à relater de nombreux symptômes, d'une grande diversité, mais courants et non-spécifiques et qui ne se recoupent que partiellement (*cf.* comparaison des symptômes utilisés pour le diagnostic de l'EHS dans quatre questionnaires différents en Annexe 1). En conséquence, il n'a pas été possible de décrire un ou plusieurs tableau(x) caractéristique(s), soit pour l'ensemble des expositions, soit pour certaines d'entre elles. Ces descriptions ne mentionnent pas d'anomalie caractéristique aux examens cliniques physiques, biologiques et d'imagerie médicale. Enfin, l'EHS revêt des degrés de gravité très différents mais, à la connaissance du groupe de travail « Radiofréquences et santé », très peu d'articles publiés, analysés dans la présente expertise, en ont tenu compte.

Il n'existe donc actuellement aucun questionnaire scientifiquement validé pour faire un diagnostic médical fiable ou permettant de recruter des personnes se déclarant EHS pour les études cliniques ou épidémiologiques, comme il en existe pour le syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques (SIOC) et pour la plupart des syndromes médicalement inexpliqués (*cf.* § 3.8 sur le lien entre les différents syndromes d'intolérances environnementales et d'autres maladies médicalement inexpliquées). Cela pose la question de la représentativité des populations étudiées et de l'interprétation de ces études (*cf.* réflexion sur les limites des études de provocation au § 6.2.3). Cette observation, notée dans le rapport Afsset (2009), vaut aujourd'hui encore au regard des publications scientifiques, sans porter un jugement sur les efforts accomplis pour tenter de répondre à ce défi de la connaissance.

3.4.1 Les critères de diagnostic

Concernant les critères de diagnostic (pour la pratique médicale courante), les références restent celles des rapports d'experts : « *un phénomène au cours duquel des personnes ressentent des effets néfastes pour leur santé quand ils utilisent ou sont à proximité d'appareils émettant des champs électriques, magnétiques ou électromagnétiques* » (Bergqvist et Vogel, 1997) ; « *un trouble acquis caractérisé par de nombreux symptômes récurrents, attribués à une exposition à*

des champs électromagnétiques tolérés par la majorité des gens et non expliqués par aucune affection médicale, psychiatrique ou psychologique connue. » (Mild *et al.* 2006).

3.4.1.1 Propositions de diagnostic sur la base de techniques d'exploration fonctionnelle

Récemment, deux propositions (Tuengler and von Klitzing 2013, Belpomme, Campagnac, and Irigaray 2015) ont été faites pour porter le diagnostic d'EHS sur la base de techniques d'exploration fonctionnelle, qui pourraient servir de critères d'inclusion dans les études :

- Tuengler et von Klitzing (2013) ont émis l'hypothèse que des modifications du système nerveux autonome se produisant sous l'effet d'une exposition à des radiofréquences pourraient être spécifiques des personnes se déclarant EHS et permettraient de les distinguer des sujets attribuant leurs symptômes à une telle exposition, mais ayant en fait une autre cause à leur symptomatologie. Sur la base de leur expérience, les auteurs ont proposé d'enregistrer simultanément trois paramètres : la variabilité de la fréquence cardiaque (*heart rate variability*, HRV), la circulation sanguine capillaire et les potentiels électriques de la peau de l'avant-bras. Si ces auteurs ont décrit succinctement leurs techniques et ont présenté quelques enregistrements typiques, ils n'ont donné aucune information sur les sujets qu'ils ont explorés et n'ont fourni aucun résultat détaillé. Les auteurs discutent les résultats négatifs obtenus par d'autres auteurs, formulent une hypothèse et proposent des critères phénotypiques sensés permettre d'identifier les personnes se déclarant EHS, mais ne produisent pas de nouveaux résultats (*cf.* analyse détaillée de l'article au § 6.2.1.2.3). Si l'on se réfère aux autres études des effets des radiofréquences sur le système nerveux autonome (*cf.* § 7.4), leur hypothèse paraît à ce jour non étayée et non vérifiée.
- Belpomme *et al.* (2015) ont déclaré avoir observé des anomalies de la tomosphygmographie ultrasonore pulsée (ou « encéphaloscan ») chez toutes les personnes se déclarant EHS, MCS (*multiple chemical sensitivities*, équivalent du terme SIOC en français) et EHS / MCS retenues dans leur étude. Cependant, la technique, le protocole de mesure et les valeurs de référence utilisés par les auteurs n'ont pas, à ce jour, fait l'objet d'une publication dans un journal scientifique à comité de lecture. Par ailleurs, cette technique et ce protocole ne sont pas décrits suffisamment dans l'article lui-même pour que l'étude puisse être répliquée indépendamment par d'autres équipes de recherche (*cf.* analyse détaillée de l'article au § 6.1.2 et en Annexe 4). Il est dès lors impossible, à ce stade, de considérer les résultats de cette technique comme permettant un diagnostic médical de l'EHS.

Le groupe de travail de l'Anses regrette que ni le Pr. von Klitzing, ni le Pr. Belpomme n'aient accepté d'être auditionnés pour répondre aux questions qu'il souhaitait leur poser au sujet de l'EHS et de son diagnostic (*cf.* précisions à ce sujet au § 4.1.2.2).

3.4.1.2 Propositions de diagnostic sur la base de tests biologiques

Belpomme *et al.* (2015) ont dosé jusqu'à 11 biomarqueurs chez 727 patients se déclarant EHS, mais reconnaissent qu'aucun d'entre eux n'est spécifique de l'EHS (voir p. 259 de l'article) (*cf.* analyse détaillée de l'article au § 6.1.3 et en Annexe 4).

Belayev *et al.* (EUROPAEM, 2016) ont également proposé de caractériser l'EHS en concentrant les analyses, entre autres, sur 71 marqueurs sanguins, urinaires et salivaires (cette revue est présentée au § 3.4.1.3) (Belyaev *et al.* 2016), mais sans donner de justification au choix de ces marqueurs.

À la connaissance du groupe de travail, aucune mesure des constantes physiologiques ni aucun test biologique n'est apparu à ce jour comme pouvant entrer dans la constitution d'un ensemble de critères permettant un diagnostic fiable.

3.4.1.3 Autres propositions de diagnostic empirique

Face à ces difficultés, le groupe de travail s'est aussi intéressé aux critères et / ou procédures de diagnostic (non validés scientifiquement) utilisés par des praticiens médicaux prenant en charge

des patients se déclarant EHS et auditionnés au cours de l'expertise. Ces critères et procédures pourraient suggérer quelques pistes de recherche :

- Le Docteur Dominique Dupas est Maître de conférences des universités (MCU) à la Faculté de médecine de Nantes et responsable de la Consultation de pathologie professionnelle et environnementale du CHU de Nantes. Elle y reçoit surtout des patients se plaignant du syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques (SIOC), ainsi que quelques personnes se déclarant EHS. Elle rapporte ne pas avoir observé de différence de symptomatologie entre ces deux groupes de patients. Pour elle, la différence fondamentale entre SIOC et EHS est que le médecin doit faire le diagnostic de SIOC (les patients ayant rarement fait le lien entre les odeurs et les symptômes), alors que les personnes se déclarant EHS proposent d'emblée leur diagnostic. Dans les deux cas, les examens cliniques et complémentaires sont habituellement normaux et elle constate très souvent des traits de caractère favorisant, tels que anxiété, phobies, préjugé négatif vis-à-vis des produits chimiques et sympathie pour l'écologie, mais il n'y a pas de pathologie mentale. Elle prend soin d'éliminer un asthme, un syndrome du bâtiment malsain, un syndrome d'hyperventilation ou des crises d'attaque panique. Elle confirme le diagnostic de SIOC au moyen de l'auto-questionnaire « *Quick Environmental Exposure and Sensitivity Inventory* »⁵² (QEESI, Miller & Prohida, 1999). Cependant, elle n'a pas de questionnaire équivalent pour l'EHS [cf. Audition du D^r Dupas].
- Le Docteur Pascale Choucroun, praticien-hospitalier (PH) au Centre de ressources des maladies professionnelles et environnementales du CHU de Brest déclare avoir adopté une prise en charge globale des personnes se déclarant EHS qui consiste, lorsqu'elle est contactée par un(e) patient(e), à faire d'abord un bilan comprenant trois volets [cf. Audition du D^r Choucroun] :
 - 1) trois questionnaires portant (a) sur l'histoire de la maladie, y compris les facteurs de variation de la symptomatologie, et les antécédents, (b) sur l'alimentation et (c) sur l'habitat ;
 - 2) l'analyse des copies des résultats de biologie et des comptes-rendus des consultations médicales spécialisées, y compris ceux qui sont bien antérieurs à l'apparition de l'EHS ;
 - 3) la prescription de bilans sanguin et urinaire, ainsi que des prélèvements de bouche et de selles pour une recherche microbiologique (analyse cytot bactériologique, recherche de *Candida albicans* et autres levures et recherche de parasites uniquement dans les selles).

Puis, le D^r Choucroun fait une synthèse de l'ensemble de ces données, auxquelles vient s'ajouter un examen clinique si le patient habite assez près de Brest pour venir en consultation. Cette synthèse est ensuite adressée au patient, accompagnée d'une liste de recommandations personnalisées pour améliorer la qualité de son environnement (réduction des expositions), de son alimentation et de son hygiène de vie. Une prescription thérapeutique, limitée aux déterminants spécifiques de l'EHS chez ce patient, peut être associée si besoin, « *sans jamais empiéter sur les prérogatives du médecin traitant* ».

Ces deux démarches (celles des D^{rs} Dupas et Choucroun) sont celles que tout médecin, confronté à une situation d'incertitude, adopte pour maintenir une relation de confiance. Elles ont le mérite d'investiguer différents déterminants de pathologies ou de symptômes fonctionnels aspécifiques.

- Les Docteurs Tournesac et Rosa, médecins généralistes, ostéopathes, ont décrit un certain nombre de points sensibles, ainsi qu'un « *talonnement des deux côtés* », d'après eux, caractéristiques des personnes se déclarant EHS. Ils ont aussi observé qu'une dermalgie para-ombilicale apparaît en présence d'un téléphone mobile chez ces mêmes personnes. Ces constatations empiriques ouvrent une perspective intéressante à explorer.

⁵² Voir note de bas de page n°67, p. 62.

Une autre démarche qui a retenu l'attention du groupe de travail est celle proposée dans les lignes directrices pour le diagnostic des maladies liées aux champs électromagnétiques, adoptées le 3 mars 2012 par l'Association des médecins régionaux et un groupe de travail de l'Association des médecins d'Autriche (Austrian Medical Association 2012). Ce guide propose au praticien une démarche pour permettre le diagnostic et le traitement des problèmes de santé et des maladies liées aux champs électromagnétiques en éliminant d'abord les autres causes possibles pouvant expliquer les symptômes ressentis. Le guide recommande une approche diagnostique en 5 étapes :

1. antécédents de santé et historique des expositions aux champs électromagnétiques. Cette étape consiste en un questionnaire composé de trois séries de questions (a, b et c) :
 - a. la liste des symptômes, avec une évaluation de la fréquence (5 niveaux : de jamais à très souvent) et de l'ancienneté de 24 symptômes ;
 - b. la variation des problèmes de santé dans le temps et l'espace ;
 - c. l'évaluation de l'exposition aux champs électromagnétiques au domicile et au travail (sur l'usage du téléphone mobile, du téléphone sans fil DECT, du *bluetooth*, etc.) ;
2. examen et conclusions (tests du système cardiovasculaire, analyse sanguine, etc.) ;
3. mesure de l'exposition aux champs électromagnétiques (RF et BF) ;
4. prévention ou réduction de l'exposition aux champs électromagnétiques ;
5. diagnostic.

Selon ce guide, le « diagnostic » de l'EHS est essentiellement basé sur l'histoire du patient et en particulier sur les corrélations entre les problèmes de santé et les moments et les lieux d'exposition aux champs électromagnétiques, et sur la progression des symptômes dans le temps. Les mesures d'exposition aux champs électromagnétiques et les résultats de tests diagnostiques (tests biologiques, système cardiovasculaire) servent en outre à soutenir le « diagnostic ». Ce guide propose ensuite une prise en charge du patient, des conseils pour réduire son exposition dans son environnement quotidien, et des suggestions de traitements, sans justification ni évaluation scientifique. Ce document, même s'il ne s'agit pas d'une publication scientifique, est vraisemblablement le plus élaboré concernant l'approche diagnostique des personnes se déclarant EHS. Ce type d'approche n'a fait l'objet, jusqu'à présent, que d'une ébauche de validation (Brand *et al.* 2009) et mériterait de faire l'objet d'études cliniques.

Suivant le même type de démarche, un groupe dénommé « EUROPAEM – EMF » a également proposé un diagnostic de l'EHS essentiellement basé sur l'histoire médicale du patient (Belyaev *et al.* 2016)⁵³, en s'intéressant à tous les symptômes et leurs occurrences spatio-temporelles, ainsi qu'au contexte des expositions aux champs électromagnétiques. Les auteurs ont proposé une approche diagnostique en plusieurs étapes :

- un bilan médical comprenant de nombreux tests (6 tests fonctionnels, 71 marqueurs sanguins, urinaires, salivaires et 6 tests de provocation utilisant des stimulations diverses de durées variables) ;
- des tests de sensibilité individuelle basés sur des marqueurs enzymatiques de détoxification, d'intégrité mitochondriale et de stress ;
- la réalisation de mesures des expositions (au domicile et au travail) (Belyaev *et al.* 2016).

Le choix de ces différents marqueurs et tests n'est pas argumenté. Par ailleurs, les auteurs ont également proposé un traitement des patients incluant seize actions, qui sont chacune des hypothèses car leur efficacité n'a pas été démontrée (Belyaev *et al.* 2016).

⁵³ Belyaev *et al.* ont d'abord publié une première version de leur revue (Belyaev *et al.* 2015a). Cependant, l'article a été retiré par l'éditeur du fait d'erreurs de références dans le texte (Belyaev *et al.* 2015b). C'est donc la version de 2016 qui est commentée ici.

3.4.2 Les critères de classification

Concernant les critères de classification (pour la recherche), plusieurs tentatives ont été faites pour tenir compte, soit des différentes sources d'exposition, soit des différences de terminologie ou de mode de recrutement, soit de la sévérité de la symptomatologie. Cependant, aucune de ces tentatives n'a abouti à l'élaboration d'un protocole appliqué par des équipes autres que celles qui les ont conçues. Parmi les sources d'exposition, seuls les écrans cathodiques (qui ont pratiquement disparu aujourd'hui) ont été mis en relation avec des symptômes caractéristiques (symptômes cutanés de la face) (Linden and Rolfsen 1981, Nilsen 1982, Tjonn 1984). Plusieurs études ont été conduites sur des personnes se déclarant sensibles à la téléphonie mobile, soit prises isolément, soit en comparaison avec des personnes également sensibles aux extrêmement basses fréquences.

Par ailleurs, seule l'équipe de Rööslü *et al.* (2010) (*cf.* analyse de l'article au § 6.1.1.2) a utilisé la terminologie comme critère de classification, comparant des personnes se déclarant EHS à d'autres se déclarant gênées par les champs électromagnétiques, mais ne se qualifiant pas d'EHS. Une autre équipe (van Dongen *et al.*, 2014, *cf.* analyse de l'article au § 6.1.1.2) a comparé deux groupes de personnes se déclarant EHS recrutées les unes directement dans la population générale (*via* un panel de consommateurs) et les autres par l'intermédiaire d'une association. Toutefois, il n'existe pas, à notre connaissance, de publication ayant étudié les relations éventuelles entre les modalités de recrutement (par l'intermédiaire d'une association ou pas) et la terminologie employée par les personnes pour désigner leurs troubles.

Enfin, pour tenir compte de la sévérité de la symptomatologie, Frick *et al.* (2006) et Eltiti *et al.* (2007a) ont proposé d'ajouter aux critères de diagnostic classiques (*cf.* § 3.4.1 ci-dessus) un critère quantitatif calculé en faisant la somme des notes attribuées à des symptômes figurant sur une liste préétablie. Frick *et al.* (2006) ont utilisé une liste de 36 symptômes notés de 1 à 4 sur une échelle à 4 niveaux (0 = pas du tout ; 1 = un peu ; 2 = modérément ; 3 = fortement) en fonction de leur sévérité au cours des 4 semaines précédentes, et choisi comme critère d'inclusion un score global d'au moins 19, correspondant au tiers supérieur observé dans la population générale (*cf.* présentation de l'échelle de Ratisbonne en Annexe 7) (Frick *et al.* 2006a, Frick *et al.* 2006b). Eltiti *et al.* (2007a) ont utilisé une liste de 57 items notés de 0 à 4 sur une échelle à 5 niveaux (0 = pas du tout ; 1 = un peu ; 2 = modérément ; 3 = moyennement ; 4 = beaucoup) en fonction de leur sévérité pendant une période indéterminée, et choisi comme critère d'inclusion un score global d'au moins 26, correspondant au quart supérieur des notes observées dans la population générale. Ce type de procédure permet de ne pas recruter les personnes ne présentant qu'une symptomatologie très faible et, ainsi, d'améliorer en partie l'homogénéité des groupes étudiés, sans toutefois résoudre entièrement cette question. De plus, cette méthode repose sur des questionnaires fermés, souvent adressés par la poste ou soumis par téléphone et a pour effet d'obtenir un taux de réponse assez faible (Eltiti *et al.* 2007a).

À la connaissance du groupe de travail de l'Anses, Tseng *et al.* (2011) ont été les seuls auteurs à interroger directement les personnes se déclarant EHS (n = 170) sur leur état de santé global et à les classer en quatre groupes selon la sévérité de leurs symptômes : légers (n = 16), modérés (n = 97), sévères (n = 41) et extrêmement sévères (n = 16). Ces auteurs ont ainsi pu montrer l'existence de différences de morbidité psychiatrique entre les 4 groupes de sujets (*cf.* présentation de l'article au § 3.5 et analyse au § 7.6).

Perspectives

Les approches méthodologiques développées par Frick *et al.* (2006), Eltiti *et al.* (2007a) et Tseng *et al.* (2011) méritent d'être approfondies et peuvent constituer une base utile pour la mise au point d'un protocole visant à mieux décrire et améliorer la prise en compte de la sévérité de la symptomatologie de l'EHS.

Par ailleurs, fin 2017, l'Anses mettra en œuvre un projet d'investigation exploratoire visant à « améliorer le recueil des données cliniques pour l'étude de l'hypersensibilité aux champs électromagnétiques » selon une méthodologie en partie comparable à celle de Dieudonné (2016)

(cf. présentation de l'article au § 6.1.1.1). Ce projet devrait, entre autre, permettre d'aboutir à une meilleure caractérisation clinique des symptômes fonctionnels des EHS.

3.5 Estimations des pourcentages de personnes déclarant une sensibilité aux champs électromagnétiques dans différents pays

3.5.1 Données françaises

Le groupe de travail de l'Anses n'a pas eu connaissance d'études sur la prévalence⁵⁴ de l'EHS en France en population générale. Cependant, des évaluations indirectes existent.

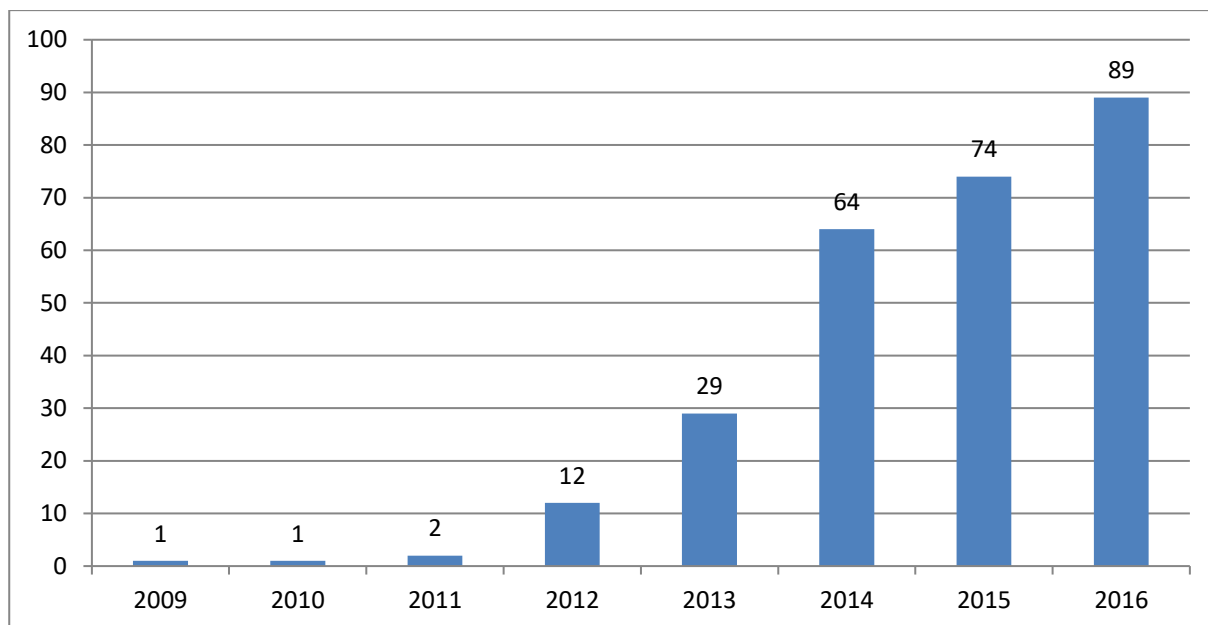
Par exemple, le collectif « Une terre pour les EHS » a mis en ligne sur son site Internet un questionnaire permettant aux personnes de s'auto-déclarer EHS. Le 18 juillet 2016, 1 355 personnes se déclarant EHS s'étaient ainsi recensées.

Belpomme *et al.* (2015) ont étudié 1 216 personnes se déclarant EHS et / ou SIOC et réalisé des analyses biologiques sur 521 personnes se déclarant EHS et 154 personnes à la fois EHS et SIOC (Belpomme, 2015) (cf. analyse de l'article au § 6.1.3 et en Annexe 4).

Une extraction des données du réseau national de vigilance et de prévention des pathologies professionnelles (RNV3P⁵⁵) de l'Anses a été réalisée sur 7 années de collecte consécutives (du 1^{er} janvier 2009 au 31 décembre 2016) pour étudier l'IEI-CEM. Ont été retenus uniquement les cas pour lesquels le code « U09 » (spécifiquement créé pour identifier les personnes se déclarant EHS) a été utilisé. Les personnes venues consulter pour des symptômes qu'elles relient à leurs expositions aux ondes électromagnétiques, mais pour lesquelles le code « U09 » n'a pas été retenu en consultation, ont été exclues. Cette requête a permis d'identifier 272 personnes se déclarant EHS (180 femmes et 92 hommes) ayant été dans un centre de consultation de pathologies professionnelles (CCPP) depuis 2009 (dont 92 à Paris (Hôpital Cochin) et 83 à Nantes). Le nombre annuel de personnes codées « U09 » ayant consulté un CCPP est représenté sur la Figure 1.

⁵⁴ Prévalence : nombre de cas nouveaux et / ou anciens d'une maladie, au sein d'une population donnée, à un moment donné, soit à un instant, soit dans un intervalle de temps. Ce n'est pas un taux mais une proportion. La prévalence est le rapport entre le nombre de personnes atteintes d'une maladie et l'effectif de la population concernée susceptible d'être atteinte par cette maladie.

⁵⁵ Le Réseau national de vigilance et de prévention des pathologies professionnelles (RNV3P) est un réseau de vigilance et de prévention pour la santé au travail qui regroupe en 2017 les 30 centres de consultation de pathologie professionnelle (CCPP) de France et 6 services de santé au travail (SST). Ce réseau a pour vocation de rassembler les données de chaque consultation au sein d'une base de données nationale (données démographiques du patient, pathologies, expositions, secteur d'activité, profession). La pathologie est codée par le médecin en fonction de la CIM 10 (classification internationale des maladies, dixième révision).



Source : Données du RNV3P (extraction réalisée en 2017)

Figure 1 : nombre annuel de personnes ayant consulté un CCPP depuis 2009 et ayant été codées sous la terminologie « IEI-CEM » dans la base du RNV3P

Le nombre de cas augmente chaque année depuis 2009. Cela peut s'expliquer par plusieurs hypothèses compatibles les unes avec les autres : 1) le nombre de personnes se déclarant EHS est en augmentation ; 2) ces personnes sont de plus en plus orientées vers les CCPP pour être prises en charge⁵⁶ ; 3) le code « U09 » est de plus en plus utilisé.

À noter que l'augmentation a été plus particulièrement prononcée en 2014, ce qui peut en partie s'expliquer par le recrutement de personnes se déclarant EHS dans le cadre du PHRC⁵⁷ du Pr Choudat.

3.5.2 Données internationales

Le groupe de travail a recensé quatorze études publiées dans la littérature scientifique qui évaluent la prévalence des personnes se déclarant EHS (à des degrés divers) dans différents pays (cf. Tableau 5 et Figure 2).

Ces études sont de comparaison difficile, car en l'absence de critères diagnostiques stricts de l'EHS, elles n'évaluent pas les mêmes choses. Toutes les études se basent sur un autodiagnostic de la personne interrogée (questionnaire généralement auto-administré). Le recensement des cas ne repose pas sur des critères cliniques bien définis, validés et comparables entre les différentes études. Le diagnostic est fait par la réponse positive à une question donnée. Or, toutes les questions ne sont pas comparables, par exemple, dans les études les plus récentes :

- Tseng *et al.* (2011) : « Êtes-vous allergique à / ou très sensible au fait d'être à proximité de champs électromagnétiques ? » ;
- Van Dongen *et al.* (2014) : « Croyez-vous que vous êtes sensible aux champs électromagnétiques ? » ;

⁵⁶ Cf. Note d'information DGS/EA1 n° 2014-171 du 26 mai 2014 relative à la gestion des risques liés aux radiofréquences, publiée au BO Santé du 15 juillet 2014, indiquant que les personnes se déclarant EHS qui faisaient appel aux services des ARS pouvaient être dirigées pour une prise en charge vers l'un des 24 centres de consultation de pathologies professionnelles (CCPP).

⁵⁷ Voir note de bas de page n° 46, p 42.

- Baliatsas *et al.* (2014) : « Je suis sensible aux stations de base et éléments de communications » et « Je suis sensible aux appareils électriques » ;
- Palmquist *et al.* (2014) : « Avez-vous des symptômes venant de différents appareils électriques en marche pour lesquels vous pensez que la majorité des personnes n'en ont pas ? ».

De plus, les taux de participation sont très variables selon les études (de 11,5 % dans l'étude de Tseng *et al.* (2011) à 88 % dans celle de Schröttner & Leitgeb (2008)).

Tableau 5 : estimations des pourcentages de personnes se déclarant hypersensibles aux champs électromagnétiques dans différents pays

Référence	Pays	Période d'étude	Taille de l'échantillon	Taux de participation (%)	% de personnes se déclarant EHS ou assimilés EHS
(Hillert <i>et al.</i> 2002a)	Suède	1997	n°=°15°000, de 19 à 80 ans	73	1,5
Levallois <i>et al.</i> , 2002	Californie	1998	2 072	58,3	3,2
Schreier <i>et al.</i> , 2006	Suisse	2004	n = 2 048, âge >14 ans	55,1	5 IC ₉₅ % = [4-6 %]
Korpinen <i>et al.</i> , 2009b	Finlande	2002	6 121	40,8	0,7
(Blettner <i>et al.</i> 2009)	Allemagne	2004	30 047	58,6	10,3
Kowall <i>et al.</i> , 2012		2004 et 2006		58,4	8,7 (2004), 7,2 (2006)
Eltiti <i>et al.</i> , 2007b	Royaume-Uni	av. 2007	3 633	18,2	4,0
Tseng <i>et al.</i> , 2011	Taiwan	2007	1 251	11,5	13,3
Schröttner & Leitgeb, 2008	Autriche	av. 2008	460	88	3,5
Furubayashi <i>et al.</i> , 2009	Japon	av. 2009	2 472	62,3	1,2
Röösli <i>et al.</i> , 2010	Suisse	2008 et 2009	n°=°1 122 de 30 à 60 ans	37	8,6 (2008), 7,7 (2009)
Palmquist <i>et al.</i> , 2014	Suède	2010	3 406	40	2,7
Van Dongen <i>et al.</i> , 2014	Pays-Bas	av. 2013	1 009	60	7
Baliatsas <i>et al.</i> , 2014	Pays-Bas	2011	5 789	39,6	3,5

av. = avant

Parmi les quatorze études évaluant la prévalence des personnes sensibles aux champs électromagnétiques recensées dans le Tableau 5 :

- neuf mettent en évidence une prévalence inférieure ou égale à 5 % (par ordre de prévalence croissante) : Korpinen *et al.* (2009b) en Finlande, Furubayashi *et al.* (2009) au Japon, Hillert *et al.* (2002a) et Palmquist *et al.* (2014) en Suède, Levallois *et al.* (2002) en Californie, Schröttner & Leitgeb (2008) en Autriche, Baliatsas *et al.* (2014) aux Pays-Bas, Eltiti *et al.* (2007b) au Royaume-Uni et Schreier *et al.* (2006) en Suisse ;
- cinq mettent en évidence une prévalence supérieure à 5 % : Van Dongen *et al.* (2014) aux Pays-Bas, Blettner *et al.* (2009) et Kowall *et al.* (2012) en Allemagne, Röösli *et al.* (2010) en Suisse, Tseng *et al.* (2011) à Taiwan.

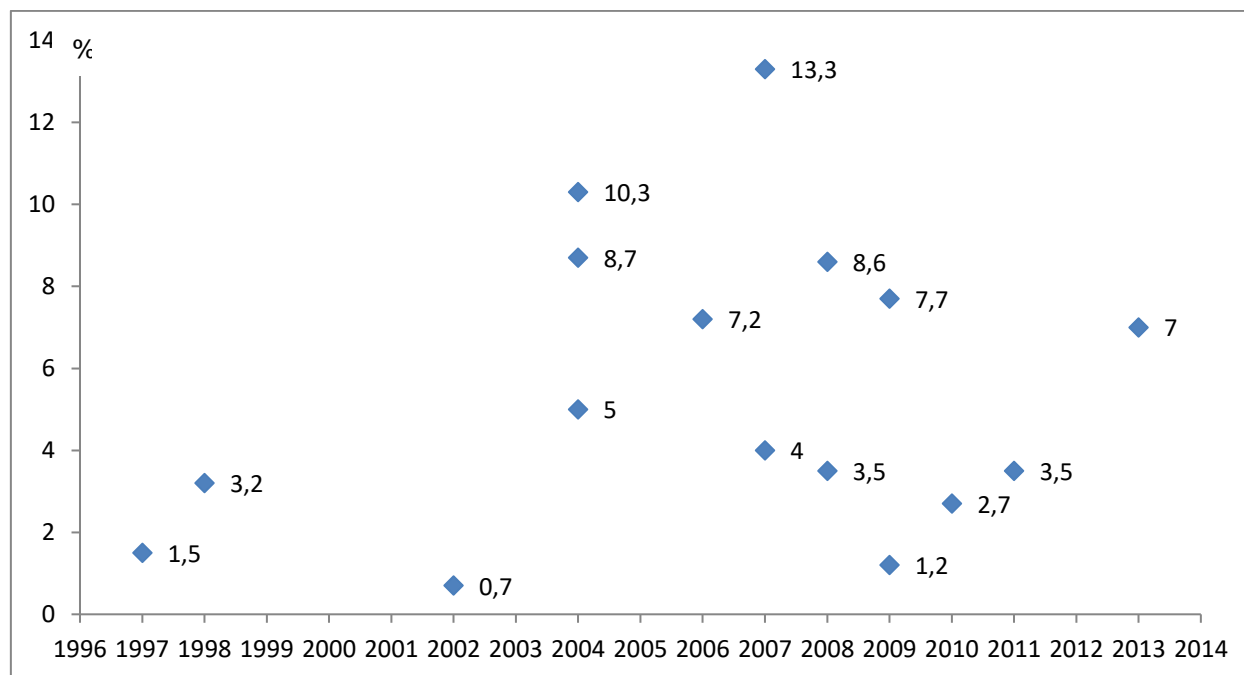


Figure 2 : pourcentage (%) de personnes se déclarant EHS ou assimilés dans les études référencées dans le Tableau 5

Les résultats varient énormément, de 0,7% (Korpinen *et al.*, 2009) à 13,3 % (Tseng *et al.*, 2011). Cependant, la tendance à l'augmentation de ce pourcentage qui, par le passé, avait fait craindre une aggravation de la situation (Hallberg et Oberfeld, 2006), n'a pas été confirmée par les sept études portant sur la période 2008-2013 (*cf.* Figure 2). Malgré les réserves imposées par la persistance de variations importantes (probablement dues à la méthodologie) - entre 1,2 % (Furubayashi *et al.*, 2009) et 8,6 % (Röösli *et al.*, 2010) -, il semble que ce pourcentage se situe autour d'une valeur moyenne de l'ordre de 5 %.

3.5.3 Discussion et conclusion sur les estimations du nombre de personnes se déclarant EHS

Les résultats des quatorze études présentées (*cf.* Tableau 5) sont à analyser et à comparer avec prudence. En effet, ils varient selon la question posée, les pays ou les régions et l'année de l'étude. De plus, les modalités d'études, l'échantillonnage et les populations étudiées sont peu comparables. Le « repérage », le diagnostic des cas de personnes se déclarant EHS, le nombre et le type de critères d'identification utilisés, la gravité des symptômes recherchés sont variables.

En pratique, une étude de prévalence est une enquête descriptive, la représentativité de l'échantillon⁵⁸ est donc capitale. Or, dans ces différentes études, la méthodologie de sélection des échantillons de population est hétérogène. La généralisation des résultats à la population considérée comme cible est parfois inadéquate. Par exemple, l'étude de Röösli *et al.* (2010) est représentative de la région de Bâle (troisième ville de Suisse), celle de Palmquist *et al.* (2014) du Västerbotten (province de Botnie-Occidentale⁵⁹) en Suède. Or, ces populations ne sont représentatives de l'ensemble des habitants de la Suisse ou de la Suède.

⁵⁸ La capacité de généraliser les résultats dépend de la représentativité de l'échantillon. Un échantillon est représentatif d'une population si tous les individus de cette population ont la même probabilité (même chance) d'être dans l'échantillon. Si ce n'est pas le cas, on a une erreur systématique (un biais).

⁵⁹ Il s'agit de la région de Suède où travaille également l'équipe de Hardell.

De même, pour l'étude de Baliatsas *et al.* (2014), la population est celle enregistrée auprès d'un médecin généraliste ; cet enregistrement étant obligatoire, une certaine exhaustivité semble respectée. Cependant, vingt-et-un médecins généralistes pour lesquels leurs patients sont interrogés ont été sélectionnés, en fonction du nombre de patients qu'ils suivent et de leur environnement (degré d'urbanisation). La méthode des quotas n'a pas été appliquée. En conséquence, les médecins sélectionnés ne sont pas représentatifs de l'ensemble des habitants des Pays-Bas.

L'analyse de ces études de prévalence doit aussi tenir compte de la grande disparité des taux de participation, qui influencent la représentativité des échantillons. Celui-ci est faible dans l'étude de Tseng *et al.* (2011) (11,5 %) et plus élevé dans celles de Rössli *et al.* (2010) (37 %) ; Baliatas *et al.* (2014) (39,6 %), Palmquist *et al.* (2014) (46 %), ainsi que celle de Levallois et Blettner *et al.* (2002) (58 %). L'étude de Van Dongen *et al.* (2014) atteint un taux de participation de 60 %, en faisant appel à un panel de consommateurs et à des cadeaux en contrepartie de leur participation. Le taux de participation est également très important (73 %) dans l'étude de Hillert *et al.* (2002a).

Enfin, les études récentes portant sur la période 2008-2013 semblent indiquer que le pourcentage de personnes se déclarant EHS s'est stabilisé autour d'une valeur médiane de l'ordre de 5 %.

3.6 Histoire naturelle de l'EHS

L'une des questions essentielles lorsque l'on aborde une pathologie est l'histoire naturelle⁶⁰ de celle-ci. Comprendre l'histoire naturelle de l'EHS et sa répartition (abordée au § 3.5) dans la population permet d'élaborer notamment des méthodes et les degrés nécessaires de prévention de celle-ci.

3.6.1 Modalités d'installation de l'EHS

À l'issue de l'analyse du corpus de lettres de personnes se déclarant EHS, Y. Barthe a décrit deux modalités d'installation de l'EHS (*cf.* § 3.1.4) :

- 1) la découverte d'une cause *a posteriori* : l'EHS comme « point d'arrivée » ;
- 2) l'EHS comme « point de départ ».

La première de ces deux modalités, l'installation progressive de l'EHS, est soutenue par Dieudonné (2016) (*cf.* analyse de l'article au § 6.1.1.1). L'auteur a réalisé une analyse subjective (pas d'analyse phénoménologique, pas de questionnaire, il s'agit d'un traitement empirique) de 40 enregistrements de personnes se déclarant EHS (n = 40, 11 hommes, moyenne d'âge = 51 ± 11 ans) ayant adapté leur mode de vie en conséquence (par exemple en ayant supprimé les appareils électriques dans leur logement). Les participants à l'étude ont été recrutés à l'aide d'avis publiés en France dans des groupes d'entraide en matière d'EHS et dans d'autres réseaux concernés par les champs électromagnétiques. Les entretiens ont été effectués en des lieux choisis par les participants, à l'aide d'une méthode qualitative standardisée. L'auteur décrit une trajectoire cognitive spécifique et cohérente d'après lui, car elle se retrouve chez tous les participants : (1) apparition des maux, (2) pas d'explication ni de solution (médicales), (3) découverte de l'EHS, (4) collecte d'informations au sujet de l'EHS, (5) apparition implicite de la conviction, (6) expérimentations (réalisation de petites expériences sur soi), (7) l'EHS propre au sujet est acceptée. D'après lui, il y a un travail de mise en cohérence de l'expérience qui caractérise l'EHS. Ainsi, l'évidence des liens entre les symptômes et l'environnement électromagnétique serait construite *a posteriori* (avec un temps de latence parfois très long), l'apparition des symptômes précéderait le lien fait par la personne d'une relation de cause à effet. D'après l'auteur, le fait que l'association entre les symptômes et l'environnement

⁶⁰ En médecine, comme dans d'autres disciplines, le terme « histoire naturelle » est le terme consacré pour désigner la description des manifestations observables d'une maladie et de leur évolution dans le temps (sans s'intéresser ni à ses causes, ni aux mécanismes physiopathologiques sous-jacents).

électromagnétique soit établie rétrospectivement indique que l'effet *nocebo* (cf. définition au § 7.7) ne constitue pas une explication satisfaisante. De plus, il considère qu'il est difficile de caractériser la symptomatologie des personnes se déclarant EHS, car d'après les déclarations faites à l'auteur, ce ne sont pas les propriétés des rayonnements qui déterminent l'apparition de certains symptômes. Comme il a été dit souvent à la personne qui faisait passer les entretiens « *il y a autant de types de sensibilités que de personnes se déclarant EHS* » (Dieudonné 2016).

De Graaff et Bröer (2012) ont réalisé une enquête qualitative aux Pays-Bas en 2008-2009 sur 18 personnes se déclarant EHS. Ils ont également conclu que l'auto-diagnostic de l'EHS était un point d'arrivée, après un long parcours médical (de Graaff and Bröer 2012).

Hagström *et al.* (2013) ont décrit une phase aiguë de l'EHS au cours de laquelle les patients ont rapporté une augmentation du nombre de symptômes par rapport à la période antérieure. En fait, cette notion de phase aiguë a été introduite par les auteurs eux-mêmes dans le questionnaire adressé aux patients, pour tenir compte des pratiques de groupes d'aide, et, bien qu'ils aient interrogé les personnes sur les symptômes « persistant actuellement », ils ne disent rien sur ce qui permettrait de distinguer cette phase d'une phase chronique. L'analyse complète de l'article est faite au § 6.1.1.1.

Cette notion de phase aiguë de l'EHS qui, certes, est en accord avec plusieurs témoignages de personnes se déclarant EHS, demande à être mieux caractérisée.

3.6.2 Notion de durée et d'évolution : vers une chronicité ou une fin de l'EHS ?

Les experts du groupe de travail n'ont pas connaissance d'articles scientifiques abordant la question de la durée de l'état EHS. Il manque des études de suivi sur le long-terme des personnes se déclarant EHS.

Seuls deux articles reviennent sur l'évolution individuelle de l'EHS (Kowall *et al.* 2012, Rööslü, Mohler, and Frei 2010a). Dans ces deux travaux, l'autodiagnostic par les personnes se déclarant EHS évolue dans le temps :

- dans l'étude de Rööslü *et al.* (2010) (présentée au § 6.1.1.2), qui a suivi une cohorte pendant un an :
 - au total sur les deux enquêtes, 219 individus différents attribuent leurs symptômes (auto-déclaration) aux radiofréquences (« attribuants »⁶¹) et 130 se déclarent EHS soit en 2008, soit en 2009. Il y a des personnes se déclarant EHS et des « attribuants » dans les 3 tranches d'âge entre 30 et 60 ans ;
 - 40 % de la population se déclarant EHS et 27 % des « attribuants » se déclarent respectivement EHS et « attribuants » les deux années. Leur état n'a donc pas varié d'une année à l'autre ; ce qui n'est pas le cas de 60 % des personnes se déclarant EHS (dont 54 % deviennent non sensibles l'année suivante) et de 73 % des « attribuants » (dont 51 % deviennent non sensibles l'année suivante) ;
 - 2,61 % des personnes non-EHS le deviennent ;
 - 68,9 % des personnes ne se considèrent pas EHS ou n'attribuent pas leurs symptômes aux radiofréquences, lors de chacune des deux enquêtes, à un an d'intervalle ;

⁶¹ Le terme « attribuants » impliquerait un moindre préjudice de l'exposition aux champs électromagnétiques sur la santé du sujet comparativement aux EHS.

- de même, dans l'étude de Kowall *et al.* (2012) :
 - 31,3 % des personnes qui attribuent leurs problèmes de santé aux ondes électromagnétiques des stations de base de téléphonie mobile (le terme EHS n'est pas utilisé) le restent deux ans plus tard, 31,0 % restent préoccupés par la question des champs électromagnétiques et 37,7 % ne se sentent plus concernées par le sujet ;
 - 3,3 % des personnes non-EHS le deviennent.

Ces études sembleraient indiquer la possibilité d'une évolution favorable de l'état de certaines personnes s'étant déclarées EHS à un moment donné.

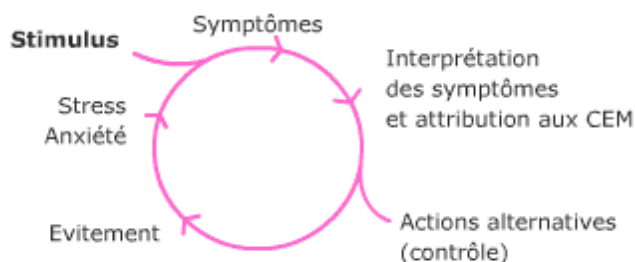
Par ailleurs, dans la mesure où il n'y a pas de critère de diagnostic, il n'y a pas non plus de critère de suivi de la maladie. Cela reste de l'autodiagnostic du patient et il semblerait, d'après ces deux études, que les personnes interrogées puissent changer de catégorie selon leurs propres critères.

L'aggravation au cours du temps des signes cliniques, souvent rapportés par les témoignages individuels, n'est pas retrouvée dans les études analysées. Cependant, aucune donnée n'existe sur l'évolution à long terme de l'EHS.

Des témoignages d'associations et de personnes se déclarant EHS suggèrent que les symptômes de l'EHS s'accompagnent d'autres maux :

- souffrances physiques et psychologiques (occupation des pensées, anxiété, état dépressif, stress, etc.), altération de l'état de santé général ;
- comportements d'évitement de l'exposition ;
- organisation de la vie du patient autour de ce problème ;
- absentéisme, incapacité de travail ;
- augmentation de l'utilisation des services de soin de santé ;
- difficultés financières dues aux déménagements et aménagements électriques de la maison ;
- isolement social ;
- une incompréhension de l'entourage professionnel et familial et l'absence de reconnaissance de la part des professionnels de santé contribuent parfois à aggraver l'isolement des personnes se déclarant EHS, etc.

Plusieurs auteurs ont émis l'hypothèse d'un cercle vicieux (*cf.* Figure 3) où symptômes, associations de ces derniers à une (des) source(s) électromagnétique(s) et comportements d'évitement se succèdent, s'amplifient et s'auto-entretiennent.



Voir par exemple Andersson *et coll.*, 1996 ou Hillert *et coll.*, 2002

Figure 3 : hypothèse d'un éventuel cercle vicieux de l'EHS

Par ailleurs, aucune donnée n'est disponible quant à la prise en charge médicale éventuelle des ex EHS. En effet, aucune information n'est donnée dans les articles de Kowall *et al.* (2012) et Rösli *et al.* (2010) sur la prise en charge thérapeutique et la « guérison » des personnes avec une évolution favorable ou défavorable. L'évolution de l'EHS est-elle spontanée ou associée à des actions d'évitement, des traitements ? Peut-on parler de rémission passagère ou définitive ? Les

changements éventuellement intervenus dans la vie des personnes qui s'étaient déclarées EHS entre avant et après mériteraient d'être documentés.

Certains auteurs (Johansson *et al.* 2010) avancent l'hypothèse selon laquelle il existerait plusieurs stades de l'EHS et / ou qu'il existerait des formes spécifiques et généralisées de l'EHS. Toutefois, les experts du groupe de travail n'ont pas connaissance d'articles scientifiques abordant la question de la sévérité des symptômes des personnes se déclarant EHS en fonction de l'évolution de la maladie. Peut-on parler de différents degrés ou stades de la maladie en fonction de l'intensité des symptômes ? Là encore, des études de suivi sur le long-terme de ces personnes seraient utiles à la compréhension de l'évolution des symptômes.

3.7 L'EHS chez les enfants

La question de l'existence de l'EHS chez les enfants est posée par certaines associations :

« *En début d'année 2014, nous avons mis en place un recensement. En quelques mois, 1 200 personnes électrohypersensibles se sont auto-recensées. Dans ce grand nombre de personnes, il y a de plus en plus d'enfants* » [extrait de l'audition de Une Terre pour les EHS].

L'association Électrosensibles de France / Priartem a, elle aussi, lancé un appel à témoignages « Enfants électrosensibles » en juillet 2015.

Cependant, il existe très peu de publications scientifiques sur le sujet.

Buchner *et al.* (2011), en Allemagne, signalent le cas d'un enfant de 9 ans se déclarant EHS (Buchner 2011) (*cf.* analyse de l'article au § 7.5.2.1.2).

Hedendahl *et al.* (2015), en Autriche, décrivent également deux cas de garçons se déclarant EHS, âgés de 15 ans, et présentant divers symptômes sans explication médicale (maux de tête, fatigue, problèmes de concentration, etc.) (Hedendahl, Carlberg, and Hardell 2015).

Par ailleurs, les études investiguant les conséquences d'une exposition chronique aux radiofréquences sur des enfants et des adolescents ont été analysées dans le rapport « Radiofréquences et santé des enfants » (Anses 2016) et ne montrent pas de relation d'association. Concernant les effets aigus, seule la *German MobilEe-study* recherche les effets d'une exposition aux radiofréquences, les autres études n'explorant que l'usage du téléphone mobile sans étudier la relation effet/dose. En fonction de la méthode d'évaluation de l'exposition (mesurée ou auto-rapportée), les résultats ne sont pas cohérents.

En revanche, lorsque l'on s'intéresse à l'usage des téléphones mobiles par les adolescents, certaines études analysées dans le rapport « Radiofréquences et santé des enfants » (Anses, 2016) s'accordent sur une relation possible entre l'usage du téléphone mobile (modalités, durée, fréquence d'utilisation, etc.) et des symptômes aspécifiques d'altération du bien-être, tels que les céphalées et les symptômes d'irritabilité, les perturbations du sommeil, la fatigue, tant en exposition aiguë qu'en exposition chronique (Heinrich *et al.* 2010, 2011, Kühnlein *et al.* 2009, Redmayne, Smith, and Abramson 2013, Van Den Bulck 2007). Au vu de ces éléments, une association entre l'usage du téléphone mobile (indépendamment de l'exposition aux ondes électromagnétiques) et l'altération du bien-être chez les adolescents pourrait exister et mérite d'être approfondie. De plus, Schoeni *et al.* (2015) ont montré que des adolescents réveillés par leur téléphone mobile pendant la nuit présentaient le jour, une fatigue, une fatigabilité, des maux de tête et un malaise physique plus marqués que ceux n'utilisant pas leur téléphone la nuit (Schoeni, Roser, and Roosli 2015).

3.8 Relations possibles entre l'EHS et les différents syndromes d'intolérances environnementales et autres maladies médicalement inexpliquées

Les personnes qui se déclarent EHS ne sont pas les seules à ressentir des symptômes nombreux et très diversifiés, sans qu'aucune anomalie caractéristique ne soit décelée aux examens cliniques, biologiques et d'imagerie.

3.8.1 Rappels historiques : de la naissance à la fin d'une hypothèse purement psychogène pour expliquer les différents syndromes médicalement inexpliqués

La question des troubles fonctionnels sans substrat organique décelable est ancienne, bien antérieure aux premières attributions de symptômes à des expositions à des champs électromagnétiques. Elle est apparue au XIX^{ème} siècle, avec le développement de la médecine anatomo-clinique de Laënnec, puis de la médecine biologique de Claude Bernard. Le premier à l'avoir clairement posée est le psychiatre américain G. Beard. Pour y répondre, celui-ci a proposé un concept désigné sous le terme de neurasthénie⁶² (Beard GM., 1869). Pour cet auteur, ce terme s'appliquait à une maladie exclusivement organique. Le basculement vers une conception psychogénique est dû à ses successeurs, et s'est accompagné d'un fort déclin de son diagnostic (Wessely 1990).

D'autres concepts, pas tout à fait superposables, mais toujours inspirés par une hypothèse psychogène, ont été proposés pour décrire les patients souffrant de symptômes médicalement inexpliqués. Citons ceux de « symptômes fonctionnels », de « somatisation », « troubles somatoformes » ou de « maladie psychosomatique ». Ces concepts, qui ont été élaborés par des psychiatres pour prendre en compte la fréquence des plaintes somatiques inexpliquées chez de nombreux patients venant les consulter, ont été acceptés pendant longtemps et restent encore largement répandus chez les médecins.

Cependant, il est apparu peu à peu qu'il n'était pas possible d'attribuer une cause psychique à des symptômes somatiques fonctionnels médicalement inexpliqués en l'absence de toute symptomatologie psychiatrique. Dès lors, des recherches purement cliniques ont été entreprises pour identifier, au delà de la grande diversité symptomatique des cas individuels, des syndromes suffisamment caractéristiques pour permettre la constitution de groupes de patients le plus homogène possible, avec lesquels des recherches physiopathologiques approfondies ont été réalisées.

Le modèle inspirant ces recherches est celui de la migraine, affection bien connue pour ne comporter que des symptômes fonctionnels, à l'exclusion de toute anomalie clinique et biologique. Cette affection mérite une attention particulière, car l'un des médecins contactés dans le cadre de l'expertise (le D^r Chevallier), qui reçoit des personnes se déclarant EHS dans une consultation de pathologie environnementale, estime qu'une partie d'entre elles est constituée de migraineux, dont l'état est nettement amélioré par les traitements antimigraineux qu'il leur prescrit (cf. § 7.5.3).

⁶² Neurasthénie : « un malaise général, un dépérissement de toutes les fonctions, un appétit médiocre, une faiblesse durable du dos, des douleurs névralgiques fugaces, de l'insomnie, de l'hypochondrie, une aversion pour le travail mental suivi, des attaques de céphalées sévères et affaiblissantes, et d'autres symptômes analogues » (Beard 1869). Dans sa signification psychogénique, ce terme a été largement utilisé à la fin du XIX^{ème} siècle et au début du XX^{ème}. Puis, pour avoir inclus un trop grand nombre de symptômes, il est tombé peu à peu en désuétude, mais il figure toujours dans la classification internationale des maladies de l'OMS (cf. version 2011 de la 10^{ème} Classification) avec la description suivante : « fatigue, faiblesse, épuisement après un effort minime, avec irritabilité, insomnie ou hypersomnie, concentration de piètre qualité, et symptômes physiques variés » (sous la référence F48 au chapitre 5 (Troubles mentaux et du comportement) et au sous-chapitre « Troubles névrotiques, troubles liés à des facteurs de stress et troubles somatoformes » (réf. F40-F48)).

Rappelons seulement ici qu'il existe aujourd'hui pour cette maladie des critères de diagnostic simples pour la pratique courante et des critères de classification pour la recherche, qui sont universellement admis, des conceptions physiopathologiques solides, bien qu'encore incomplètes, et des traitements efficaces.

D'autres tentatives de caractérisation ont été moins fructueuses : certaines sont abandonnées, comme celle concernant la spasmophilie, d'autres sont encore controversées, comme celles concernant la fibromyalgie, le syndrome de fatigue chronique, le syndrome de l'intestin irritable et, plus récemment, le « *burn-out* » ou syndrome d'épuisement professionnel, pour ne citer que les plus connues.

Parallèlement, sous l'influence de Randolph, fondateur de l'écologie clinique, et sur la base de déclarations de patients, des causes environnementales ont été attribuées à des groupements de symptômes très variés : les plus anciennement connues sont l'intolérance au bruit, à la lumière et la sensibilité aux amalgames dentaires auxquels se sont ajoutés le syndrome des bâtiments malsains, le syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques (SIOC), le « syndrome éolien » (ou *Wind turbin syndrom*)⁶³ et l'EHS. Tous ces syndromes ont été rassemblés sous le terme d'intolérance idiopathique environnementale (IEI), créé en 1996, pour remplacer celui de sensibilité chimique multiple, mais considéré comme un simple descripteur applicable à « *un trouble acquis, comportant des symptômes récurrents multiples, associé à divers facteurs environnementaux tolérés par la majorité des gens et n'étant expliqué par aucune affection médicale, psychiatrique ou psychologique connue* » (IPCS/WHO 1996). Cette définition a permis à l'OMS d'inclure l'EHS dans ce cadre.

Professeur de médecine interne et anthropologue, Cathébras a rassemblé les différents concepts et descriptions associés aux symptômes médicalement inexplicables et en a fait une analyse détaillée (Cathébras 2006). Dans le cadre de son audition par le groupe de travail, P^r Cathébras a tenu à récuser tout dualisme, à savoir les explications purement somatiques ou purement psychiques. Pour lui, les symptômes somatiques inexplicables ne sont pas « *tout dans la tête* », ni ne relèvent de pathologies organiques méconnues. Il pense que des situations de somatisation chroniques et invalidantes peuvent « *se construire* » à partir de pathologies mineures, lorsque le stress, l'anxiété ou la dépression, les explications médicales discordantes, les jugements des proches et des organismes sociaux s'en mêlent ; d'où la richesse et la grande diversité symptomatique des descriptions cliniques [cf. audition du P^r Cathébras]. Dans l'état des connaissances actuelles, il reconnaît à ces diverses affections trois caractéristiques communes :

- 1) l'autodiagnostic, après un long itinéraire médical et l'aide d'internet ;
- 2) la non reconnaissance par une large majorité du corps médical ;
- 3) et, par voie de conséquence, les mauvaises relations avec ce dernier, mal formé à la prise en charge de ces patients, mal à l'aise face à eux et leur tenant parfois des propos jugés blessants.

Comme l'a montré l'analyse du corpus de lettres de personnes se déclarant EHS (§ 3.1), ces dernières partagent ces trois caractéristiques avec diverses affections (syndrome des bâtiments malsains, SIOC, etc.) fréquemment associées.

3.8.2 Associations observées entre l'EHS et d'autres affections

À notre connaissance, la première mention d'une association de l'EHS avec une autre affection est celle de Flodin *et al.* (2000). Ces auteurs ont relevé une comorbidité élevée dans un groupe de quinze personnes se déclarant EHS, recrutées pour une étude de provocation (cf. § 6.1.1) :

- quatre personnes se plaignaient de sensibilité chimique multiple (26,7 %) ;
- dix personnes avaient fait remplacer leurs amalgames dentaires ;

⁶³ Le « syndrome éolien » est étudié dans l'expertise publiée par l'Anses en mars 2017 : « Évaluation des effets sanitaires des basses fréquences sonores et infrasons dus aux parcs éoliens ».

- deux personnes prenaient des traitements pour la thyroïde ;
- une personne était atteinte de fibromyalgie ;
- un autre d'arthrite rhumatoïde (Flodin, Seneby, and Tegenfeldt 2000).

Par la suite, Levallois *et al.* (2002) ont profité d'une enquête téléphonique mensuelle sur la consommation de tabac en Californie pour réaliser une étude de la prévalence de l'EHS et de la sensibilité chimique multiple, ainsi que de la fréquence de leur association. Pour cela, ils ont ajouté aux questionnaires habituels les trois questions suivantes : (1) êtes-vous « allergique ou très sensibles à proximité d'appareils électriques, d'ordinateurs ou de lignes haute-tension ? », (2) êtes-vous « allergique ou anormalement sensible aux produits chimiques quotidiens » et (3) « un médecin ou un autre professionnel de santé vous a dit que vous aviez une maladie environnementale ou un SIOC ? ». Sur les 2 029 personnes ayant répondu à ces 3 questions (sur 2 072 interrogées) :

- 27 (1,3 %) ont déclaré être uniquement sensibles aux champs électromagnétiques ;
- 446 (22,0 %) uniquement sensibles aux odeurs chimiques ;
- 40 aux deux (2 % de la population totale, mais 59,7 % des 67 sujets sensibles aux champs électromagnétiques et 9,0 % des sujets sensibles aux odeurs chimiques) (Levallois *et al.* 2002).

Paradoxalement, le diagnostic de SIOC a été porté par un médecin plus fréquemment chez les personnes se déclarant EHS que chez celles se déclarant sensibles seulement aux odeurs chimiques : 13/68 (19,1 %) *versus* 37/445 (8,3 %), ($p = 0,013$).

Eltiti *et al.* (2007b) ont réalisé une étude complexe, essentiellement destinée au développement et à l'évaluation d'un questionnaire pour le recrutement de personnes se déclarant EHS. Cette étude a été composée de trois phases ; une phase pilote au cours de laquelle les auteurs ont comparé les symptômes de 50 personnes se déclarant EHS à ceux de 261 témoins ; une phase 1 au cours de laquelle ils ont recueilli et traité les symptômes présentés par 3 633 sujets issus de la population générale ; et une phase 2 qui a porté sur les symptômes rapportés par 88 personnes se déclarant EHS. En outre, à chaque phase, tous les participants étaient interrogés sur leur état de santé général et sur leurs éventuelles maladies chroniques. Les résultats fournis sur ce dernier point sont très succincts. Lors de la phase pilote, la proportion de maladies chroniques a été significativement plus élevée ($\chi^2 = 8,39$, $p < 0,01$) chez les personnes se déclarant EHS (32,0 %) que chez les témoins (14,6 %). Lors de la phase 1, chez les 3 633 personnes issus de la population générale, seuls 19,7 % présentaient une maladie chronique. Lors de la phase 2, chez les 88 sujets se déclarant EHS, la proportion de maladies chroniques a été du même ordre que lors de la phase pilote (37,5 %) et les maladies les plus fréquemment citées étaient le syndrome de fatigue chronique (9,1 %), le diabète (8,0 %), les maladies ostéo-articulaires (6,8 %) et l'hypo- ou l'hyperthyroïdie (4,5 %) (Eltiti *et al.* 2007b).

Schooneveld et Kuiper (2007) ont rédigé un rapport sur une enquête réalisée aux Pays-Bas à l'aide de questionnaires adressés aux adhérents de la Fondation EHS néerlandaise⁶⁴. Cette enquête s'est, entre autre, intéressée aux maladies qui contribueraient, selon les personnes se déclarant EHS interrogées, à leur état, à savoir :

- un *burnout* dans 35,1 % des cas ;
- un SIOC dans 34,2 % des cas ;
- une fibromyalgie dans 29,8 % des cas ;
- un syndrome de fatigue chronique dans 28,9 % des cas ;
- une lésion de contrainte répétitive dans 16,7 % des cas ;
- une mononucléose dans 12,3 % des cas ;

⁶⁴ La Fondation EHS néerlandaise ou *Dutch EHS Foundation* est une organisation non gouvernementale de soutien aux personnes EHS (www.stichtingehs.nl).

- des maladies métaboliques dans 11,4 % des cas ;
- un syndrome des bâtiments malsains dans 7,9 % ;
- un syndrome post-traumatique dans 7,0 % des cas ;
- une algodystrophie⁶⁵ dans 4,4 % des cas ;
- une maladie de Lyme⁶⁶ dans 4,4 % des cas (Schooneveld et Kuiper, 2007).

Plus récemment, De Luca *et al.* (2014) ont mené une recherche systématique d'une sensibilité chimique multiple à l'aide du questionnaire de référence *QEESI*⁶⁷, dans une population de 153 personnes se déclarant EHS, comparées à 147 personnes sensibles aux odeurs chimiques (SIOC) ne se plaignant d'aucune sensibilité aux champs électromagnétiques et à 123 témoins en bonne santé (les résultats biologiques et les limites méthodologiques en ce qui concerne le recrutement des patients sont exposés au § 7.2). Ce travail a montré que l'EHS était associée à :

- la présence d'une symptomatologie caractéristique du SIOC dans 52,7 % des cas et d'une symptomatologie « suspecte » dans 42,0 % ;
- une fibromyalgie dans 4,7 % des cas ;
- un syndrome de fatigue chronique dans 2,7 %.

Dans l'étude de Baliatsas *et al.* (2014), l'association de l'EHS avec d'autres syndromes d'intolérance environnementale est aussi fréquente (Baliatsas *et al.* 2014a) :

- 38 % des participants se déclarant EHS répondent aux critères d'inclusion pour la sensibilité environnementale généralisée, définis par les auteurs et adaptés du questionnaire de Stansfeld *et al.* (Stansfeld *et al.* 1985)

Une association significative entre EHS, intolérance aux odeurs chimiques, syndrome du bâtiment malsain, et intolérance aux bruits est également mise en évidence dans l'étude de Palmquist *et al.* (2014) qui porte sur les 3 406 réponses reçues après envoi d'un questionnaire adressé à un échantillon représentatif (n = 8 520) de la population d'un comté du nord de la Suède. Plus de la moitié des personnes se déclarant EHS ont rapporté au moins un autre syndrome (58,2 % [48,0-67,8]) : l'EHS est ainsi associée à une intolérance aux odeurs chimiques chez 30 personnes sur 91 (33,0 %), à une intolérance aux bruits chez 28 personnes (30,8 %) et à un syndrome du bâtiment malsain chez 26 (28,6 %). À noter que 6 personnes ont rapporté une intolérance à ces quatre facteurs environnementaux (Palmquist *et al.* 2014).

En Suède, Nordin *et al.* (2014) se sont également intéressés à la prévalence de l'intolérance aux odeurs chimiques et au bruit chez 113 personnes se déclarant EHS. Ces auteurs ont utilisé des échelles de sensibilité aux odeurs chimiques (*Chemical Sensitivity Scale, CSS*) et au bruit (*Noise Sensitivity Scale, NSS*). Ils ont montré que l'intolérance aux odeurs chimiques et au bruit était plus répandue chez les personnes se déclarant EHS que chez les témoins issus de la population générale, avec une prévalence de l'intolérance au bruit supérieure à celle des odeurs chez les personnes se déclarant EHS. Les auteurs suggèrent que le lien entre EHS et intolérance au bruit pourrait se faire *via* les acouphènes. La prévalence des acouphènes rapportés au cours d'une semaine était de 35 % chez les personnes se déclarant EHS et nulle chez les témoins (Nordin *et al.* 2014).

L'ensemble de ces résultats suggère qu'il existe un large recoupement entre les prévalences aux différentes hypersensibilités environnementales en général.

⁶⁵ L'algodystrophie ou « syndrome épaule-main » est un syndrome douloureux, qui se développe après une blessure, parfois minime, et qui se caractérise par une douleur de tout un membre sans explication.

⁶⁶ voir note de bas de page n° 173, p195 au paragraphe 7.3, sur la maladie de Lyme.

⁶⁷ Le *Quick Environmental Exposure and Sensitivity Inventory (QEESI)* est un questionnaire comprenant 40 symptômes, validé internationalement. C'est le questionnaire le plus répandu pour le diagnostic du SIOC.

3.8.3 Analogies

Les associations observées au § 3.8.2 entre l'EHS et d'autres affections et leur fréquence font ressortir une double image : celle de la diversité de ces syndromes et celle de leurs ressemblances. Certains auteurs ont inclus l'EHS parmi l'ensemble des affections liées à l'environnement (Brand *et al.* 2009), d'autres classent l'EHS au côté d'autres troubles médicalement inexpliqués, tels que le SIOC (Bartha *et al.* 1999), ou encore de la fibromyalgie, la maladie des « amalgames dentaires », les syndromes de fatigue chronique, des vétérans de la guerre du golfe, des bâtiments malsains ou de l'intestin irritable (de Luca *et al.* 2011). Il en résulte un débat qui reste ouvert sur la question de l'existence de plusieurs syndromes fonctionnels ou, au contraire, de l'expression multiple d'une même configuration pathologique. Cette question avait déjà été posée dans le rapport publié par l'Afsset en 2009 sur les effets sanitaires des radiofréquences.

3.8.3.1 Avec le syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques

En 2004, un groupe d'experts de l'OMS a proposé le terme « intolérance idiopathique environnementale attribuée aux champs électromagnétiques (IEI-CEM) » pour tenir compte de l'absence de tableau clinique caractéristique de l'EHS (OMS 2006). Ce groupe d'experts reprenait le terme d'intolérance idiopathique environnementale (IEI), créé en 1996 à Berlin par le Programme international pour la sécurité chimique de l'OMS, pour désigner le syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques (SIOC) et l'étendait aux états cliniques attribués aux champs électromagnétiques. Le SIOC avait été défini comme « une affection acquise caractérisée par la répétition de symptômes touchant de multiples organes qui surviennent lors de l'exposition à diverses substances chimiques à des concentrations bien inférieures à celles connues pour entraîner des effets dans la population » (Cullen 1987), définition applicable à l'EHS par simple substitution de l'agent supposé être causal, « diverses substances chimiques », par « divers champs électromagnétiques ». Pour le groupe d'experts, « *IEI était un descripteur sans aucune implication étiologique, qu'elle soit chimique, immunologique ou électromagnétique. Il était décrit comme (1) une affection acquise comportant de multiples symptômes récurrents, (2) associée à divers facteurs environnementaux tolérés par la plupart des gens et (3) non expliquée par aucune affection médicale, psychiatrique ou psychologique connue* ». Le rapprochement entre ces deux « hypersensibilités » était par ailleurs justifié par leur fréquente association chez un même individu.

Le rapprochement par l'OMS de ces deux tableaux cliniques sous le terme d'« intolérance idiopathique environnementale », la fréquence de leur association chez une même personne, décrite précédemment⁶⁸ et rapportée par les patients et certaines associations, le fait que des lieux d'accueil (immeuble de Zurich) ou des projets de zone blanche (à Saint-Julien-en-Beauchêne par exemple) s'adressent aux deux catégories de patients, crée une situation qui mérite d'être étudiée de manière plus précise et plus approfondie que cela n'a été fait jusqu'ici.

Dès à présent, toutefois, on peut comparer les données de la littérature sur les symptômes (cf. tableau de comparaison en Annexe 1). La comparaison des 40 symptômes du QEES⁶⁹ avec les 85 répertoriés dans l'EHS montre que 27 (67,5 %) d'entre eux figurent dans l'une des quatre listes de symptômes utilisées pour l'EHS (à savoir celles de Frick *et al.* (2002), Irvine *et al.* (2005), Eltiti *et al.* (2007a) et du PHRC Cochin, cf. Annexe 1), dont :

- six symptômes qui sont également présents dans les quatre listes de symptômes de l'EHS (« maux de tête », « troubles de la mémoire », « difficultés de concentration », « anxiété-stress », « essoufflement », « palpitations »), le seul symptôme manquant étant « fatigue, épuisement » ;

⁶⁸ 59,7 % pour Levallois *et al.* (2002), 17,2 % pour Schooneveld et Kuiper (2007), 52,7 % de façon certaine pour de Luca *et al.* (2014), 38 % pour Baliatsias *et al.* (2014), 33 % pour Palmquist *et al.* (2014), 21,2 % pour Belpomme *et al.* (2015) (cf. § 3.8.2).

⁶⁹ cf. note de bas de page n°67, p68.

- six symptômes à nouveau qui se retrouvent dans trois des listes de l'EHS (« douleurs, tension musculaire », « douleurs articulaires », « nausées », « sensation de tête lourde », « peau sèche », « rash, éruption »). Parmi les six symptômes qui figurent dans trois des quatre listes EHS, mais pas dans le *QEESI*, on note « troubles du sommeil » et « sensations d'instabilité, vertiges » qui sont souvent évoqués par les personnes se déclarant EHS ;
- sept symptômes qui figurent dans deux listes de l'EHS (« faiblesse musculaire », « toux », « douleurs ou crampes abdominales », « ballonnements abdominaux », « irritabilité, crises de colères », « dépression, crise de larmes », « enflure cutanée, urticaire ») ;
- huit symptômes qui figurent dans une seule liste de l'EHS (« crampes musculaires », « brûlures ou irritation des yeux », « rythme cardiaque accéléré », « rythme irrégulier, extrasystoles », « gêne dans la poitrine/douleurs cardiaques », « impression de déconnexion », « engourdissement ou picotement », « troubles des règles »).

Il reste donc 13 symptômes (sur 40, soit 32,5 %) qui ne figurent que dans le *QEESI* (« raideurs musculaires », « raideurs articulaires », « mucosités », « écoulement nasal postérieur », « infections respiratoires », « diarrhée », « constipation », « difficultés à prendre des décisions », « désintérêt pour les activités habituelles », « difficulté d'accommodation oculaire », « visage congestionné », « douleurs pelviennes », « besoin d'uriner fréquemment »). Il n'est pas impossible qu'ils soient également présents chez les personnes se déclarant EHS (ils sont d'ailleurs rapportés par certains témoignages), mais la question ne leur a pas été posée dans les études. De même, trois des symptômes les plus fréquemment mentionnés dans les questionnaires sur l'EHS (« fatigue, épuisement », « troubles du sommeil » et « sensations d'instabilité, vertiges ») ne figurent pas dans le *QEESI*. Ces deux constatations suggèrent que les deux variétés d'intolérance environnementale idiopathique pourraient ne pas avoir le même tableau clinique. En fait, la réponse à cette hypothèse ne peut être apportée que par une étude comparative de ces deux situations cliniques explorant la fréquence et la sévérité des 98 symptômes identifiés dans des populations aux effectifs suffisamment élevés, supérieurs à 500 selon Eltiti *et al.* (2007b).

À l'opposé, on constate que les six symptômes présents à la fois dans le *QEESI* et les quatre questionnaires sur l'EHS (« maux de tête », « troubles de la mémoire », « difficultés de concentration », « anxiété-stress », « essoufflement », « palpitations ») sont couramment observés chez les sujets anxieux, ce qui suggère que ce serait la réaction à l'anxiété, en tant que cause ou conséquence, qui ferait l'unité des deux tableaux cliniques.

3.8.3.2 Avec la fibromyalgie

Les données suggèrent que l'EHS pourrait avoir deux caractéristiques communes avec la fibromyalgie, affection reconnue dans la Classification mondiale des maladies de l'OMS : ces caractéristiques sont, pour l'une, de nature purement clinique et, pour l'autre, de nature physiopathologique.

L'analogie clinique est suggérée par la présence de points sensibles (*tender points*), de localisation précise à la surface du corps dont la pression provoque une douleur ou une sensibilité accrue. Dans la fibromyalgie, l'un des critères de classification retenus par l'*American College of Rheumatology* est la présence d'au moins 11 des 18 points répertoriés (Wolfe *et al.* 1990). Dans l'EHS, les D^{rs} Tournesac et Rosa ont présenté, lors de leur audition par le groupe de travail, des documents d'après lesquels ils auraient identifié 14 points, différents de ceux observés dans la fibromyalgie, deux d'entre eux, para-ombilicaux, étant particulièrement importants.

L'analogie physiopathologique est fournie par les données des techniques d'imagerie (IRM, IRMf et TEP) qui montrent l'existence d'activations anormales des des aires corticales⁷⁰ (cortex

⁷⁰ On admet actuellement (Melzack 1999) que la perception de la douleur est sous la dépendance d'un système qui filtre, sélectionne et module les influx nociceptifs engendrés à tous les niveaux de l'organisme. Ce système, appelé « *pain neuromatrix* » (c'est le terme classique et il est également employé par Landgrebe *et al.* 2008a) a des composantes somato-sensorielles, limbiques et thalamo-corticales. Parmi ces

Suite de la note de bas de page en page suivante.

singuliers antérieurs et insulaires) impliquées dans la perception de la douleur chez des fibromyalgiques (Jensen *et al.* 2012, Napadow *et al.* 2012, Robinson *et al.* 2011) et chez des personnes se déclarant EHS (Landgrebe *et al.* 2008a) (*cf.* analyse de l'article au § 6.2.1.2.8).

3.8.3.3 Avec les acouphènes

Les acouphènes⁷¹ sont des perceptions subjectives d'un son ou d'un bruit en l'absence de stimulus externe sonore et non perçues par l'entourage. Les acouphènes sont constitués de sons très divers (sifflement, tintement, bourdonnement, vrombissement, etc.) et doivent être distingués des hallucinations auditives qui sont des perceptions illusoire de paroles (dans certains cas de dépression ou de psychose par exemple), souvent chargées de sens.

Les acouphènes représentent une plainte (symptôme) fréquente : 10 % de la population adulte européenne, japonaise ou nord américaine aurait des acouphènes de temps en temps (Baguley, McFerran, and Hall 2013). En France, 3,7 millions de personnes souffriraient d'acouphènes fréquents⁷².

Les acouphènes peuvent, entre autre, résulter d'une anomalie de la transmission du son au cerveau. Diverses pathologies peuvent générer des acouphènes : pathologies périphériques de l'oreille externe, de l'oreille moyenne, du système somatosensoriel péri-auriculaire, de l'oreille interne, ou pathologies centrales sur les voies auditives. Les acouphènes sont généralement multifactoriels et modulés par le type de personnalité, le contexte psychosocial du patient, voire le stress.

Dans une grande majorité des cas d'acouphènes, on retrouve un trouble auditif associé. L'acouphénométrie oriente alors le clinicien : si l'acouphène se situe sur une zone de fréquence où l'audition est déficiente, son origine pourra être identifiée. Dans ce cas, la prise en charge thérapeutique adaptée diminue significativement la perception de l'acouphène. Restent au moins 10 % des cas pour lesquels aucune altération clinique ou biologique n'est retrouvée.

L'examen clinique d'une personne souffrant d'acouphènes⁷³ doit comprendre une anamnèse complète, une évaluation des facteurs émotionnels aggravants, du type de personnalité du patient, du vécu professionnel, etc. Des pathologies annexes, telles que les troubles du sommeil, les troubles du système ostéoarticulaire mandibulaire et cervical, les troubles cardiovasculaires,

dernières, figurent les cortex insulaires et cingulaires antérieurs dont l'activation peut être visualisée par les techniques d'IRMf.

⁷¹ Les mécanismes physiopathologiques sous-jacents des acouphènes sont étudiés sur des modèles animaux (Pr S. Shore, *University of Michigan*) et chez l'Homme, dans des populations concernées par les traumatismes sonores (Dr A. Job, GIN, Toulon). En 1993, le Pr Jastreboff a fait un parallèle avec les « douleurs du membre fantôme » et démontré la grande complexité du traitement du signal auditif, modulé par le système limbique (responsable du poids des émotions), bien avant le traitement du signal par le cortex auditif (Jastreboff and azell 1993).

⁷² Données de l'association Journée Nationale de l'Audition (2014).

⁷³ Évaluation clinique des acouphènes : les acouphènes sont évaluables par des échelles internationalement validées (inventaire du handicap acouphénique *THI*, échelle anxiété et dépression *HAD*) permettant d'établir des scores qui mesurent la gêne ressentie par le patient. L'échelle visuelle analogique d'intensité (EVA-I) et de gêne (EVA-G) de l'acouphène sont évaluées par les échelles visuelles analogiques. Une étude menée en 2013 par l'AFREPA (Association française des équipes pluridisciplinaires en acouphénologie) montre une bonne corrélation entre les scores obtenus à l'EVA, la gêne et le THI.

Cependant, comme c'est le patient qui s'auto-évalue, on peut observer des « surévaluations » : en recoupant les informations des scores obtenus aux échelles d'anxiétés et de dépressions, ce biais peut être quantifié.

L'examen clinique minutieux de la sphère « tête et cou » et des mesures de l'audition (objectives telles que les réflexes stapédiens, oto-émissions, potentiels évoqués et subjectives audiométrie tonale et vocale) sont indispensables à l'évaluation du patient acouphénique.

métaboliques et psychiatriques doivent être recherchés à l'anamnèse. Leur prise en charge thérapeutique peut permettre de diminuer ou de faire disparaître les acouphènes.

Landgrebe *et al.* (2009) (*cf.* § 6.1.1.2) et Hutter *et al.* (2010) (article analysé dans le rapport Anses de 2013 sur les radiofréquences) soulignent le fait que les acouphènes sont plus fréquents chez les personnes se déclarant EHS que chez les témoins (Hutter *et al.* 2010, Landgrebe *et al.* 2009). L'interprétation donnée à cette prévalence diffère nettement selon les auteurs. Hutter *et al.* suggèrent de considérer l'exposition aux radiofréquences comme une cause d'acouphènes possibles, alors que Landgrebe *et al.* évoquent l'hypothèse d'un mécanisme physiopathologique commun entre l'EHS et les acouphènes non symptomatiques.

3.8.3.1 Avec les troubles psychosociaux

Les troubles psychosociaux sont des troubles de la santé qui concernent les dimensions psychologiques, physiques, comportementales et sociales. Ils sont provoqués par l'exposition aux risques environnementaux, en particulier professionnels (notamment organisationnels et relationnels) et sociaux qui mettent en jeu l'intégrité physique et mentale des personnes. L'altération de l'état de santé général de ces dernières présente diverses formes bien connues et décrites dans la littérature (Theorell *et al.* 1988, Johnson and Hall 1988, Akerstedt 2006, Bonde 2008) et qui présentent de nombreuses similitudes avec les symptômes décrits par les personnes se déclarant EHS (*cf.* Tableau 3, p57). Le stress fait partie de ces conséquences. Il correspond à un déséquilibre entre les contraintes de l'environnement et la perception des ressources qu'a la personne pour y faire face. Ainsi, les symptômes les plus fréquents caractérisant les troubles psychosociaux sont les troubles du sommeil, l'asthénie, les douleurs musculaires accompagnées de raideur, les difficultés de concentration, l'irritabilité, l'angoisse, l'anxiété, la dépression, les manifestations ORL et respiratoires, les dermatoses, le psoriasis, les allergies cutanées. Parmi les autres troubles, on retrouve les maux de tête, les palpitations cardiaques, l'hypertension artérielle et les troubles digestifs (coliques, gastralgies, gastrites, colopathies). Ces symptômes sont accompagnés d'un sentiment de mal-être et de souffrance. On observe également un isolement social pouvant conduire à une désinsertion et à une cessation d'activité.

3.8.4 Le concept d'hypersensibilité

L'hypersensibilité désigne une sensibilité plus haute que la moyenne, provisoire ou durable, pouvant être vécue avec difficulté par la personne elle-même, ou perçue comme « exagérée » voire « extrême » par l'entourage. Les hypersensibles percevraient leur environnement avec une acuité et une sensibilité particulière. Ce concept est d'abord apparu en psychologie pour être étayer ensuite par des bases neurobiologiques et génétiques.

3.8.4.1 Personnalité hypersensible

Chez l'être humain, la notion d'hypersensibilité⁷⁴, ou SPS pour *Sensory Processing Sensitivity*, a été décrite il y a environ 20 ans par Elaine Aron, chercheur en psychologie et psychothérapeute, et ses collaborateurs à New York (Aron and Aron 1997) (*cf.* Annexe 5).

L'hypersensibilité est présentée par ces auteurs comme associée à un trait de personnalité, un tempérament qui pourrait concerner 20 % de la population.

⁷⁴ La notion de types de « personnalité » est née d'une recherche en biologie sur plus de 100 espèces animales, des insectes aux mammifères, qui a clairement démontré différents comportements, tempéraments ou encore traits de caractères impliquant le fait d'être plus ou moins réactif, flexible, ou sensible à l'environnement (Wolf, van Doorn, and Weissing 2008). Pour Wolf *et al.*, « *un des facteurs fondamentaux structurant les différences de personnalités [animales] est le degré avec lequel le comportement individuel est guidé par les stimuli de l'environnement* ».

Encadré 2 : une échelle de mesure de l'hypersensibilité

Aron et Aron (1997) ont développé une échelle de mesure de l'hypersensibilité des personnes « *Highly Sensitive Person* » ou HSP (cf. Annexe 5).

Cette échelle contient 27 items comme : avoir une vie intérieure riche et complexe, être consciencieux et très touché par les arts et la musique, être plus affecté que les autres par les changements de vie, avoir plus de difficulté à réaliser une tâche lorsqu'on est observé, sursauter plus facilement, être plus sensible à la douleur, à la sensation de faim et à la caféine, etc. Cette échelle contient 7 graduations de 1 = « pas du tout » à 7 = « extrêmement ».

L'hypersensibilité se constitue pendant la vie intra-utérine, se développe dès la naissance, et se manifeste de différentes façons chez les individus. Son degré d'intensité et son évolution, de l'enfance à l'âge adulte, dépendent en grande partie de l'environnement dans lequel la personne grandit.

Si la notion d'environnement n'est pas toujours définie dans la littérature consacrée à l'hypersensibilité, il apparaît que, le plus souvent, il s'agit de l'environnement social. Cependant, l'hypersensibilité impliquerait également une réactivité particulière à des stimuli de l'environnement externe, tels que le bruit ou la lumière (cf. ci-dessous). De nombreuses études sur l'impact de l'environnement social, en particulier chez l'enfant, ont montré que la combinaison d'un environnement précoce non favorable et d'une réactivité émotionnelle exacerbée est associée à des affects négatifs (neurotisme). Cependant, les enfants hypersensibles sont aussi très réactifs aux environnements positifs et semblent même en bénéficier plus que les enfants non hypersensibles (Aron, Aron, and Jagiellowicz 2012).

L'hypersensibilité peut se résumer en quatre facettes principales de sensibilité augmentée (Aron et al., 2012) :

- 1- Réactions émotionnelles, biologiques et au stress exacerbées (incluant l'empathie) ;
- 2- Traitement plus approfondi de l'information sensorielle de manière consciente ou non (*Depth of processing*) : il concerne la sphère cognitive ainsi que le système immunitaire, ou la douleur ;
- 3- Sensibilité aux stimuli subtils de l'environnement ;
- 4- Sensibilité accrue à une sur-stimulation lorsque les stimuli sont trop intenses.

Les personnalités hypersensibles sont davantage gênées par les stimuli intenses de l'environnement, comme le bruit ou la lumière, qui peuvent vite devenir insupportables. Elles sont plus sensibles ou affectées par la caféine, la douleur, réagissent plus fortement aux médicaments, souffrent plus d'allergies. De plus, elles détestent être pressées, sursautent plus facilement, et sont particulièrement sensibles à l'humeur des autres. Les personnes hypersensibles sont décrites comme des êtres à fleur de peau, empathiques, mais aussi créatifs et intuitifs. Ce trait de personnalité est notamment retrouvé chez les artistes et a été largement associé au fait d'avoir des dons.

Cependant, être hypersensible est aussi un défi, dans la mesure où ces personnes sont facilement débordées par les stimuli de l'environnement en absence de lieux avec moins de stimulations ou de lieux pour se retirer ou se reposer. Quand cela devient chronique, un risque de *burn-out* ou de dépression apparaît. Ainsi, chez le sujet hypersensible, l'environnement a un effet plus important que chez ceux qui ne le sont pas.

3.8.4.2 Endophénotypes neurobiologiques

L'échelle de mesure de l'hypersensibilité de Aron et Aron (1997) (cf. Annexe 5) a été associée à des différences d'activation cérébrale en imagerie fonctionnelle par résonance magnétique nucléaire (IRMf). La réactivité et la sensibilité à l'environnement chez les personnes hypersensibles était associée à une réactivité neurobiologique spécifique. Celle-ci est caractérisée par des activations cérébrales plus importantes en réponse à des changements subtils lors de tâches visuelles, notamment dans les régions associées à l'attention et au traitement des

informations visuelles (claustrum, régions occipito-temporales gauches, régions temporales et pariétales bilatérales et cervelet droit) (Jagiellowicz *et al.* 2011).

Acevedo *et al.* (2014) ont montré que l'échelle d'hypersensibilité (HSP) était corrélée avec une plus grande réaction face à des photos de visages heureux ou tristes en comparaison avec des visages neutres dont celles des époux(es) des personnes hypersensibles testées. Les aires cérébrales d'activation les plus intenses sont celles associées à la conscience, l'intégration des informations sensorielles, l'empathie et la planification d'actions (insula, gyrus temporal médian, gyrus frontal inférieur, cortex cingulaire) (Acevedo *et al.* 2014).

3.8.4.1 Prédispositions génétiques

Si l'environnement dans l'enfance a un impact important sur l'expression de l'hypersensibilité, ce trait de personnalité est considéré comme inné, génétiquement déterminé. Dans une revue récente, Homberg *et al.* (2016) ont comparé les caractéristiques de l'hypersensibilité et celles du polymorphisme sur un gène impliqué dans la neurotransmission sérotoninergique associé également à une sensibilité augmentée aux stimuli de l'environnement (Homberg *et al.* 2016). Ainsi, le polymorphisme génétique sur le transporteur de la sérotonine (5-HTT, allèle 's' [*short*] du gène 5-HTTLPR codant pour le récepteur) était associé avec une émotivité et une sensibilité au stress augmentées en comparaison à l'allèle 'l' [*long*] de ce gène. Ce polymorphisme génétique était également associé à un phénotype anxieux, au neurotisme (un des 5 facteurs de personnalité proposés par le *Big five model of personality* (Goldberg 1990)) et à un risque augmenté de pathologies affectives et de dépression, en interaction avec les facteurs de l'environnement (Caspi *et al.* 2003, Caspi *et al.* 2010, Homberg and Lesch 2011). Ainsi, la présence de l'allèle 's' est associée à des différences individuelles au plan comportemental, clinique et de la morphologie (réduction du volume de l'amygdale et du cortex préfrontal médian) et de l'activité cérébrale (hyperactivation de l'amygdale et du cortex préfrontal médian [cortex cingulaire antérieur] en réponse à des stimuli négatifs). De plus, une augmentation de certaines fonctions cognitives (mémoire visuelle épisodique, flexibilité, apprentissage de récompenses probabilistes, attention) en lien avec l'activité cérébrale a été démontrée chez les porteurs de l'allèle 's'. L'hyperactivité de l'amygdale serait en lien avec un éveil émotionnel, une hyper-vigilance et une réponse augmentée aux stimuli sociaux émotionnellement positifs ou négatifs (Belsky *et al.* 2009). Des caractéristiques similaires ont été observées chez le primate non humain porteur de l'allèle 's' sur le même transporteur (rh5-HTTLPR) et chez la souris ou le rat *knockout* avec une délétion du gène 5-HTT (Homberg and Lesch 2011). Pour Homberg *et al.* (2016), les similitudes importantes entre les personnes hypersensibles et celles porteuses de l'allèle 's' [*short*] sur le 5-HTT confortent l'hypothèse d'une composante génétique forte dans l'hypersensibilité, avec des pistes de recherche qui restent à explorer. De même, la nature exacte des effets fonctionnels de l'allèle 's' [*short*] versus 'l' [*long*] n'est pas encore clairement établie (Moore and Depue, 2016).

Enfin, d'autres systèmes de neurotransmission et neuromodulation pourraient être impliqués dans la sensibilité et la réactivité à l'environnement ou l'hypersensibilité, comme le système dopaminergique, le GABA, la noradrénaline ou encore les neuropeptides comme l'ocytocine, les opiacés ou l'hormone de libération de la corticotropine (Chen *et al.* 2011, Moore and Depue 2016).

3.8.4.2 Hypersensibilité et syndromes ou symptômes en lien avec l'environnement ?

À notre connaissance, aucune étude n'a été réalisée sur l'existence d'un lien entre ce trait de personnalité, l'hypersensibilité, et la survenue de syndromes ou symptômes en lien avec l'environnement, ou les intolérances environnementales idiopathiques telles que l'EHS ou la sensibilité chimique multiple (SIOC).

On peut noter cependant l'étude de Sandstöm *et al.* (1997) sur les réponses neurophysiologiques (électrorétinogramme [ERG] et potentiels évoqués⁷⁵ visuels [PEV]) pendant une stimulation lumineuse chez des sujets se déclarant sensibles aux équipements électriques (écrans, lampes fluorescentes, appareils électroménagers, etc.) et chez des témoins non sensibles aux écrans et à la stimulation lumineuse. Les auteurs montrent que les sujets hypersensibles à la lumière présentent une augmentation de l'amplitude de la réponse corticale (PEV) avec les différentes fréquences de stimulations lumineuses utilisées (20-75 Hz), mais pas d'effet sur l'ERG (cf. détails de l'article au § 6.2.1.2.7) (Sandström *et al.* 1997).

3.8.5 Conclusion

Ces associations et analogies multiples entre l'EHS et autres troubles ou syndromes médicalement inexpliqués posent la question, débattue depuis longtemps, de savoir si ces divers tableaux cliniques ne représentent que des variantes d'un même état pathologique ou s'ils constituent chacun une entité propre. En tout état de cause, la proximité avec la sensibilité chimique multiple, d'une part, et la fibromyalgie, d'autre part, incitent à accorder une priorité à des études comparatives entre l'EHS et ces deux entités.

De plus, l'existence d'un trait de personnalité, l'hypersensibilité, et, en partie tout au moins, de ses bases biologiques, fournit une piste de réflexion sur un facteur possible commun à l'EHS et à d'autres troubles ou syndromes médicalement inexpliqués, qui mérite d'être étudié.

Hypothèse 1 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : l'hypersensibilité comme trait de personnalité ?

Cette hypothèse n'a fait l'objet d'aucune étude à ce jour.

⁷⁵ Les potentiels évoqués (PE) sont définis comme des modifications de l'activité électrique du système nerveux en réponse à une stimulation externe (visuelle, auditive, somesthésique ou motrice) ou endogène (PE cognitif). La stimulation doit être répétée un grand nombre de fois pour extraire, par moyennage de l'activité électrique de base, une réponse spécifique de la voie nerveuse stimulée.

4 Contexte général sociétal

Ce chapitre s'intéresse à la manière dont la question de l'EHS est traitée par le corps médical, les pouvoirs publics, les associations et les médias.

4.1 Soins primaires et patients EHS

Ce paragraphe porte sur la prise en charge des personnes se déclarant EHS par les médecins, en examinant les réponses apportées aujourd'hui à la question de l'EHS par le dispositif de soins primaires en France.

4.1.1 Les médecins

De manière générale, les questions relatives aux effets des expositions à des agents présents dans l'environnement (agents biologiques, physiques, chimiques, etc.) sur la santé des personnes s'imposent de toute évidence à l'ensemble de la communauté médicale (les médecins généralistes⁷⁶ ou d'autres disciplines, comme les médecins du travail) en tant qu'acteurs de prévention et médiateurs auprès de la population et de leurs patients. Certains facteurs sont bien connus des médecins (plomb et saturnisme, amiante et mésothéliome par exemple), d'autres le sont moins, voire pas du tout par un grand nombre d'entre eux, ce qui soulève, en premier lieu, des questions sur l'accès des médecins aux informations et aux formations, basées sur les preuves scientifiques.

4.1.1.1 Sources d'informations et connaissances des médecins généralistes sur les effets des champs électromagnétiques

Les quelques études publiées (en Allemagne, en Autriche et en France) concernant le rapport des médecins à l'EHS décrivent en premier lieu un manque d'information et de connaissance des médecins généralistes sur le sujet des ondes électromagnétiques.

En France, pour une majorité d'entre eux (74 %), les médias grand public (presse écrite généraliste, télévision, internet, radio) sont la principale source documentaire ; seuls 26 % déclarent s'informer en lisant des articles scientifiques (Lambrozo *et al.* 2013b).

Cette situation, décrite depuis environ 10 ans, se retrouve dans d'autres pays (Autriche, Allemagne) que la France et semble perdurer (Berg-Beckhoff *et al.* 2010b, Leitgeb, Schröttner, and Bohm 2005). En Allemagne par exemple, une étude sur les connaissances des médecins au sujet des champs électromagnétiques a mis en évidence qu'au moins 30 % d'entre eux ne savaient pas répondre, quelle que soit la question posée (jusqu'à 64 % pour une question sur le DAS) (Berg-Beckhoff *et al.* 2010b, Berg-Beckhoff *et al.* 2014).

La connaissance des sources d'exposition aux radiofréquences les plus courantes semble cependant assez bien maîtrisée par les médecins généralistes français (90 % citent les antennes relais, 86 % les téléphones mobiles, 79 % les fours à micro-ondes). Cependant, d'autres sources sont peu connues (le veille-bébé par exemple, cité par 33 % des médecins seulement) ou reconnues à tort (les GPS⁷⁷ sont cités par 41 % des médecins) (Lambrozo *et al.* 2013b).

⁷⁶ Depuis 2007, en termes juridiques, la médecine générale est une spécialité, au même titre que l'ORL, l'ophtalmologie ou la cardiologie, mais la nature même de sa pratique n'a pas changé.

⁷⁷ Les GPS traditionnels sont des équipements qui n'émettent pas d'ondes radiofréquences. Ils ne sont que de simples récepteurs.

De plus, comme dans la population générale⁷⁸, le niveau de connaissances sur les effets des champs électromagnétiques et sur les ondes électromagnétiques en général semble faible chez les médecins. En effet, la connaissance plus fine des effets sanitaires possibles liés aux champs électromagnétiques est très hétérogène. Par exemple, à la question « Est-ce que les personnes peuvent percevoir les champs électromagnétiques ? », un tiers des médecins généralistes français répondent « oui », un tiers « non » et un tiers « ne sait pas » (Lambrozo *et al.*, 2013).

Cela étant, les enseignements sur les risques environnementaux sont très peu présents dans les programmes de formation médicale initiale et rares dans les formations complémentaires (Diplômes Universitaires, formations en Hygiène, Sécurité et Environnement par exemple).

4.1.1.2 Perception des risques liés aux champs électromagnétiques par les médecins

Plusieurs études (en France (Lambrozo *et al.* 2013a, UMRESTTE 2016), en Suisse (Huss and Rööslü 2006), en Allemagne (Kowall *et al.* 2010) ou en Autriche (Leitgeb, Schröttner, and Bohm 2005)), ont montré que la perception du risque lié aux champs électromagnétiques par les médecins dépendait de plusieurs facteurs (âge, genre, mode d'exercice, au fait qu'ils se déclarent suffisamment informés ou pensent que les pouvoirs publics sont attentifs aux préoccupations de la population, etc.).

Le fait de pratiquer des médecines alternatives et complémentaires est également associé à une perception d'un risque plus grand et à une moins bonne connaissance des effets des champs électromagnétiques (qu'ils soient avérés ou peu probables) (Lambrozo, *et al.*, 2013). Cette tendance est retrouvée dans d'autres études sur des populations de médecins généralistes de nationalités différentes (Huss and Rööslü 2006, Kowall *et al.* 2010).

Enfin, la perception des risques environnementaux des médecins serait également corrélée à leur niveau d'information ressenti sur les champs électromagnétiques. Les médecins qui se considèrent suffisamment informés sur les champs électromagnétiques seraient significativement moins nombreux à considérer la proximité d'une centrale nucléaire (54 % [p < 0,01] contre 65 % pour l'échantillon global) ou d'une antenne relais (36 % [p < 0,05] contre 48 %) comme un danger potentiel que les autres. En revanche, ils seraient plus nombreux à citer le fait d'habiter à proximité d'une autoroute comme un danger potentiel (66 % [p < 0,01] contre 44 % pour l'échantillon global) (Lambrozo, *et al.*, 2013).

4.1.1.3 Positionnement des médecins par rapport à l'EHS

Dans la situation d'incertitude qui prévaut actuellement au sujet de l'EHS, les médecins peuvent avoir des positions très diverses, qui semblent dépendre de leur spécialité ou de leur propre sensibilité. Par exemple, certains médecins acceptent d'établir des certificats attestant d'une EHS, alors que d'autres refusent.

Lors de son audition, le P^r Cathébras a évoqué le rôle de certains professionnels de santé dans l'établissement de la conviction de l'EHS : « *l'attitude du patient est habituellement modifiée d'une manière considérable pendant et par les examens physiques. Ces changements, qui peuvent influencer profondément le cours d'une maladie chronique ne sont pas pris au sérieux ... (et) n'ont jamais fait l'objet d'une véritable investigation scientifique* »⁷⁹.

Le nombre de médecins généralistes estimant qu'une association entre certains symptômes et les champs électromagnétiques est plausible varie selon les études (méthodologie, question posée, année de l'enquête, pays d'origine, etc.) : 54,3 % des praticiens allemands (Kowall *et al.* 2010), 54 % en Suisse (Huss and Rööslü 2006).

En France, une enquête sur l'EHS a été réalisée auprès de médecins généralistes en 2015-2016 (956 réponses, soit un taux de réponse de 11,4 %). À la question « Pensez-vous que les ondes

⁷⁸ L'Eurobaromètre 2010 indiquait que 81 % de la population estime manquer d'information sur ce sujet ou ne la juge pas fiable.

⁷⁹ Il existe cependant quelques travaux sur le sujet, tels que : (Ring *et al.* 2005).

électromagnétiques peuvent être la cause de tout ou partie des symptômes observés ? », 46,2 % des médecins ayant reçu en consultation une personne se déclarant EHS ont répondu positivement (regroupement des réponses « oui et plutôt oui ») (UMRESTTE 2016).

Les praticiens en médecines alternatives et complémentaires (notamment chez les médecins homéopathes) sont davantage convaincus d'un effet possible des ondes en dessous des valeurs limites d'exposition et ont moins confiance dans les organismes scientifiques, avec des disparités selon la spécialité, que les autres généralistes (Huss and Rööslü 2006, Lambrozo *et al.* 2013a, Kowall, Breckenkamp, and Berg-Beckhoff 2015). Cependant, les résultats de ces études sont très hétérogènes. Les échantillons de médecins généralistes interrogés et les méthodologies utilisées sont très différents selon les études, leurs résultats sont donc difficilement comparables.

Par ailleurs, les auditions [*cf.* Auditions du P^r Cathébras, et du D^r Choucroun] ont également souligné la complexité de la relation médecin-patient lorsque le praticien ne peut exclure ou affirmer le lien de causalité entre les symptômes décrits par le patient et l'exposition aux champs électromagnétiques. La difficulté à analyser et interpréter les symptômes des personnes se déclarant EHS est liée, notamment, à la difficulté d'accès des médecins généralistes aux données scientifiques probantes sur les effets des champs électromagnétiques sur la santé humaine. L'absence de consensus médical sur les pratiques de soin adaptées aux besoins exprimés par les personnes se déclarant EHS constitue un écueil dans la relation médecin-patient. En outre, la position ambiguë des pouvoirs publics et des acteurs institutionnels eu égard à l'EHS, constitue une autre difficulté pour les praticiens médicaux pour fournir aux personnes se déclarant EHS vues en consultation des pistes de réponse adaptées.

La relation médecin-patient est particulièrement déroutante pour le praticien lorsque le patient consulte, alors que ce dernier a déjà établi son propre diagnostic et attend qu'il soit confirmé par le médecin.

4.1.2 Les consultations médicales pour patients attribuant leurs troubles aux champs électromagnétiques

Les personnes se déclarant EHS recherchent, comme tous les patients, une prise en charge adaptée de la part des professionnels de santé et, notamment, une écoute, de l'empathie et de la compassion.

D'après les témoignages rapportés au cours des auditions de médecins (voir liste dans le Tableau 1), la confrontation du médecin avec les patients souffrant de maladies que l'on peut regrouper sous le terme « médicalement inexplicables » (syndrome fonctionnel sans physiopathologie communément acquise) est déroutante pour le soignant, et bien éloignée de sa formation. C'est le cas de la fibromyalgie pour le rhumatologue, du syndrome du côlon irritable pour le gastro-entérologue, des acouphènes pour l'oto-rhino-laryngologiste, de la pelade décalvante totale pour le dermatologue, du syndrome de fatigue chronique pour l'interniste, du syndrome d'hyperventilation ou spasmophilie et des douleurs thoraciques non cardiaques pour les pneumologues et les cardiologues, des céphalées pour le neurologue, etc.

« La difficulté de l'EHS, c'est qu'on a des gens qui arrivent déjà avec un diagnostic et les médecins sont dépourvus de moyens. D'habitude, les malades arrivent avec des symptômes, on leur fait des examens et on leur fait un diagnostic. Là, on ne sait pas quel examen faire pour confirmer le diagnostic. C'est déroutant ». Emilie Comte (médecin), 28.02.2014, Lyon (voir rapport (Ouillon 2014)).

Dans cette configuration particulière, où le patient arrive le plus souvent avec son propre diagnostic déjà établi (ou « auto-diagnostic ») et n'attend qu'une confirmation du professionnel, le modèle fonctionnaliste de la relation médecin-malade se trouve modifié. Parallèlement, le médecin, qui a souvent un manque d'expérience et d'information sur le sujet, ne peut exclure ou affirmer le lien avec certitude (Berg-Beckhoff *et al.* 2010a) [voir aussi l'audition de P^r Cathébras].

4.1.2.1 Les consultations en médecine générale

En France, les médecins généralistes sont, dans le système de santé, les praticiens cliniciens de premier recours face à une demande de soin de la population générale.

Des études concernant les personnes se déclarant EHS ont montré que la relation avec la médecine conventionnelle était souvent difficile et non satisfaisante, avec une quête souvent infructueuse de soulagement auprès de ces professionnels de santé et un recours aux médecines alternatives et complémentaires (MAC) fréquent (Baliatsas et al. 2014b, Eek et al. 2009). Le P^r Cathébras a, par exemple, évoqué un « long itinéraire médical [et des...] malentendus avec les médecins » [Audition P^r Cathébras].

La prévalence de l'EHS est difficile à estimer compte tenu de la difficulté à la caractériser (cf. § 3.5). Pour évaluer l'importance de ce problème de santé, il est intéressant d'étudier le nombre de consultations médicales pour des troubles liés aux expositions environnementales aux champs électromagnétiques. Des études conduites en Allemagne et au Danemark ont indiqué une augmentation du nombre de consultations concernant des troubles ou inquiétudes sur l'ensemble des expositions environnementales (Bailer, Witthöft, and Rist 2008, Andersen and Jensen 2012). D'après l'étude de Lambrozo *et al.* (2013), les médecins généralistes français ont déjà été interrogés par leurs patients sur les risques éventuels liés aux champs électromagnétiques dans 74 % des cas (3 % souvent interrogés, 28 % de temps en temps et 43 % rarement). Ils ont été consultés pour des symptômes reliés à l'EHS dans les 12 derniers mois précédant l'enquête dans 30 % des cas. Dans la dernière enquête sur l'EHS réalisée, en France, auprès de médecins généralistes, ce pourcentage était de 26,2 % (UMRESTTE 2016). Le pourcentage de médecins confrontés à l'EHS était moindre que dans d'autres pays : 85 % en Autriche (Leitgeb, Schröttner, and Bohm 2005), 69 % en Suisse (Huss and Rösli 2006), et 73,1 % en Allemagne (Berg-Beckhoff *et al.* 2010a).

Là aussi, les résultats varient selon les conditions de sélection des médecins interrogés et la question posée (selon qu'on leur demande, par exemple, s'ils ont été consultés par des personnes se déclarant EHS l'année précédant l'étude ou s'ils l'ont déjà été de manière générale). Ces données étant peu comparables, il est difficile d'avoir une idée précise du nombre de consultations à l'échelle nationale et de leur évolution dans le temps.

Les études réalisées en Suisse et en Allemagne mettent en évidence plus de consultations en lien avec l'EHS chez les praticiens ayant un mode d'exercice particulier (homéopathie, acupuncture, médecines alternatives, etc.) (Huss and Rösli 2006, Kowall, Breckenkamp, and Berg-Beckhoff 2015). Ceci peut s'expliquer, en partie, par le fait que le positionnement vis-à-vis de l'EHS et la sensibilité des praticiens en médecines alternatives et complémentaires semblent différents de ceux de leurs collègues (voir § 4.1.1).

4.1.2.1 Les consultations des services de pathologie professionnelle et environnementale

L'idée de permettre aux personnes se déclarant EHS de consulter les centres de consultation de pathologies professionnelles et environnementales (CCPP) s'est concrétisée à la suite du Grenelle des ondes (2009) (voir § 4.2).

Le groupe de travail a auditionné deux des médecins qui, dans le cadre des consultations des CCPP, sont connus pour prendre en charge des personnes se déclarant EHS et / ou sensibles aux odeurs chimiques [auditions des D^{rs} Dupas et Choucroun]. Ces auditions sont des témoignages de praticiens, sans exposé de données scientifiques. Un certain nombre d'hypothèses concernant l'origine de l'EHS ont été discutées (voir § 7). Par exemple, le D^r Choucroun a soulevé la question de la composante infectieuse et des pathologies dentaires (sensibilité aux amalgames dentaires, etc.) qui pourraient jouer un rôle dans l'EHS [voir audition D^r Choucroun].

Il n'existe pas de données sur la confrontation des médecins du travail aux problèmes de travailleurs EHS. Le groupe de travail de l'Anses a eu connaissance de demandes d'adaptation au poste de travail sans ondes, mais il n'existe pas de données publiées sur le sujet.

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS), qui est un organisme référent pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles en collaboration avec les Caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat) et les Caisses régionales d'assurance maladie (Cram), effectue actuellement des études sur les résultats des mesures effectuées en milieu de travail et près de machines et installations particulièrement rayonnantes. Les premiers résultats sont présentés dans l'outil simplifié d'évaluation des risques électromagnétiques (OSERAY) dans les rubriques spécifiques à ces machines et installations. Le but est de concevoir des solutions techniques pour réduire les niveaux d'exposition aux ondes électromagnétiques conformément à la directive européenne 2013/35/UE⁸⁰, qui rend obligatoire pour les entreprises l'évaluation de ces expositions. Il s'agit des premières études réalisées en France pour établir un bilan des expositions industrielles.

4.1.2.2 Les autres consultations accueillant des patients se plaignant de troubles qu'ils attribuent aux champs électromagnétiques

Le groupe de travail a tenu à auditionner plusieurs médecins accueillant des patients se déclarant EHS en consultations [voir auditions des D^{rs} Tournesac et Rosa] ou à échanger avec eux par courriel et par téléphone (cas du D^r Chevallier et du D^r Ben Brick).

Ces auditions ont fourni au groupe de travail des témoignages et ont porté à sa connaissance des pratiques empiriques. Elles ne sont pas représentatives de l'ensemble des pratiques médicales et ne constituent pas des éléments scientifiques. Néanmoins, elles ont permis de recenser un certain nombre d'hypothèses pour expliquer tout ou partie de l'EHS (voir § 7), par exemple, celle selon laquelle les personnes se déclarant « *EHS auraient un terrain migraineux* » [cf. Audition du D^r Chevallier].

Par ailleurs, le P^r Belpomme, qui a mis en place une consultation de médecine environnementale dans une clinique privée en septembre 2009, où sont pris en charge notamment des malades qui s'interrogent sur leur éventuelle EHS, a été invité à plusieurs reprises par l'Anses pour être auditionné (le 10 juillet, le 30 septembre, puis le 6 novembre 2014). À chaque fois, le P^r Belpomme a reporté puis décliné l'invitation. Il n'a pas non plus souhaité répondre par écrit aux questions qui lui ont été adressées par le groupe de travail (cf. liste de questions en Annexe 3).

Les experts du groupe de travail déplorent de ne pas avoir pu s'entretenir avec le P^r Belpomme au sujet de l'EHS. Ils ont néanmoins analysé les résultats qu'il a publiés fin 2015 (Belpomme, 2015) (voir analyse détaillée de l'article au § 6.1.2 et Annexe 4).

Le groupe de travail a également pris contact avec le P^r Von Klitzing, qui a reçu des personnes se déclarant EHS en consultation en Allemagne, dès le 23 juillet 2014. Dans l'une de ses publications (Tuengler *et al.*, 2013), le P^r Von Klitzing évoquait un trouble fonctionnel du système nerveux autonome (voir analyse détaillée de l'article au § 6.2.1.2.3). Après avoir accepté, dans un premier temps, l'invitation de l'Anses pour une audition initialement prévue le 6 novembre 2014, le P^r Von Klitzing a annulé sa participation et n'a dès lors plus souhaité être auditionné par le groupe.

4.1.3 L'Académie nationale de médecine

L'Académie nationale de médecine, par la voix de son président, a exprimé à deux reprises (en 2012 et 2014) sa position sur les effets sanitaires des radiofréquences. Dans chacune de ses

⁸⁰ La directive européenne 2013/35/UE concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques) a été transposée en France par le décret n° 2016-1074 du 3 août 2016 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux champs électromagnétiques. Elle impose des limites d'exposition des travailleurs aux champs électromagnétiques fondées sur les effets avérés des champs électromagnétiques sur l'humain (les effets de stimulations des tissus excitables et les courants induits pour les basses fréquences, et les effets thermiques dus à l'échauffement pour les radiofréquences).

communications⁸¹ et dans une « information », l'Académie mentionne que le seul effet biophysique avéré des radiofréquences est un effet thermique et qu'« aucun système sensoriel humain permettant de percevoir de tels champs dans cette gamme de fréquence et de puissance [émises par les antennes-relais] n'a été identifié »⁸².

S'agissant de l'hypersensibilité aux champs électromagnétiques, l'Académie nationale de médecine reconnaît les souffrances des personnes se déclarant EHS, mais, se fondant notamment sur l'absence de lien de causalité avéré, elle a constamment réfuté toute relation entre l'électrohypersensibilité et une exposition aux champs électromagnétiques.

Elle reconnaît notamment que les personnes électrohypersensibles éprouvent une réelle souffrance qui peut « *entraîner un lourd handicap, qui doit être pris en charge comme une affection à part entière, sans tromperie sur son origine et non en arguant d'une sensibilité aux ondes dont le traitement relèverait de « dispositifs anti-ondes » ou de « zones blanches »* » (Communiqué de Presse du 5 mai 2014)⁸³.

Réagissant à la médiatisation de l'octroi par la Maison départementale des personnes handicapées (MDPH) de l'Essonne d'une aide à une personne se déclarant EHS début 2014, l'Académie nationale de médecine a désapprouvé le financement sur fonds publics de dispositifs « anti-ondes », estimant que ceci revenait à « *conforter une croyance dans la réalité de l'effet des ondes sur l'organisme* » et à légitimer des dispositifs dont aucune étude n'a montré l'efficacité sur la santé⁸⁴. Une « Note d'actualité » du 8 septembre 2015 écrite suite à la reconnaissance de l'incapacité d'une personne électrohypersensible par le Tribunal du contentieux de l'incapacité (TCI) de Toulouse reprend les mêmes arguments.

4.2 L'approche de la question de l'EHS par les pouvoirs publics

En 2009, à l'issue du Grenelle des ondes et des travaux de la table ronde « Radiofréquences, Santé, Environnement », le Gouvernement avait retenu dix orientations reposant sur quatre principes : 1) transparence de l'information et des financements, 2) attention aux inquiétudes formulées, 3) précaution et 4) concertation entre les acteurs. Une de ces orientations concernait l'électrohypersensibilité⁸⁵ : « Une prise en charge adaptée pour les personnes hypersensibles ». Elle prévoyait de poursuivre la collaboration avec les équipes de l'hôpital Cochin dans la perspective d'élaborer un protocole d'accueil et de prise en charge de ces patients, et de soutenir la recherche sur les causes de ces symptômes. Ceci a été réalisé avec la mise en place début 2012 d'une étude financée par le Programme hospitalier de recherche clinique (PHRC)⁸⁶, dont les résultats ne sont pas encore connus à ce jour, ainsi que par les appels d'offres spécifiques « hypersensibilité » du Programme national de recherche (PNR) « Environnement, Santé, Travail » géré par l'Anses.

Dans une note du 26 mai 2014 relative à la gestion des risques liés aux radiofréquences à destination des Directeurs généraux des Agences régionales de santé⁸⁷ (ARS), la Direction générale de la santé (DGS) a précisé les éléments de réponse à apporter aux sollicitations des personnes indiquant être hypersensibles aux champs électromagnétiques.

⁸¹ Les « communiqués » font état de positions officielles de l'Académie, alors que les « informations » sont de la seule responsabilité de leurs auteurs.

⁸² <http://www.academie-medecine.fr/publication100100257/>

⁸³ <http://www.academie-medecine.fr/le-5-mai-2014-communique-de-presse-electrosensibilite/>

⁸⁴ <http://www.academie-medecine.fr/electrosensibilite-une-indemnisation-ne-constitue-pas-une-preuve-scientifique/>

⁸⁵ http://www.radiofrquences.gouv.fr/IMG/pdf/Dix_orientations_Gouvernement_RF.pdf

⁸⁶ Voir présentation de l'étude dans la note-de-bas de page n°47, p43.

⁸⁷ Note d'information DGS/EA1 n° 2014-171 du 26 mai 2014 relative à la gestion des risques liés aux radiofréquences, publiée au BO Santé du 15 juillet 2014.

Cette note rappelait que, dans un rapport publié en 2009, l'Afsset avait conclu notamment qu'en l'état actuel des connaissances, « aucune preuve scientifique d'une relation de causalité entre l'exposition aux radiofréquences et l'hypersensibilité électromagnétique n'avait pu être apportée jusqu'à présent ».

Elle indiquait également que les personnes se déclarant EHS qui faisaient appel aux services des ARS pouvaient être dirigées pour une prise en charge vers l'un des 24 centres de consultation de pathologies professionnelles (CCPP) et que, lorsque des personnes formulaient « des demandes spécifiques lors d'une hospitalisation, comme par exemple de disposer d'une chambre ou d'un bloc opératoire exempt de champs électromagnétiques, [...] la prise en charge de la personne [devait] concilier la demande avec les contraintes liées à l'urgence, l'organisation de l'établissement, la délivrance et la sécurité des soins ».

À propos des demandes de création de zones blanches, « les expertises de l'Anses ne [suggérant] pas la nécessité de créer de tels lieux, [...] la DGS n'a pas émis de recommandations au sujet des zones blanches. Les initiatives privées en ce sens ressortent de la liberté individuelle ».

S'agissant des certificats médicaux attestant de l'hypersensibilité aux champs électromagnétiques, la DGS laissait toute latitude aux médecins qui « seront à même d'apprécier au cas par cas l'opportunité de rédiger un certificat médical et de décider du contenu approprié ».

Plusieurs MDPH (Essonne, Ardèche, Ariège) ont reconnu un statut de travailleur handicapé à des personnes se déclarant EHS, sans qu'il soit possible de savoir précisément leur nombre. C'est le cas, par exemple, de la MDPH de l'Essonne qui avait accordé ce statut à ces personnes, et octroyé, pour la première fois en 2014, une subvention à l'une d'entre elles pour financer l'aménagement de son logement (tissus et baldaquin anti-ondes) (voir § 8.3.1.2 sur l'efficacité des dispositifs de protection contre les champs électromagnétiques).

L'Anses a demandé par courrier (envoyés en 2014 et 2015) des précisions aux MDPH de l'Essonne et de l'Ardèche pour connaître les motivations de ces décisions et le nombre d'allocataires qui en bénéficiaient. Aucun courrier de réponse ne lui est parvenu pendant la durée de l'expertise.

Par ailleurs, une personne se déclarant EHS qui avait déposé un recours en avril 2014 contre une décision de la commission des droits et de l'autonomie des personnes en situation de handicap de l'Ariège a obtenu une décision favorable du Tribunal du contentieux de l'incapacité (TCI) de Toulouse le 8 juillet 2015. L'expert désigné par le TCI, médecin généraliste, avait porté le diagnostic de syndrome d'hypersensibilité aux ondes électromagnétiques, assorti d'un pronostic de réversibilité possible (au bout de trois ans), évalué la déficience fonctionnelle de l'intéressée à 85 % et précisé qu'elle ne pouvait pas se procurer d'emploi compte-tenu de son handicap⁸⁸. Dans sa décision, le TCI n'avait pas mentionné de diagnostic et avait simplement « *dit qu'à la date du 01/04/2013, Madame X présent[ait] un taux d'incapacité de 85 % et rempli[ssait] les conditions médicales pour prétendre à l'allocation aux adultes handicapés à compter du 01/04/2013 pour une durée de deux ans.* »

La loi n° 2015-136 du 9 février 2015 relative à « la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques » (dite « loi Abeille ») demande (article 8), que le Gouvernement remette au Parlement un rapport sur l'électrohypersensibilité dans un délai d'un an à compter de la date de promulgation de la loi.

⁸⁸ Est considérée comme travailleur handicapé « toute personne dont les possibilités d'obtenir ou de conserver un emploi sont effectivement réduites par suite de l'altération d'une ou plusieurs fonctions physique, sensorielle, mentale ou psychique » (<http://travail-emploi.gouv.fr/>).

4.3 Associations généralistes et spécialisées sur la question de l'EHS

Des associations ont commencé à s'intéresser à la problématique des implantations d'antennes-relais vers la fin des années 1990. Elles relayaient alors à la fois des interrogations et des revendications de riverains concernant des dossiers locaux, ainsi qu'un point de vue plus général sur les politiques publiques quant à ces implantations, à la réglementation et à l'évaluation des effets sanitaires des radiofréquences (Borraz O 2004). Ces associations ont ensuite évolué pour s'intéresser à la question de l'EHS.

Plus récemment, des personnes se déclarant EHS se sont regroupées dans des associations spécialisées, par exemple « le Collectif des électrosensibles de France » en 2008⁸⁹ ou « Une Terre pour les EHS » en 2011, pour répondre plus spécifiquement à leurs attentes.

Pour échanger et recueillir leurs avis, leurs expériences et leurs revendications, le groupe de travail de l'Anses a auditionné près d'une dizaine de représentants d'associations (voir liste détaillée dans le Tableau 1). Le groupe a pu ainsi approfondir sa compréhension des rôles joués par ces collectifs, de leurs connaissances de l'EHS, ainsi que de leurs attentes.

4.3.1 Mission des associations

Certaines associations ont été spécifiquement créées pour et / ou par des personnes se déclarant EHS (associations « spécialisées »), constituant des collectifs de malades, et sont porteuses d'une expérience ou d'un vécu direct du sujet. D'autres, plus « généralistes », se donnent pour mission de transmettre leur sélection d'informations, accompagnent et / ou fédèrent d'autres structures associatives dans leurs actions. Enfin, le Criirem par exemple, se positionne en tant qu'organisme d'expertise pour la mesure des champs électromagnétique et se déclare « indépendant ».

Ces catégories ne sont pas hermétiques ; des associations peuvent porter plusieurs de ces rôles et les échanges et partages entre elles peuvent être multiples, d'autant que leurs expériences se complètent.

4.3.1.1 Leurs actions

Les associations qui militent spécifiquement sur la question des ondes électromagnétiques sont fréquemment contactées par des personnes ou des institutions cherchant des renseignements sur la question des ondes électromagnétiques, de leurs effets sanitaires et de la législation concernant les dispositifs émetteurs. Elles sont appelées à participer à différents débats et conférences de toutes natures (locaux, télévisés, participatifs, etc.), et / ou organisent régulièrement des rencontres.

La plupart de ces associations rassemblent, organisent et diffusent les informations qu'elles considèrent pertinentes⁹⁰ selon leurs propres critères et en fonction de leurs objectifs. Selon leur structure, elles renseignent le public directement (par exemple par des permanences téléphoniques) et par le moyen de sites Internet. Ces sites, proposés par certaines associations, constituent une source d'information très visible dans le domaine des radiofréquences, en particulier sur les questions relatives aux effets sanitaires et aux procédures d'installation d'antennes relais.

En ce qui concerne la problématique de l'EHS, elles peuvent remplir une mission d'accueil et d'information, ainsi que d'écoute et d'aide à l'hébergement. Les associations sont contactées par des personnes cherchant des informations ou des conseils sur le sujet, et parfois par des personnes en détresse, ayant dû abandonner leur domicile et vivant dans des lieux insalubres, ou cherchant des solutions de repos temporaire. Les associations « généralistes » sur les ondes

⁸⁹ Le « Collectif des électrosensibles de France » et l'association « Priartem » ont fusionné en 2014 pour devenir « Électrosensibles de France/Priartem ».

⁹⁰ Les informations émanant des rapports des autorités sanitaires y sont généralement traitées de manière très critique.

diffusent leur vision de l'existence de l'EHS et contribuent à l'autodiagnostic, mais elles renvoient généralement vers les associations « spécialisées » quand la demande devient spécifique [Voir par exemple les auditions de Janine Le Calvez, Priartem, et de Jacqueline Collard, Zone blanche].

Des associations plus « spécialisées », en particulier les associations d'EHS, fournissent des informations et une aide plus spécifiques. Certaines proposent, quand elles le peuvent, d'aider à trouver des solutions d'hébergement qui correspondent à leurs critères (en matière d'évitement des champs électromagnétiques, notamment). Les difficultés rencontrées par les personnes se déclarant EHS pour utiliser Internet accroissent l'importance pour ces associations d'organiser des rencontres individuelles et collectives dans des lieux où ces personnes se sentent protégées des sources de champs électromagnétiques [voir en particulier l'audition de Philippe Tribaudeau, Une terre pour les EHS].

Ces associations constituent des collectifs d'échange, de partage et d'accompagnement. De par l'importante diffusion des dispositifs mettant en œuvre des ondes électromagnétiques sur le territoire, les personnes qui cherchent à les éviter peuvent être amenées à mettre en œuvre des stratégies d'évitement et d'éloignement considérables. De plus, la souffrance qu'elles expriment est difficilement partageable avec un entourage qui ne l'a pas expérimentée, ce qui peut conduire à une incompréhension, voire à un rejet, qui participe à leur désocialisation. Les associations peuvent permettre de conserver ou de retrouver un lien social dans un collectif où la personne se déclarant EHS se trouve reconnue et comprise [voir l'audition de Philippe Tribaudeau, Une terre pour les EHS].

Elles constituent des réseaux de personnes se déclarant EHS. Par le partage d'expériences, ces associations proposent des réponses empiriques qui cherchent à prévenir ou à réduire la souffrance et la gêne matérielle des ces personnes. Les associations peuvent constituer une forme de soutien moral et informatif dans un long parcours de recherche de soins adaptés et de demandes pour faire reconnaître une souffrance et un handicap. Elles aident ces personnes dans leur recherche d'institutions et de personnels soignants les plus à l'écoute de la problématique EHS, ainsi qu'à la constitution de dossiers, tant du point de vue médical que du point de vue administratif.

Pour autant, l'adhésion d'une personne à l'une de ces associations ne garantit pas nécessairement une amélioration durable de son état. Il a été mentionné, à plusieurs reprises, au cours d'auditions de professionnels de santé, que sur le long terme, la question d'un « entre soi » pouvait se poser, diminuant potentiellement pour certaines personnes la création de nouveaux liens sociaux et l'accès à de nouvelles ressources : l'adhésion à une association d'EHS est « souvent, et paradoxalement, un facteur de pérennisation de la maladie », voire « un facteur aggravant », qu'une fois qu'« ils sont enfermés dedans, ... ils ont très peur de ressortir et de se retrouver face à l'incompréhension... ça devient difficile de les traiter » [Voir auditions du P^r Cathébras et du D^r Choucroun par exemple].

4.3.1.2 Représentation et revendications

Les associations auditionnées jouent un rôle de représentation de leurs adhérents (bien que leur nombre ne soit pas toujours communiqué) et de défense de leurs revendications auprès des institutions, des instances politiques, des agences sanitaires, des organismes de recherche, etc. [Voir par exemple l'audition de Jacqueline Collard, Zone blanche].

Elles portent la problématique de l'EHS et soulèvent des questions sanitaires, politiques et technologiques dans la sphère publique, sur la scène médiatique et dans l'agenda politique, soit spécifiquement, soit comme composante d'une perspective plus globale sur la santé, l'environnement et la biodiversité [voir auditions de José Cambou, FNE, et Madeleine Madoré, Le Lien].

4.3.1.3 Participation à des études et enquêtes citoyennes

Si certains membres actifs d'associations ont des compétences scientifiques, d'autres se revendiquent comme non-scientifiques, mais se considèrent comme des citoyens éclairés. D'une manière générale, les associations participent de près ou de loin à diverses formes d'expériences

dans le domaine de l'EHS (en mettant en œuvre des enquêtes, en essayant de recenser les personnes se déclarant EHS, en réalisant leurs propres mesures, etc.).

Certaines associations effectuent une veille documentaire de la littérature scientifique. Elles considèrent que les études montrant un effet des champs électromagnétiques ne sont pas assez prises en compte par les organismes d'évaluation et de régulation [Voir en particulier l'audition de Sophie Pelletier, Électrosensibles de France/Priartem]. Elles établissent des liens avec leurs homologues au niveau international pour établir, entre elles, une comparaison des témoignages qu'elles enregistrent et des mesures prises par les autorités publiques. Elles peuvent être amenées à participer à l'élaboration et au déroulement de certaines recherches et sont auditionnées dans le cadre de processus d'évaluation.

Certaines associations organisent ou participent à des études et enquêtes citoyennes. Elles ont, par exemple, réalisé auprès de leurs membres et sympathisants des recensements et des appels à témoignages, afin de procéder à un recensement des troubles de l'EHS et à l'estimation de la taille de la population concernée [voir l'audition de Philippe Tribaudeau, Une terre pour les EHS]. Des membres du groupe de travail « radiofréquences et santé » ont également pu constater le développement au sein de l'association Électrosensibles de France/Priartem de procédures expérimentales destinées à étudier les effets ressentis par des personnes se déclarant EHS au regard de leur exposition mesurée en continu par un exposimètre et couplée à une géolocalisation. En effet, certaines associations réalisent des mesures d'exposition. En particulier, le Criirem, fondé sur le modèle de la Commission de recherche et d'information indépendantes sur la radioactivité (Criirad), se positionne en tant qu'organisme d'expertise qui se déclare « indépendant » [Voir l'audition de Pierre Le Ruz, Criirem ou courrier de Générations futures]. On notera cependant que le Criirem n'est pas enregistré dans la liste des laboratoires indépendants accrédités par le Comité français d'accréditation (Cofrac) pour la mesure des expositions aux champs électromagnétiques dans l'environnement⁹¹.

4.3.2 Diagnostics et mécanismes proposés par les associations

Pour la personne se déclarant EHS, l'attribution de ses symptômes aux radiofréquences est souvent un processus long, accompagné d'une errance médicale (cf. § 3.1.4 et article de Dieudonné (2016) présenté au § 6.1.1.1). Le parcours de soin est caractérisé par une multiplication des consultations chez des praticiens de spécialités différentes, ainsi que par une recherche personnelle pour parvenir à préciser les causes de la souffrance et les facteurs qui influent sur son intensité et sa durée, ainsi que son contexte d'apparition et de rémission. Les représentants d'associations auditionnés ont confirmé cet aspect, soulignant la difficulté pour les personnes se déclarant EHS d'obtenir une reconnaissance : certains réclament la reconnaissance de leur souffrance, d'autres de leur statut de handicapé, voire, pour certains, la reconnaissance d'un lien de causalité entre les symptômes ressentis et les champs électromagnétiques. Si certaines de ces personnes ont obtenu une certaine forme de reconnaissance par un statut ou une aide pour handicap, cet octroi se fait sans prise de position quant à la nature de l'EHS elle-même [Voir notamment les auditions de Sophie Pelletier, Électrosensibles de France/Priartem et de Philippe Tribaudeau, Une terre pour les EHS].

4.3.2.1 Diversité individuelle, mais attribution causale identique

Interrogés sur les mécanismes pouvant être à la base de l'EHS, les collectifs de malades ont insisté sur la diversité des sources mises en cause, la très grande multiplicité des effets associés et l'importance des variabilités individuelles [Voir l'audition de Sophie Pelletier, Électrosensibles de France/Priartem].

⁹¹ Cette accréditation est une obligation réglementaire pour effectuer des mesures de l'exposition dans le cadre du dispositif national de surveillance et de mesure de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques, par lequel tout particulier peut solliciter gratuitement l'évaluation de l'exposition, par exemple à son domicile.

Selon certaines associations, chaque cas individuel serait une combinaison de sensibilités particulières aux ondes électromagnétiques incriminées (des basses fréquences aux radiofréquences, d'intensités fortes à très faibles, de signaux de natures variées) et de symptômes rapportés. Elles estiment que cette diversité serait d'autant plus importante que les niveaux de sensibilité à ces ondes seraient multiples et dépendraient du contexte, allant de la gêne à l'hypersensibilité, que la réponse à l'exposition pourrait être immédiate ou différée et que l'affection et ses spécificités évolueraient dans le temps.

Par-delà ces dissemblances, les associations estiment que ces tableaux convergent sur de nombreux points et que, ce qui relierait tous les cas serait le constat, par la personne se déclarant EHS elle-même, d'une aggravation de ses symptômes à proximité d'une source de champs électromagnétiques et d'une amélioration quand il y a éloignement ou protection vis-à-vis de la source.

4.3.2.2 Mécanismes explicatifs proposés

Pour certaines associations, les autorités publiques n'accordent pas assez d'importance aux études qui montrent des résultats positifs, ce qui les détourne de la recherche de mécanismes physiques et / ou biologiques à l'origine de l'EHS.

Les associations ont adopté plusieurs pistes d'exploration quant aux mécanismes possibles de l'EHS, depuis les magnétosomes jusqu'à la perméabilité de la barrière hémato-encéphalique en passant par le stress oxydant [cf. auditions de Sophie Pelletier et Janine Le Calvez, Électrosensibles de France/Priartem, de Philippe Tribaudeau, Une terre pour les EHS, de Pierre Le Ruz, Criirem, de Agnès Fontana, Robin des Toits]. La plupart de ces propositions se retrouvent dans la littérature scientifique à disposition du groupe de travail. Pour les associations, la réduction de la problématique à une dimension psychologique constitue un biais important, qui freine la recherche de troubles organiques et nuit à la prise en charge des personnes.

Selon elles, l'idée générale qui se dégage serait qu'une réaction biologique du corps humain aux champs électromagnétiques, dont le mécanisme n'est pas encore identifié, existerait pour un faible niveau d'exposition. Cette réaction serait sans effet sanitaire dans la vaste majorité des cas, mais serait à l'origine d'un trouble chez les personnes se déclarant EHS. Ce trouble pourrait être lié à l'intensité, la durée ou la diversité des signaux [auditions de Sophie Pelletier et Janine Le Calvez, Électrosensibles de France/Priartem, de Philippe Tribaudeau, Une terre pour les EHS, de Pierre Le Ruz, CRIIREM].

Lors des auditions, il a également été fortement souligné la possibilité d'un lien entre l'EHS et d'autres affections, en particulier les « maladies environnementales émergentes » (telles que le SIOC⁹²) ou d'autres pathologies (telles que la fibromyalgie⁹², le syndrome de fatigue chronique ou la maladie de Lyme⁹³). Selon elles, ce lien pourrait être le signe de réactions différentes à un même problème (par exemple, un « burn-out environnemental ») ou d'un « effet cocktail » lié soit à une co-exposition (co-morbidité) soit à une relation séquentielle (l'EHS pourrait alors être la conséquence d'une première atteinte qui ne serait pas causée par une onde électromagnétique).

⁹² Cf. § 3.8.3 sur les analogies entre le SIOC, la fibromyalgie, les acouphènes et l'EHS.

⁹³ Cf. note de bas de page n° 173, p196 au paragraphe 7.3 sur la maladie de Lyme.

4.3.2.3 Soin et protection

Au cours des auditions, les associations ont confirmé qu'en matière de soin médical, devant le manque de réponse spécifique trouvée auprès des praticiens « conventionnels », les personnes se déclarant EHS ont recours aux « médecines alternatives ». Les associations diffusent parfois quelques conseils de l'ordre de l'hygiène de vie ou de l'alimentation, sans intervenir dans le domaine de la pratique médicale [Voir les auditions de Sophie Pelletier, Électrosensibles de France/Priartem et de Philippe Tribaudeau, Une terre pour les EHS].

Les prescriptions des associations sont plus affirmées à l'encontre des dispositifs destinés à diminuer les expositions aux ondes⁹⁴. En effet, le marché de tels dispositifs s'est développé à destination des personnes se déclarant EHS et celles soucieuses des effets sanitaires des champs électromagnétiques en général. Certaines associations soulignent que la teneur frauduleuse, potentielle ou avérée, de nombreuses offres commerciales représente « un vrai problème » [Sophie Pelletier, Électrosensibles de France/Priartem]. Elles font œuvre de mise en garde dans ce domaine et préconisent l'usage de dispositifs pour lesquels (rideaux, papiers peints, etc.) une diminution de l'exposition est mesurable (voir évaluation de leur efficacité au § 8.3.1.2)⁹⁵.

4.3.3 Attentes des associations

D'une manière générale, les associations auditionnées mettent en avant l'importance de leurs attentes vis-à-vis du développement d'une approche ouverte de l'EHS de la part des autorités sanitaires. Si elles expriment un manque de confiance vis-à-vis des autorités publiques, elles souhaitent néanmoins la mise en place de relations de confiance mutuelle sur le long terme. Elles appellent au développement de mesures de prévention primaire et de recherches permettant de mettre en évidence de manière objective les troubles des personnes se déclarant EHS.

4.3.3.1 Reconnaissance du handicap et de l'EHS

Certaines associations militent pour la reconnaissance de l'EHS en tant que maladie causée par les champs électromagnétiques et la reconnaissance du handicap qu'elle constitue pour les personnes qui en sont atteintes (pour voir ce qu'il en est dans les autres pays, se reporter au § 8.2). Elles souhaitent que celles-ci puissent se voir octroyer une aide pour des équipements de protection et l'aménagement de postes adaptés en milieu professionnel.

Les associations relèvent l'existence de prises en charges partielles (exemples des allocations par les MDPH) ou à l'étranger et plaident pour des « soins centrés sur la personne » [Madeleine Madoré, Le Lien] ou une « prise en charge globale » [Agnès Fontana, Robin des toits]. Elles appellent à une reconnaissance collective et générale.

Le manque d'information des médecins sur l'EHS a également été souligné [Philippe Tribaudeau, Une terre pour les EHS, Sophie Pelletier, Électrosensibles de France/Priartem].

4.3.3.2 Réduction de l'exposition

Les associations auditionnées plaident pour l'application du principe ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) pour les valeurs limites d'exposition et / ou d'émission, demandant que les valeurs limites d'exposition soient abaissées [Agnès Fontana, Robin des toits, Pierre Le Ruz, Criirem, Janine Le Calvez, Priartem]. Plutôt que de multiplier en conséquence le nombre

⁹⁴ Exemple de dispositifs destinés à diminuer les expositions aux ondes : patchs, étuis de téléphone, pendentifs, pierres « minérales » ou encore rideaux et papiers peints.

⁹⁵ Alertée par la Criirad fin 2015, la DGCCRF a réalisé une enquête sur des pendentifs anti-onde susceptibles d'être radioactifs présents sur le marché national. Cette enquête a conduit à suspendre la commercialisation de ces produits, puis à les retirer du marché.

d'antennes pour maintenir la qualité du service en intérieur⁹⁶, certaines associations plaident pour une modération des usages.

Certaines associations appellent également à ce que dans les cas où une alternative filaire existe, celle-ci soit systématiquement substituée à son équivalent sans-fil [Agnès Fontana, Robin des toits].

4.3.3.3 Zones à faibles niveaux d'exposition aux champs électromagnétiques

De nombreuses associations militent pour la mise en place de zones où les émissions d'ondes mesurées seraient minimales ou les plus proches de zéro (le seuil d'acceptabilité reste à définir, notamment en fonction de la fréquence, une approche de type le plus proche de zéro ne permettant pas une mise en place opérationnelle). Il s'agit soit de protéger certains lieux dans lesquels les personnes se déclarant EHS sont amenées à se rendre, comme les établissements recevant du public (hôpitaux, etc.) ou les transports en commun, soit de constituer des zones dites « blanches » [Voir en particulier les auditions de Jacqueline Collard, Zone Blanche et de Philippe Tribaudeau, Une terre pour les EHS].

Ces « zones blanches » concernent des espaces de refuge, soit temporaires dans lesquels ces personnes pourraient venir se « ressourcer », soit pour une plus longue durée (lieux de vie ou habitations spécialement aménagées).

Les associations identifient de nombreux obstacles à de telles réalisations, tant en ce qui concerne la maîtrise technique (ne serait-ce qu'au vu de la diversité des sources de rayonnement), que réglementaire (puisque les opérateurs ont une obligation légale de couverture nationale). Quelques associations soulignent une autre difficulté d'ordre social avec, d'un côté, l'épreuve que constitue la sortie de ces zones dans le cas où la disposition serait temporaire et, de l'autre, le risque de dérive vers l'isolement et / ou le repli sur soi [notamment Agnès Fontana, Robin des toits, Philippe Tribaudeau, Une terre pour les EHS].

Est parfois proposée, comme dans le cadre des discussions⁹⁷ relatives au projet de « zone blanche »⁹⁸ à Saint-Julien-en-Beauchêne (dans les Hautes-Alpes), la mise en place de recherches médicales avec des volontaires parmi les résidents de ces zones lorsqu'elles seront mises en place [Michèle Rivasi, Présidente, et Jacqueline Collard Trésorière de l'association Zone Blanche].

4.3.3.4 Protocoles de recherche et interprétation des résultats

Des représentants d'association auditionnés ont critiqué certains protocoles de recherche (type d'ondes étudié, critère de non-recrutement d'EHS, etc.) et / ou l'interprétation des résultats dans les articles qui en sont issus [voir les auditions de Sophie Pelletier, Électrosensibles de France/Priartem, Jacqueline Collard, SERA]. Ils plaident pour que les protocoles des projets de recherche soient plus axés sur la mise en évidence de marqueurs biologiques de l'EHS [Pierre Le Ruz, Criirem, Sophie Pelletier, Électrosensibles de France/Priartem]. Ils plaident également pour que, « *d'une part, les études montrant des effets ne soient pas expertisées selon des critères plus sévères que celles n'en montrant pas et d'autre part, que les critères de méthodologie et de faisabilité des projets de recherche ne contribuent pas à créer une situation de prédominance d'une école de pensée ou de vision dogmatique* » [Audition Électrosensibles de France/Priartem].

Selon ces représentants associatifs, il existe une tendance *a priori* à l'attribution des symptômes des personnes se déclarant EHS à des aspects psychiatriques ou pour le moins subjectifs. D'après eux, certains articles scientifiques éviteraient de proposer des pistes de recherche ou des conclusions à partir des données qu'ils exploitent, ce qui ralentirait la recherche d'une objectivation

⁹⁶ Cf. les travaux du Comité de pilotage mis en place pour étudier la faisabilité d'un abaissement de l'exposition aux ondes électromagnétiques émises par les antennes relais (COPIC 2013).

⁹⁷ voir présentation de l'enquête et du projet au § 2.4.2.

⁹⁸ Voir la définition de « zone blanche » au § 8.3.2.1.

des troubles organiques de l'EHS [voir auditions de Madeleine Madoré, Le Lien, Sophie Pelletier, Électrosensibles de France/Priartem, Pierre Le Ruz, Criirem].

Les associations indiquent que de nombreuses personnes se déclarant EHS seraient prêtes à participer aux études médicales, à condition de mettre en place un contexte de confiance mutuelle et de collaboration entre sujets et chercheurs. C'est d'ailleurs ce qu'indique le résultat du questionnaire « zone blanche » présenté au § 2.4.2 : sur les 352 personnes interrogées, 29 se sont déclarées prêtes à participer à des études cliniques sans condition et 221 en fonction des conditions de l'étude (cf. Tableau 6).

Tableau 6 : intention de participer à des études cliniques

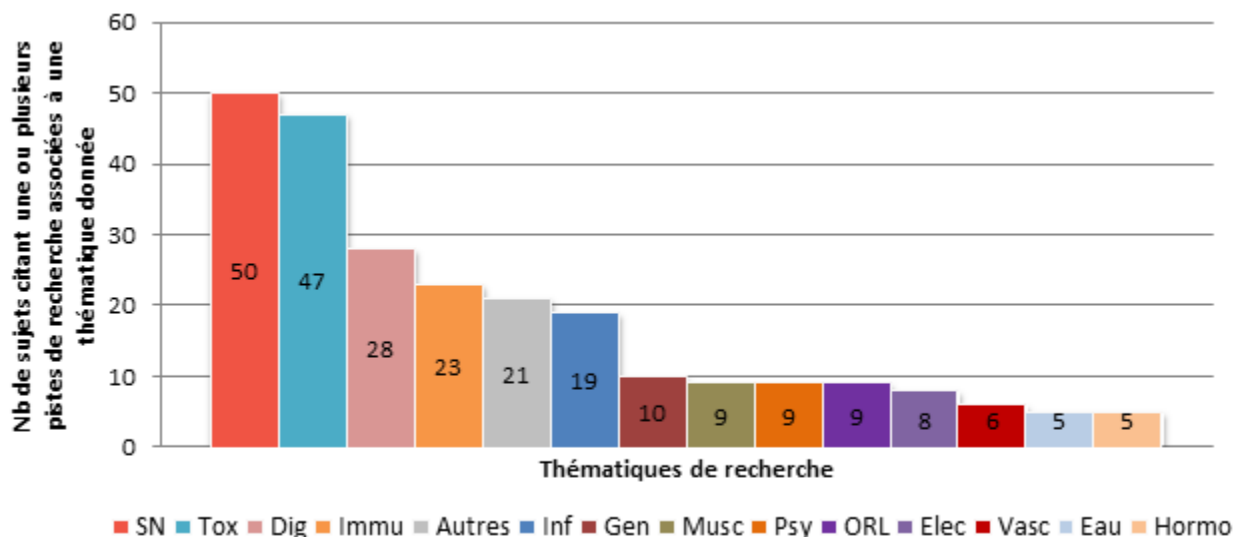
Recherche	Effectifs		%	
	Oui sans condition	29	8,2	
	Oui selon conditions	221	62,8	
	Ne se prononce pas	60	17	
	Non	38	10,8	
	Absence de réponse	4	1,1	
	Total	352	100	

Source : Questionnaire « zone blanche » - 2015

4.3.3.5 Sujets de recherche proposés par des personnes se déclarant EHS candidates à l'établissement d'une zone blanche

Sur 352 réponses de personnes se déclarant EHS dans le cadre d'une enquête réalisée auprès de personnes intéressées par le projet de « zone blanche » à Saint-Julien-en-Beauchêne (voir présentation du questionnaire au § 2.4.2), 120 faisaient au moins une suggestion en ce qui concerne les pistes de recherche jugées prioritaires.

Une personne pouvait suggérer plusieurs pistes d'une même thématique (alors comptabilisée une seule fois) ou de plusieurs thématiques (comptabilisées une fois chacune). Les 120 suggestions ont été classées par thématiques et comptabilisées afin de faire émerger des pistes de recherche jugées prioritaires. La Figure 4 présente la répartition des pistes de recherche proposées.



Légende, détails sur les thématiques	Abréviations
Syst. nerveux : cerveau, sommeil/fatigue, barrière hématoencéphalique, encéphalosc...	SN
Toxicité des métaux lourds et produits chimiques : amalgames dentaires, intoxication chimique	Tox
Syst. digestif et alimentation : compléments alimentaires...	Dig
Syst. Immunitaire : allergies, dysfonctionnement immunitaire, histamine...	Immu
Autres : effet cocktail, comorbidités, canaux ioniques, réactions cutanées, stress cellulaire	Autres
Infection : Lyme, autre agent infectieux...	Inf
Génétique : profils de patients, facteurs de prédisposition...	Gen
Troubles musculo-squelettiques : douleurs musculo-articulaires, tremblements...	Musc
Psychisme : psychologie, troubles du comportement, émotions...	Psy
ORL : vertiges, acouphènes, système auditif	ORL
Électricité corporelle : conductivité organisme, électricité cellulaire, mise à la terre du corps...	Elec
Cardiovasculaire : activité électrique du cœur, tachycardie...	Vasc
Influence de l'eau : humidité, mémoire de l'eau	Eau
Syst. hormonal : dysfonctionnement du système endocrinien, de la thyroïde...	Hormo

Source : Questionnaire « zone blanche » - 2015

Figure 4 : pistes de recherches jugées prioritaires par des personnes se déclarant EHS et par ordre décroissant d'occurrence

Ainsi, les pistes de recherche évoquées par ces personnes relèvent majoritairement de deux grandes catégories : le système nerveux (50 sujets), et la toxicité des métaux lourds ou produits chimiques (47 sujets).

La thématique « système nerveux » regroupait plusieurs symptômes (fatigue, troubles du sommeil, maux de tête, etc.). Les suggestions ont été de précision inégale. Certaines étaient formulées de manière assez générale (« effet sur les capacités cognitives : mémoire apprentissage créativité », ou encore « effets des ondes sur le sommeil des personnes se déclarant EHS »). D'autres, au contraire, étaient décrites avec un certain niveau de détails scientifiques, voire proposaient des mécanismes à approfondir : « recherche sur le traitement par les anti-histaminiques, anti-inflammatoires permettant l'amélioration de la vascularisation du cerveau », ou bien « modulation de l'horloge circadienne », « désynchronisation de l'expression des gènes du rythme circadien [...], des cryptochromes CRY1 CRY2 qui s'expriment de façon rythmique dans le noyau suprachiasmatique pour maintenir un rythme circadien activité-repos qui semble perturbé [chez les personnes se déclarant EHS] » (voir notamment un courrier du D' Ben-Brick de l'unité de consultation des pathologies professionnelles et environnementales (UCPPE) de Poitiers, datant du 13 décembre 2013).

La thématique « toxicité » était, quant à elle, plus homogène. Parmi celle-ci, la question sur le rôle des métaux lourds dans l'EHS a été reprise 40 fois (sur 47 occurrences de la thématique). Les personnes s'interrogeaient en particulier sur les méthodes de détoxification de l'organisme.

Les thématiques « alimentation » et « système immunitaire » étaient citées également plus de 20 fois chacune. Elles sont représentatives de troubles ressentis par les personnes se déclarant EHS (intolérance ou allergies, alimentaires ou non, fatigue), et des pistes de traitement explorées par de nombreux sujets (compléments alimentaires notamment).

La thématique « infection » a été citée par 19 personnes. Au sein de cette catégorie, la question d'un lien possible entre l'électrohypersensibilité et la maladie de Lyme (voir note de bas de page n° 173, p207 à ce sujet) a été soulevée par 12 personnes différentes.

Enfin, 9 personnes s'interrogeaient sur l'impact des champs électromagnétiques sur le psychisme.

4.3.3.6 Information des professionnels de santé

Lors des auditions, les associations ont, de manière générale, souligné le manque de connaissance de la problématique EHS par les professionnels de santé. Les associations insistent sur l'importance de la mise en place d'une information et de formations à destination des professionnels de santé (notamment médecins généralistes) et, par ailleurs, des Agences régionales de santé (ARS) (voir à ce sujet le § 4.1.1).

4.4 L'EHS dans les médias

Durant la décennie 1990, les médias ont traité de nombreux scandales sanitaires qui se sont succédé (amiante, sang contaminé, affaire de la clinique du sport, etc.). Après la loi du 1^{er} juillet 1998 relative à la veille sanitaire et au cours des années 2000, la régulation en santé-environnement a évolué avec la création et le développement des agences nationales de sécurité sanitaire. Pour autant, l'existence publique d'objets d'alerte, plus ou moins engagés dans des controverses scientifiques et des polémiques publiques, n'a eu de cesse d'occuper une place importante dans les médias. L'essor de la téléphonie mobile, et notamment le déploiement des antennes relais sur le territoire national, a développé et maintenu un questionnement public autour de leurs effets sur le plan sanitaire et social⁹⁹. Dans ce contexte, la question des effets sanitaires des ondes électromagnétiques s'est établie durablement dans les médias français et la place médiatique accordée aux personnes se déclarant EHS a évolué, tant du point de vue de l'espace et du temps qui leur sont accordés, que dans les modalités de ce traitement médiatique.

4.4.1 Analyse du traitement médiatique du concept d'EHS

L'analyse du traitement médiatique du concept d'EHS a été réalisée à partir des informations issues des bases de données d'actualité de la presse écrite et d'émissions télédiffusées. Les émissions radiophoniques et les diffusions occasionnelles de documentaires dans les salles de cinéma n'ont pas été prises en compte.

Un *corpus* de textes sur la problématique des effets sanitaires des ondes électromagnétiques a été constitué à partir de la presse francophone pour la période 1989-juin 2014. Ce *corpus* de 5 437 textes de la presse est issu des bases de données de presse écrite (Lexis-Nexis, Factiva et

⁹⁹ O. Borraz, M. Devigne, D. Salomon, *Controverses et mobilisations autour des antennes relais de téléphonie mobile*, rapport du CSO/FNSP, 2004.

Europresse)¹⁰⁰, ainsi que d'additions manuelles¹⁰¹. Son analyse a été effectuée avec le logiciel Prospéro, qui permet l'analyse de contenu de *corpus* textuels en utilisant des statistiques lexicales et des analyses ontologiques¹⁰².

Le *corpus* de documents télédiffusés a été constitué à partir d'une interrogation du moteur de recherche du fond audiovisuel de l'inathèque (INA) sur les ondes électromagnétiques et l'EHS. Essentiellement incomplet, il permettait de corroborer partiellement et d'illustrer l'analyse conduite sur le *corpus* de presse écrite.

Sur ce *corpus* d'articles de la presse francophone concernant les effets sanitaires des ondes électromagnétiques, une ou plusieurs dénominations de l'EHS apparaissaient dans 620 textes, proportion du même ordre que celles de recensements analogues concernant la presse britannique (Eldridge-Thomas and Rubin 2013). Au vu du *corpus*, le thème de l'hypersensibilité individuelle aux ondes électromagnétiques était abordé par la presse écrite essentiellement à partir de l'année 2006. Durant la période 2006-2012, 10 % des articles du *corpus* contenaient au moins une dénomination de l'EHS. Depuis 2012, cette proportion des articles est en augmentation, atteignant 50 % pour les 6 premiers mois de l'année 2014.

¹⁰⁰ La collation de ces données s'est effectuée entre 2007 et 2014, période durant laquelle l'accès à ces bases a évolué, selon leur disponibilité ou pour compléter le bouquet des titres disponibles. Les requêtes sont spécifiques à chaque moteur de recherche mais restent équivalentes. Pour Factiva, celle-ci consiste en : (téléphon* mobile* or antenne*-relai* or électromagnétique* or WiFi or Wimax) and (risque* or trouble* or dange* or nocivit* or effet*) and santé*. N'ont pas été retenus les articles d'information purement économique et les brèves.

¹⁰¹ Ces additions manuelles concernent des publications non déposées dans les bases mentionnées, telles que le *Journal de l'environnement* ou *Le quotidien du médecin*.

¹⁰² Pour cette analyse, la dénomination EHS regroupe les variations suivantes : hypersensibilité de personnes aux champs électromagnétiques, « hypersensibilité » aux champs électriques, intolérance aux champs électromagnétiques, électro(-hyper)sensibilité, EHS / E.H.S., hypersensibilité, électromagnétique, HSEM, ElectroHyperSensibilité, Électro-hypersensibilité, hypersensibilité aux ondes électromagnétiques, hypersensibilité aux champs, « hypersensibilité » à l'électricité, maladie des radiofréquences, hypersensibilité aux champs électromagnétiques, personnes (électro)hypersensible, personnes dites/ se disant électro-hypersensibles, électro(-hyper)sensible(s), ERS, personnes électrohypersensibles, ElectroHyperSensibles, sujets humains électrosensibles, personnes (dites/ prétendent) électrosensibles, personnes - dites électrosensibles - ;

ainsi que les termes anglais suivants : *Electromagnetic hypersensitivity*, *electro hyper sensitivity*, *hypersensitivity to electromagnetic fields*, *electromagnetic hypersensitivity*, *Electrosensitivity*, *electric hypersensitivity*, *electrical hypersensitivity*.

4.4.2 Des premières mentions à la dénomination d'un trouble

Jusqu'en 2006, les articles qui pouvaient être associés au thème de l'EHS traitaient d'une « maladie des radiofréquences », surtout mise en avant par la plainte de riverains d'antennes relais, et associée principalement à des troubles ORL, une importante fatigue et des maux de tête insupportables, mais en mettant rarement en avant une sensibilité particulière. Ces textes se référaient souvent aux travaux effectués depuis les années 1990 par Roger Santini, comme l'illustre l'article « Maladies des radiofréquences : de nouvelles ondes incriminées » publié par *Science et avenir*¹⁰³, qui rendait compte de son enquête par questionnaire de symptômes ressentis par les riverains d'antennes-relais. En 2003, toutefois, les résultats de l'étude de provocation « TNO » (the *Netherlands Organisation for Applied Scientific Research, Physics and Electronics Laboratory* (Zwamborn *et al.* 2003)) concluant, entre autres, à l'existence de sujets électrohypersensibles aux ondes UMTS ont été relayés dans quelques articles (voir analyse de l'étude au § 6.2.1.2.4).

Comme pour la presse, le traitement télévisuel des controverses autour de la téléphonie mobile semble concerner principalement les conflits d'installation d'antennes relais et des cas de cancers infantiles, comme ceux de Saint-Cyr-L'École. Le documentaire « Les risques du portable » (1999)¹⁰⁴ présentait, quant à lui, un entretien avec Stephen C.¹⁰⁵, qui a dû quitter son travail à la *British Telecom* suite au déclenchement de migraines, de problèmes de désorientation et de perte de mémoire.

4.4.3 Médiatisation de cas individuels et expression de plaintes collectives (2006-2009)

À partir de 2006, la presse a multiplié les références à un trouble, alors considéré avec sérieux, mais toujours controversé, associé à une variété de symptômes de plus en plus grande, allant du mal de tête et de la fatigue aux problèmes cardiaques et vasculaires en passant par les troubles du sommeil. La dénomination du trouble par les médias va progressivement se stabiliser au profit du terme « électrohypersensibilité » (EHS)¹⁰⁶.

Au cours des années 2006-2009, les médias vont traiter la thématique de l'EHS en rendant publics quelques cas qui vont donner corps à la revendication d'une plus grande sensibilité individuelle aux ondes. Ainsi, le procès opposant Sabine R. à son bailleur à l'été-automne 2006, qui demandait à être déménagée en « zone blanche », va être l'occasion de décrire une personne électrohypersensible et son quotidien. Elle sera ainsi amenée à détailler ses maux et à présenter les protections installées dans son logement, par exemple au cours du reportage « Ondes électro sensibles »¹⁰⁷.

Le cas de deux sœurs vivant dans un village de Bourgogne a également été présenté à de nombreuses reprises, médiatisant une image de l'électrohypersensible socialement isolé et couvert de longs tissus protecteurs. Le documentaire « Les ondes de l'angoisse »¹⁰⁸ met en scène la fuite hurlante de l'une des sœurs lorsqu'elle se rend compte que les journalistes n'ont pas éteint

¹⁰³ Laurent Clause, « Maladies des radiofréquences : de nouvelles ondes incriminées », *Science et avenir*, décembre 2001, 658, 82-89.

¹⁰⁴ Première diffusion dans l'émission *Envoyé spécial* sur France 2, le 21 octobre 1999.

¹⁰⁵ Pour le présent paragraphe, il a été convenu de ne pas désigner nommément les personnes, à l'exception des personnalités publiques. Pour autant, leur identité ayant été publiée dans les articles de presse, il n'y a pas lieu de les anonymiser en totalité.

¹⁰⁶ Sur la constitution de l'EHS comme cause sanitaire à cette période, voir (Chateauraynaud and Debaz 2010).

¹⁰⁷ Diffusé au cours du 19|20 de France 3, le 8 septembre 2006.

¹⁰⁸ Première diffusion dans le magazine *Complément d'enquête* sur France 2, le 5 janvier 2009 ; un extrait sera rediffusé le 15 octobre 2011.

leurs téléphones mobiles, en l'accompagnant du commentaire : « un cri de douleur qui durera le temps de couper notre portable et d'apaiser son angoisse ».

Autre exemple, en Alsace, avec le cas de Matthias M., ancien instituteur devenu sans domicile fixe et vivant dans la nature pour s'éloigner des ondes. En janvier 2009, pour le mettre à l'abri des très basses températures, le maire de la commune a demandé son hospitalisation psychiatrique. De nombreuses voix se font alors entendre, et en particulier l'association Robin des Toits par voie de presse, pour réclamer sa sortie¹⁰⁹.

La médiatisation de ces cas personnels et de leurs troubles s'accompagne le plus souvent de la description des défenses qu'ils mettent en place : pose de matériaux isolants dans les habitations, équipements personnels de protection, utilisation d'appareils de mesures, évitement et éloignement des sources considérées comme émettrices de champs électromagnétiques.

À l'automne 2007 et au printemps 2008, l'écho de plaintes plus collectives s'est fait jour dans plusieurs bibliothèques parisiennes, des employés se plaignant de maux de tête, de vertiges et de nausées. Les bornes Wi-Fi nouvellement installées ont alors été désactivées ou retirées dans certaines bibliothèques municipales (comme à Sainte-Geneviève), et leur déploiement a été abandonné à la bibliothèque nationale (Afsset 2009).

La question ne se cantonne dès lors plus à quelques cas isolés, mais concerne des groupes de plus grande taille, et relève alors d'un traitement collectif, d'autant que la contestation concerne le Wi-Fi, qui s'installe alors massivement dans les foyers par la multiplication des « box » d'accès à Internet. D'un côté, les partisans d'un effet sanitaire des ondes en appellent au principe de précaution, tandis que certaines critiques s'adressent aux syndicats et aux associations accusés d'avoir organisé une « psychose collective », dans un contexte de mise en place de ces matériels accompagnant une nouvelle organisation des activités, sans concertation au sein des établissements. L'argument de l'effet *nocebo* (voir § 7.7 et définition en 5) est alors relayé par la presse : « *une croyance en la nocivité d'un médicament ou d'un environnement provoque des effets secondaires ! Ce serait la certitude des effets néfastes des ondes qui induirait les symptômes* »¹¹⁰.

Il faut également signaler que c'est au cours de l'année 2008 que le lien entre le nom du Professeur Belpomme et l'EHS est apparu dans la presse. Après avoir ouvert une consultation de médecine environnementale, il est rapidement devenu le principal référent médical du point de vue médiatique.

Bien qu'encore secondaire dans le *corpus* de textes sur la problématique des effets sanitaires des ondes électromagnétiques (voir § 4.4.1), l'électrohypersensibilité devient progressivement un thème incontournable des grands débats autour des effets sanitaires des ondes électromagnétiques et constitue un argument porté plus ou moins spécifiquement lors de contestations d'implantation d'antennes relais et des épisodes judiciaires du corpus. Les médias ont été amenés à aborder la question de l'électrohypersensibilité lors du lancement du 2^{ème} Plan national santé-environnement (PNSE2) en 2009, des rapports d'expertise sur les radiofréquences (Afsset 2009), et des dispositifs de concertation (conférence de citoyens « Ondes, santé, société » de la Ville de Paris et Grenelle des ondes en 2009).

4.4.4 La constitution d'une représentation médiatique de l'EHS (2010-2014)

Avec un traitement plus spécifique, la thématique de l'EHS donne lieu à l'exacerbation par les médias de certains aspects qui constituent une « image médiatique » des personnes se déclarant EHS, avec par exemple l'écho donné à des événements, comme l'installation d'un camping « zone refuge », le regroupement de personnes se déclarant EHS en forêt de Saoû (juin 2010), ou à des

¹⁰⁹ « Electro... choqué », *Le Canard Enchaîné*, 21 janvier 2009.

¹¹⁰ Sylvie Riou-Milliot, « Peut-on être électrosensible ? », *Sciences et avenir*, 15 mai 2009.

situations spécifiques comme celle de personnes vivant dans des grottes. Dans ce contexte, la question de l'origine psychosomatique du trouble est toujours très présente, en particulier lors de la contestation par les associations et les personnes se déclarant EHS de « l'étude Cochin » (mars 2012), qu'ils dénoncent comme biaisée par un *a priori* d'attribution à un trouble psychologique, ou du renvoi de leurs revendications aux « peurs irrationnelles » par la ministre déléguée aux PME, à l'Innovation et à l'Économie numérique, Fleur Pellerin, à l'occasion des débats sur la loi « dite Abeille » (janvier 2013).

Pour autant, cette image de l'EHS évoquant une personne présentant des troubles mentaux et vivant réfugiée dans une grotte est progressivement contrebalancée par un certain nombre de prises de parole de personnes qui décrivent le basculement de vies ordinaires, montrent une diversité de l'ampleur des troubles, et illustrent la possibilité du maintien d'un certain confort de vie par des mesures personnelles de prévention. La montée en visibilité de collectifs organisés, dans lesquels se trouvent des personnes ayant une formation et / ou une profession scientifique ou technique, concourt également à contrefaire la représentation de la personne se déclarant EHS comme réticent par principe à la technologie. De plus, des personnalités publiques commencent à témoigner sur l'EHS pour elles-mêmes ou au nom de ceux qui n'ont pas accès à la parole, pour donner une nouvelle forme de légitimité à l'EHS. Il s'agit, par exemple, de déclarations télévisées, comme celle de la comédienne Audrey Dana sur sa sensibilité aux ondes, de la publication du cas familial du sportif de haut niveau Gaël Prévost ou de l'interview donnée à un journal norvégien, le 14 août 2015, par l'ancienne directrice générale de l'OMS et ancienne première ministre de la Norvège, Gro Harlem Brundtland, sur sa sensibilité aux téléphones mobiles. De même, à l'occasion de la publication, à la rentrée 2013, d'un roman portant sur le thème, l'écrivain Jean-Yves Cendrey a témoigné dans un grand nombre d'émissions télévisées et radiophoniques de sa condition, en tant que personne se déclarant EHS.

L'écho des débats parlementaires au sujet de la régulation de l'émission des ondes électromagnétiques a également donné une ampleur politique aux revendications des électrohypersensibles (voir aussi § 4.2 sur l'approche de l'EHS par les pouvoirs publics).

Le *corpus* de textes sur la problématique des effets sanitaires des ondes électromagnétiques (voir § 4.4.1) a présenté au long de son histoire une importante technicité et de nombreux points de controverses et de polémiques. Le traitement médiatique de la question s'est fait l'écho de la montée progressive de l'EHS, comme cause particulière au sein du dossier, celle de personnes se réclamant d'une sensibilité particulière et délétère aux ondes, contre lesquelles elles développent des procédures d'évitement, de protection et de prévention, et qui revendiquent la mise en place d'aménagements spécifiques.

4.4.5 L'information médiatique a-t-elle une influence sur la perception des risques par la population ?

Quels impacts peut avoir la présence du thème des effets sanitaires des ondes électromagnétiques dans les médias sur ses représentations dans la population ? Si cette question est parfois posée (Witthoft and Rubin 2013, Mortazavi, Atefi, and Kholghi 2011b), elle n'est pas spécifique à l'EHS. Elle interroge de manière plus large les modalités du traitement des risques par les médias, ainsi que celui des informations scientifiques et sanitaires en général. Les médias sont nombreux et hétérogènes : selon le support ou l'approche, le temps ou l'espace à disposition, les attentes supposées du lectorat ou de l'auditoire, ou encore la spécialisation du journaliste, le sujet sera plus ou moins documenté et approfondi et son approche plus ou moins partielle.

Le travail journalistique visant à exposer de manière plurielle la diversité des points de vue, tend à symétriser le traitement de ceux-ci, et peut sembler donner le même poids et la même légitimité aux diverses positions opposées dans une controverse, même si elles n'ont pas le même poids dans la « communauté scientifique ». De plus, ce travail ne consiste pas à communiquer la seule information scientifique, mais également à contextualiser un sujet, à le mettre en histoire et à expliciter les enjeux qui lui sont associés. Dans les domaines sanitaires et environnementaux, il s'agit donc à la fois d'explicitier clairement les dimensions scientifiques et techniques de l'objet

concerné, d'informer sur l'évaluation du risque, et aussi de traiter des enjeux économiques, des questions juridiques, du mode de décision, des luttes d'influence, des choix sociétaux associés, etc. Cette dimension contextuelle est d'autant plus importante à la lumière de récents travaux sur l'histoire de certaines questions sanitaires et environnementales (Proctor 2011, Oreskes and Conway 2012, Girel 2014).

Un certain nombre de travaux cherchent à établir un lien entre le traitement médiatique des effets sanitaires des ondes électromagnétiques et leur perception dans la population¹¹¹. Pris sous l'angle psycho-sociologique, psychométrique ou culturel, il s'agit au fond souvent de lier diffusion médiatique, croyance, représentations et aussi, parfois, mobilisation, souvent en généralisant à partir d'expériences particulières. Ces travaux s'inscrivent dans une approche utilisée de longue date, qui a pu avoir un intérêt pour une compréhension de mécanismes psycho-sociaux concernant des risques industriels bien établis. Depuis une quarantaine d'années, la prise en compte, la publicisation et la politisation de risques bien moins établis a rendu le procédé peu pertinent¹¹². Cette approche oppose de manière réductrice une évaluation objective des risques par une expertise technique et scientifique à une construction émotionnelle et irrationnelle d'une perception de ce risque par la population générale. Selon cette approche, le produit émotionnel serait entretenu ou suscité par les médias qui, relayant les inquiétudes, les rumeurs, voire les peurs, en constitueraient la caisse de résonance. Ce phénomène serait largement amplifié avec la popularisation d'Internet, et surtout, serait déterminant dans la structuration d'une opinion publique¹¹³. Cette vision du rôle des médias peut parfois aider à comprendre des épisodes singuliers, comme la diffusion d'une rumeur, mais elle n'est guère satisfaisante pour traiter des phénomènes de long terme, complexes, incertains, et porteurs d'enjeux multiples et hétérogènes.

Les politiques publiques peuvent être amenées à prendre en compte une échelle des préoccupations relatives. Néanmoins, cette dernière ne peut se substituer au travail d'objectivation du risque dans la hiérarchisation des priorités. Il est nécessaire de comprendre que la représentation du risque se construit à partir « *des outils, des ressources (notamment cognitives) que les acteurs mobilisent, mettent en œuvre. Sont en effet considérés comme risques les problèmes « mis en forme», « équipés» en tant que risques* » (Gilbert 2003). Il est dès lors possible d'intégrer le fait que les médias ont, parmi d'autres, un rôle dans la définition d'un problème public comme un risque, tant comme relais, qu'éventuellement comme producteurs, sans pour autant surévaluer ce rôle.

La question des personnes se déclarant EHS n'est pas spécifique en cela. Par effet de catégorisation, le regroupement des plaintes correspondant à l'EHS est grandement facilité une fois la souffrance nommée et caractérisée. Plus cette catégorie est diffusée (par exemple par voie médiatique), plus des personnes en souffrance peuvent la considérer comme une piste pour désigner et comprendre leur propre trouble. La force de cette éventuelle attribution dépendra évidemment des autres possibilités en concurrence, de la manière dont la catégorie aura été

¹¹¹ C'est par exemple le cas, dans les contextes britannique et norvégiens, de Eldridge-Thomas B, Rubin GJ (2013) et de Huiberts (2013) qui soulignent le décalage entre la position des instances scientifiques officielles et les arguments développés dans la presse, et affirment que cela pourrait entraîner une augmentation de la prévalence de l'EHS, en augmentant le nombre d'attributions et d'autodiagnostic.

¹¹² Comme le montrait déjà Claude Gilbert, « La fabrique des risques », Cahiers internationaux de sociologie 1/2003 (n° 114), p. 55-72 URL : www.cairn.info/revue-cahiers-internationaux-de-sociologie-2003-1-page-55.htm. DOI : 10.3917/cis.114.0055.

¹¹³ C'est dans cette lignée que s'inscrivent les travaux de Gérald Bronner, par exemple *La Démocratie des crédules*, Paris, PUF, 2013.

exposée, de la cohérence entre sa description et le vécu de la personne, et du recoupement avec d'autres sources (médias compris)¹¹⁴.

¹¹⁴ On peut ici proposer une analogie avec le « syndrome de l'étudiant en médecine », phénomène dont la réalité et l'ampleur ne font pas consensus, mais qui est largement pris en compte comme une étape constitutive de l'apprentissage : parce que récemment étudiée, une pathologie se verra plus facilement diagnostiquée ou auto-diagnostiquée.

5 Mécanismes d'interaction avec les champs électromagnétiques dans le monde vivant

Définitions liminaires

En préalable à toute discussion, il est nécessaire de définir la terminologie utilisée :

Perception : événement cognitif dans lequel un stimulus ou un objet, présent dans l'environnement immédiat d'un individu, lui est représenté dans son activité psychologique interne, *en principe de façon consciente* (selon le dictionnaire Larousse).

Sensation : phénomène qui traduit, de façon interne chez un individu, *une stimulation d'un de ses organes récepteurs* (selon le dictionnaire Larousse).

La sensation est l'impression produite par les objets extérieurs *sur un organe des sens, transmise au cerveau par les nerfs, et aboutissant à un jugement de perception*. Les sensations sont passives, lorsque l'organe reçoit l'impression sans l'avoir cherchée ; elles sont actives, lorsque l'attention de l'individu se concentre pour les juger avec plus d'exactitude. La sensation du froid, du chaud. La sensation des saveurs, des odeurs, des couleurs (selon le Littré).

Le chapitre 5 tente de proposer des mécanismes d'interactions entre les ondes électromagnétiques et le corps humain, susceptibles d'expliquer la « sensibilité » de certains sujets à ces ondes. Dans un premier temps, il décrit les mécanismes de perception des champs électromagnétiques de faible intensité par certains organismes. Puis, il étudie plusieurs hypothèses émises pour établir un lien éventuel entre les réponses biologiques et / ou physiologiques du corps humain aux expositions aux champs extrêmement basses fréquences et aux radiofréquences. Enfin, il étudie la question de la perception consciente des champs électromagnétiques chez l'être humain à travers les résultats d'études cliniques de provocation.

5.1 Cas particulier de la magnétoperception

Rappelons tout d'abord que la magnétoperception concerne uniquement la perception d'un champ magnétique statique (c'est-à-dire invariable dans le temps) et, en pratique, du champ magnétique terrestre.

La magnétoperception existe dans le monde vivant. On peut alors se demander si l'être humain peut aussi percevoir le champ magnétique terrestre (consciemment ou non). Cette interrogation trouve sa légitimité dans le fait que de nombreuses espèces animales sont connues pour utiliser le champ magnétique terrestre afin de s'orienter. La perception de ce champ géomagnétique est démontrée chez certains microorganismes, ainsi que chez de nombreux métazoaires (drosophiles, abeilles, truites, oiseaux migrateurs, etc.) (Wiltschko and Wiltschko 2005). Chez les mammifères non-marsupiaux, la magnétoperception est suspectée chez certaines espèces migratrices comme les cétacés, mais non prouvée. Des études ont aussi montré que la perception du champ magnétique pouvait s'étendre aux mammifères non-migrateurs, tels que les rats-taupes par exemple (Němec *et al.* 2001). Une étude controversée a même suggéré que les vaches auraient tendance à s'aligner sur le champ magnétique (Begall *et al.* 2008) ; cependant, cette étude n'a pas été répliquée. La magnétoperception pourrait ainsi être plus répandue dans le monde animal que communément admis. De ce fait, il pourrait être tentant d'extrapoler et de proposer l'existence d'une magnétoperception chez l'être humain comme début d'explication de l'EHS.

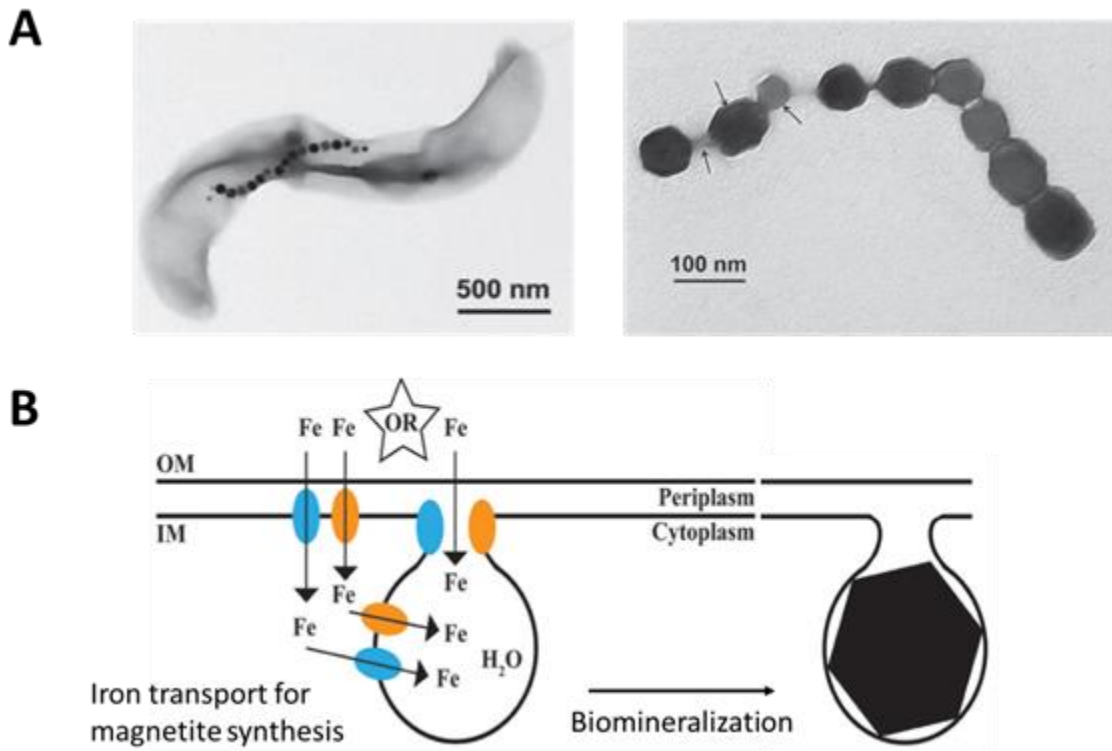
Que sait-on à l'heure actuelle de la magnétoperception ? Tout d'abord, dans le monde vivant, il existe plusieurs systèmes biologiques de détection des champs magnétiques. Tous les animaux cités ci-dessus ne perçoivent pas le champ magnétique de la même façon : certaines espèces semblent être sensibles à l'intensité ou à la polarité magnétique (nord / sud), alors que d'autres distinguent plutôt la direction du champ magnétique. La littérature scientifique montre qu'il existe deux mécanismes majeurs de détection directe du champ magnétique. Le premier système de

perception repose sur des cristaux d'oxyde de fer, appelés magnétite. Le second repose sur l'activation de protéines et l'emploi de réactions chimiques radicalaires.

5.1.1 Les systèmes de magnétoperception

5.1.1.1 La magnétite

Le premier système de magnétoperception a été mis en évidence à la suite des études menées sur les bactéries magnétotactiques (Blakemore 1975). Ces bactéries ont la capacité de se déplacer en suivant l'inclinaison du champ géomagnétique, ce qui les aide pour s'orienter le long de colonnes d'eau et de sédiments, cela afin de trouver des milieux favorables à leur croissance. Ces bactéries ont la particularité d'être pourvues d'organites spécialisés nommés magnétosomes. Ces magnétosomes sont des structures subcellulaires très organisées, entourées d'une bicouche lipidique associée à des protéines, et contenant des cristaux de minéraux de fer (soit de la magnétite (Fe_3O_4), soit de la greigite (Fe_3S_4)). Les magnétosomes s'alignent en chapelets au cœur de la cellule bactérienne (cf. Figure 5A). La taille des cristaux (entre 35 et 120 nm suivant les espèces) et leur motif en chaîne permettent à cette structure d'avoir un moment magnétique permanent (comme les aimants) qui sera responsable de l'orientation de la bactérie. La formation des magnétosomes est un phénomène très complexe et très régulé (Rahn-Lee and Komeili 2013). Cela implique des modifications au niveau de la membrane cytoplasmique, la capture du fer et sa cristallisation (cf. Figure 5B). Certains gènes nécessaires à la formation des magnétosomes ont été identifiés et, pour beaucoup d'entre eux, aucun gène homologue n'a été mis en évidence chez les vertébrés (Lower and Bazylinski 2013). Ces structures sont donc très spécifiques aux microorganismes magnétotactiques et, jusqu'à présent, ce type d'organite intra-cellulaire n'a pas été retrouvé chez les vertébrés.

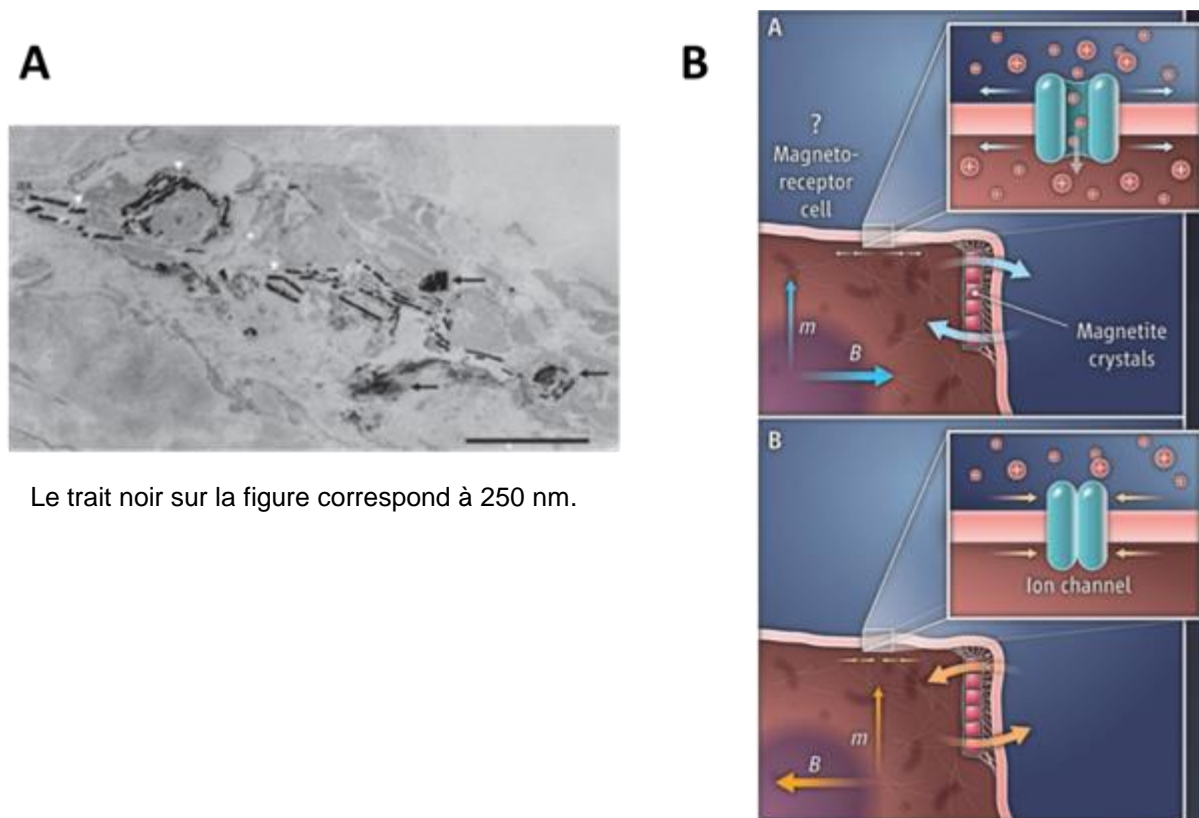


A) Photo en microscopie électronique à transmission d'une bactérie magnétotactique possédant une chaîne de magnétosomes (agrandie sur la photo de droite) (d'après Lower & Bazylinski, 2013).

B) Modèle de formation du magnétosome et biominéralisation de la magnétite. (d'après Rahn-Lee & Komeili, 2013).

Figure 5 : magnétosome

Les magnétosomes sont donc des structures peu répandues au sein du monde vivant. En revanche, la magnétite a été retrouvée dans un large éventail d'organismes, de la bactérie jusqu'à l'être humain. Ces dernières années, des études menées chez certains oiseaux migrateurs ont permis une meilleure connaissance des systèmes de magnétopercption constitués de cristaux d'oxyde de fer. Trois structures différentes ont été décrites comme responsables de la sensibilité de ces animaux au champ géomagnétique (O'Neill 2013). Parmi ces structures, deux utilisent la magnétite comme système détecteur primaire. Des cristaux de magnétite sont ainsi retrouvés dans la partie supérieure du bec, ainsi que dans la lagena, un organe spécifique aux oiseaux et aux poissons, localisé dans l'oreille interne. Cette magnétite forme des particules qui peuvent être détectées en microscopie (cf. Figure 6A). La taille de ces cristaux est toutefois insuffisante pour générer un moment magnétique permanent à température physiologique. L'hypothèse actuelle (Winklhofer 2012) postule la formation d'une couche de magnétite au contact de la membrane cellulaire. La variation du champ électromagnétique déformerait cette couche de particules ferromagnétiques, ce qui en retour déformerait la membrane et permettrait l'activation de canaux ioniques mécano-sensibles (cf. Figure 6B).



Le trait noir sur la figure correspond à 250 nm.

A) Visualisation des cristaux de magnétite (indiqués par des flèches) au niveau des terminaisons nerveuses du bec (d'après O'Neill, 2013).

B) Hypothèse de l'activation de canaux ioniques via les particules de magnétite (d'après Winklhofer, 2012).

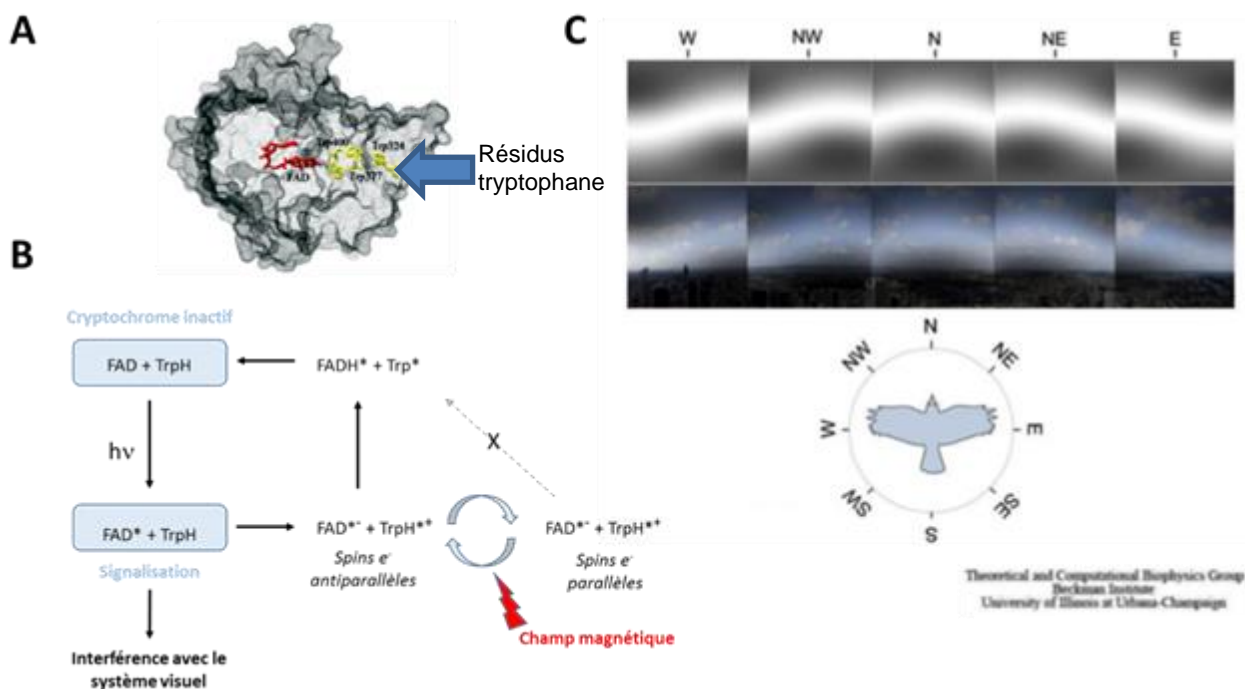
Figure 6 : la magnétite

On peut aussi signaler que des cellules riches en magnétite et pouvant prétendre jouer le rôle de magnéto-récepteurs ont également été identifiées dans l'épithélium olfactif chez la truite (Eder et al. 2012).

5.1.1.2 Les cryptochromes

Un second système de magnétopercption a été décrit chez de nombreuses espèces animales et végétales. Ce système n'utilise pas de cristaux possédant un moment magnétique permanent, mais une famille de protéines photoactivables appelées cryptochromes. Chez les oiseaux migrateurs, ce facteur est présent dans l'œil (O'Neill, 2013). Les cryptochromes présentent une forte homologie de séquence avec les photolyases, des enzymes qui utilisent l'énergie lumineuse pour réparer l'ADN. Les cryptochromes sont retrouvés chez les plantes et les animaux (l'être humain inclus), et ils semblent faire office de photorécepteurs de lumière bleue (sans aucun rapport avec la vision ou sans aucune activité de réparation de l'ADN, contrairement aux photolyases). C'est d'abord chez la plante *Arabidopsis thaliana* qu'il a été montré que les réponses cryptochrome-dépendantes pouvaient être affectées par un champ magnétique (Ahmad et al. 2007). Cette observation a été confirmée chez des drosophiles qui, n'exprimant plus de cryptochrome, perdent leur capacité à répondre à un signal magnétique (Gegear et al. 2010). Le mécanisme moléculaire impliqué dans la sensibilité au champ magnétique commence à être compris. Les cryptochromes sont des flavoprotéines qui fixent la Flavine adénine dinucléotide (FAD) comme co-enzyme (cf. Figure 7A). L'énergie lumineuse est utilisée par le couple protéine / FAD pour induire un transfert d'électron. Il se forme ainsi une paire de radicaux constituée du $FAD^{\cdot-}$ et d'un acide aminé voisin, $TrpH^{\cdot+}$. Ces radicaux sont instables et tendent à retrouver leur état d'origine (cf. Figure 7B). La sensibilité au champ magnétique vient du fait que cette réaction radicalaire dépend de l'orientation du spin des électrons (il faut que les spins des deux radicaux soient antiparallèles pour que la réaction se fasse). Le champ magnétique modifiant la précession des électrons, il va de ce fait influencer sur le temps passé dans l'état de spin antiparallèle et ainsi

jouer sur la cinétique de ces réactions transitoires (Maeda *et al.* 2012). Autrement dit, le champ magnétique joue sur le rendement de la réaction chimique radicalaire. Chez l'oiseau, ceci affecte vraisemblablement le champ de vision, générant des zones plus brillantes ou plus sombres suivant l'orientation de l'animal dans le champ géomagnétique (*cf.* Figure 7 C). On peut souligner que ce modèle est satisfaisant pour expliquer l'orientation dans un champ magnétique statique, mais que son efficacité pour détecter des champs magnétiques à plus hautes fréquences, notamment radiofréquences, n'a pas été prouvée.



Source : d'après Maeda *et al.*, 2012.

Source : d'après (Solov'yov, Mouritsen, and Schulten 2010).

Figure 7 : A) protéine cryptochrome avec ses trois résidus tryptophane conservés (en jaune) et son co-facteur, le FAD (en rouge). B) version simplifiée des réactions radicalaires impliquées dans l'activation/désactivation du cryptochrome. C) modélisation de la perception visuelle du champ magnétique chez les oiseaux migrateurs

5.1.2 L'être humain est-il sensible au champ magnétique terrestre ?

Les molécules impliquées dans la magnétoperception (magnétite et cryptochromes) sont présentes chez l'être humain.

Hypothèse 2 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : existe-t-il un système magnéto-sensible chez l'être humain ?

L'hypothèse selon laquelle la survenue de l'EHS serait due à l'existence de systèmes de magnétoperception chez l'être humain a été abordée lors des auditions d'Électrosensibles de France/Priartem, de Robin des Toits, des D^s Tournesac et Rosa, du D^r Choucroun et dans le courrier de Générations Futures.

Tout d'abord, des cristaux de magnétite ont été purifiés biochimiquement à partir de cerveaux humains (Kirschvink, Kobayashi-Kirschvink, and Woodford 1992). Le protocole utilisé a détruit l'organisation cellulaire des tissus, il est donc impossible de savoir si ces cristaux sont associés aux membranes cellulaires ou inclus dans des organites particuliers. Plus de vingt ans après cette découverte, il n'est pas possible de parler de magnétosome dans le cerveau humain. Ce dernier contient plusieurs nanogrammes de magnétite par gramme de tissu, ce qui représente plusieurs

dizaines de millions de cristaux par gramme. D'après les données biochimiques, il semble que la distribution de ces cristaux soit plus ou moins homogène, avec toutefois une plus forte concentration au niveau des méninges, ainsi que dans l'hippocampe (Dunn *et al.* 1995). L'origine de ces cristaux n'est pas connue, mais plusieurs éléments tendent à indiquer que le métabolisme du fer, notamment un défaut de stockage par la ferritine¹¹⁵, pourrait être le point de départ de la biogenèse de la magnétite (Gálvez *et al.* 2008). Une possible contamination environnementale a également été évoquée (Maher *et al.* 2016). La très grande majorité de ces cristaux (environ 90 %) sont de petite taille, ce qui empêche une magnétisation permanente (il s'agit de cristaux sous forme superparamagnétique). Quelle pourrait être la conséquence de leur présence sur une éventuelle magnétoperception chez l'être humain ? À l'heure actuelle, très peu de travaux scientifiques se sont penchés sur ce sujet. Aucune publication ne laisse présager que cette magnétite puisse servir à la magnétoréception. En revanche, il a été proposé qu'elle puisse intervenir dans la mémoire à long terme (Banaclocha, Bókkon, and Banaclocha 2010). Il faut souligner que la magnétite est associée aux plaques séniles caractéristiques de la maladie d'Alzheimer (Dobson 2004). Ces cristaux pourraient participer à l'évolution de la maladie, car en interagissant avec les peptides amyloïdes, ils pourraient faciliter leur agrégation.

En ce qui concerne les cryptochromes, l'être humain possède deux gènes codant deux versions de cette protéine (hCRY1 & hCRY2). Ces gènes sont fortement exprimés dans la rétine et ces protéines pourraient jouer le rôle de photorécepteur pour réguler le cycle circadien (Sancar 2004). L'établissement du rôle de ces protéines dans la perception de la photopériode vient d'études réalisées chez la souris, notamment *via* l'utilisation d'animaux transgéniques n'exprimant plus les gènes *Cry1* ou/et *Cry2*, et il est maintenant bien établi que ces facteurs sont des composants de l'horloge moléculaire régulant les cycles circadiens (Leloup and Goldbeter 2008).

Il a été démontré que ces protéines ont gardé leur potentiel magnétorécepteur. En effet, la sensibilité magnétique de drosophiles mutantes déficientes en cryptochrome endogène a été restaurée en leur transférant le gène codant le cryptochrome humain (Foley, Gegeer, and Reppert 2011). Cependant, en l'absence de données scientifiques sur le sujet, il n'est pas possible de savoir si les cryptochromes sont susceptibles de jouer un rôle dans une éventuelle perception du champ magnétique chez l'être humain.

Au final, les principales molécules à la base des systèmes de perception du champ géomagnétique ont été mises en évidence chez l'être humain. Ces systèmes moléculaires sont-ils capables pour autant de générer ou de modifier un signal physiologique en réponse à une variation du champ magnétique ? À ce jour, la magnétoperception est loin d'être démontrée chez notre espèce. Les études pionnières montrant une orientation magnéto-dépendante chez l'être humain (Baker 1980) n'ont pas été confirmées quand des répliques indépendantes ont été entreprises (Gould and Able 1981, Westby and Partridge 1986). Toutefois, certaines études électrophysiologiques soulèvent l'hypothèse d'un éventuel sens magnétique humain (Carrubba and Marino 2008). De même, des travaux ont montré que le champ magnétique terrestre exerce une petite influence sur la sensibilité du système visuel humain (Thoss and Bartsch 2003). Dans ce cas, les variations enregistrées sont si faibles que l'on n'en a pas conscience. Ainsi, la magnétoperception de l'être humain, si elle existe réellement, a sans doute un impact extrêmement modéré et ne peut en aucun cas être considérée comme un « 6^{ème} sens », tel qu'il est parfois décrit chez d'autres espèces animales.

En outre, champ magnétique statique et champ électromagnétique sont des phénomènes physiques différents et rien ne permet de dire qu'une éventuelle sensibilité au champ magnétique statique prédisposerait à une sensibilité à des champs variables dans le temps, notamment à des radiofréquences. Ainsi, l'équipe qui avait montré une influence du champ magnétique terrestre sur la vision de l'être humain n'a pas mis en évidence, avec la même méthodologie, un impact des radiofréquences (avec un signal de type GSM 900 MHz et une modulation à 217 Hz) (Irlenbusch *et al.* 2007).

¹¹⁵ La ferritine est une protéine cellulaire, dont le rôle est de séquestrer l'excès de fer intracellulaire.

5.2 Réflexions sur un lien éventuel entre les réponses biologiques ou physiologiques du corps humain aux radiofréquences et celles induites par les champs extrêmement basses fréquences

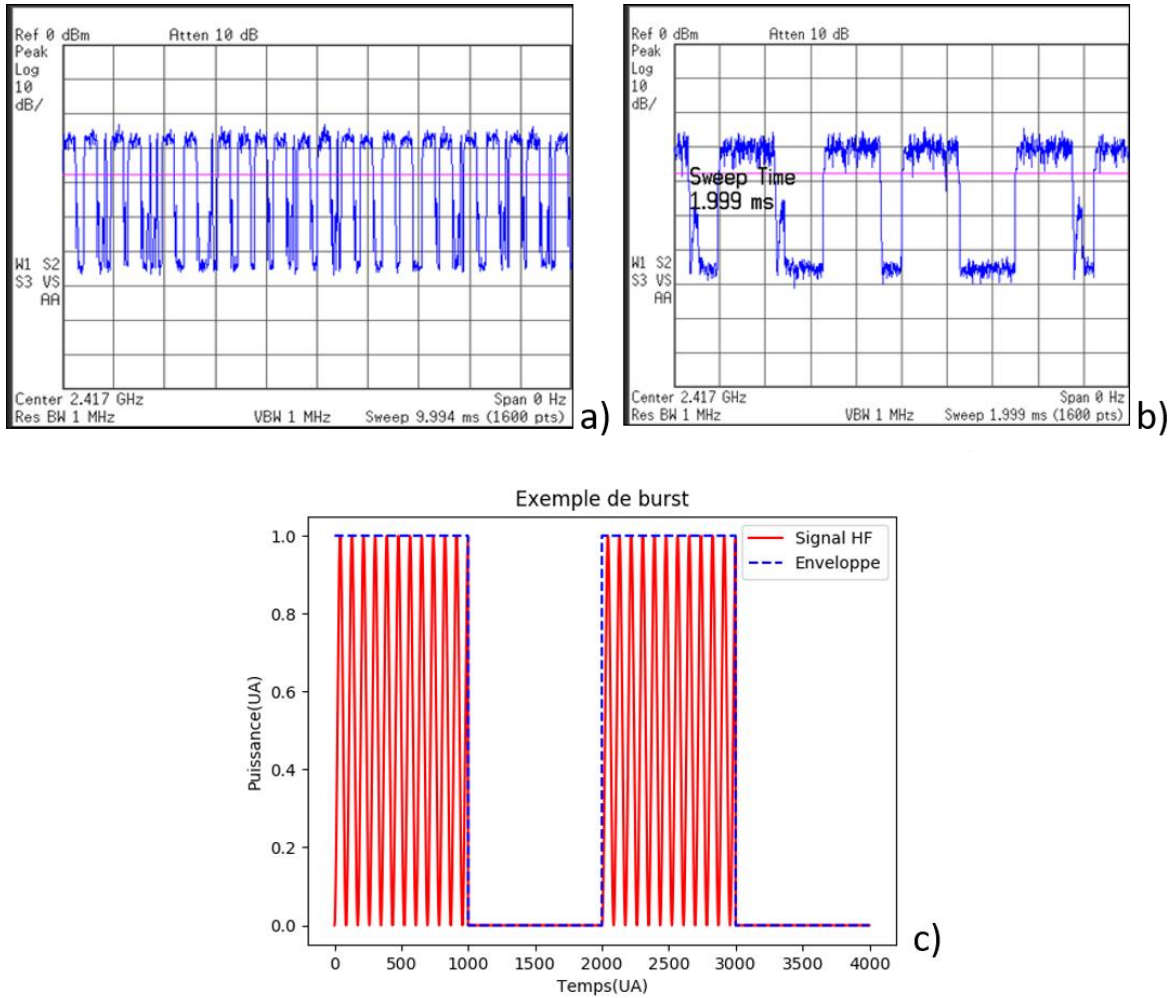
Si le spectre des rayonnements électromagnétiques est très vaste, on peut séparer celui auquel nous sommes exposés en deux grandes familles :

- les rayonnements basses fréquences, et en particulier les extrêmement basses fréquences, avec principalement « le 50 Hz », émis, par exemple, par les lignes de transport d'électricité et les câbles d'alimentation des appareils électroménagers ;
- les rayonnements radiofréquences, utilisés notamment dans les systèmes de communication mobiles (téléphonie mobile et sans-fil, Wi-Fi, etc.).

Comme indiqué en Annexe 6, la nature, la propagation et l'interaction des ondes avec le corps humain sont très différentes pour les extrêmement basses fréquences et les radiofréquences. Quatre hypothèses pour tenter de faire un lien éventuel entre les réponses biologiques et / ou physiologiques du corps humain exposé aux fréquences extrêmement basses et les réponses aux radiofréquences sont présentées ci-après.

Hypothèse i : un mécanisme de démodulation dans le corps humain ?

Les systèmes de communication sans fil utilisent les radiofréquences comme support de transmission et n'émettent pas de façon stable, comme peut l'être une onde entretenue dont la fréquence et les intensités moyenne et maximale sont invariables (*continuous wave*, CW). Les variations temporelles de puissance sont dues à la modulation, aux codages et aux techniques d'accès à la ressource (bandes de fréquences) utilisés par les systèmes de communication. La Figure 8 est un exemple de trains d'ondes émis par paquets (*bursts*), qui représentent l'enveloppe à l'intérieur de laquelle se trouve le signal modulé à la fréquence de l'onde porteuse (CW) qui transporte les informations à transmettre.



Source : Letertre (2013)

Légende : a) et b) enveloppes BF de signaux réels Wi-Fi
 c) représente les fréquences RF réellement émises (UA : unité arbitraire)

Figure 8 : exemple de paquets ou « bursts » dans un signal électromagnétique

Les effets de ces variations de puissance temporelle par paquet sont plus ou moins rapides. Le signal sonore que l'on entend lorsque que l'on approche un téléphone mobile d'un haut-parleur en est une illustration. La fréquence de ce signal sonore est de 217 Hz, ce qui correspond à une des fréquences de modulation de l'enveloppe temporelle (trame) du GSM (émission toutes les 4,6152 ms). Cette fréquence ne correspond pas à de l'énergie électromagnétique émise par le téléphone, mais est générée par des effets non-linéaires de démodulation dans un système de réception externe (le haut-parleur).

Cependant, aucun mécanisme de démodulation n'a été mis en évidence dans le corps humain à ce jour ; on peut citer en particulier l'étude négative relative à la recherche de réponses non linéaires dans les cellules de Kowalczyk *et al.* (2010), ainsi que celle de Davis *et al.* (2010) (Davis and Balzano 2010, Kowalczyk *et al.* 2010).

Hypothèse ii : caractère modulé de l'exposition ?

La fréquence 217 Hz d'un téléphone mobile en GSM est rayonnée aussi directement par appels de courant électrique à la batterie du téléphone lui-même, mais ce phénomène est localisé.

Le rapport de l'Anses consacré aux effets des radiofréquences sur la santé publié en octobre 2013 a ouvert une possibilité dans la réponse de l'électro-encéphalogramme (EEG) ; en particulier, Carrubba *et al.* (2010a) ont cherché à vérifier l'existence chez l'être humain de potentiels évoqués¹¹⁶ (PE), déclenchés spécifiquement par l'exposition à un champ magnétique de fréquence 217 Hz, produit par la circulation de courants électriques entre le téléphone et la batterie, résultant eux-mêmes de la modulation du signal GSM. Les résultats de l'étude, basés sur l'analyse des tracés EEG, ont mis en évidence la production d'un potentiel évoqué cérébral par l'exposition à un signal basse fréquence à 217 Hz (voir analyse détaillée de l'article dans la mise à jour de l'expertise 2013 de l'Anses). Les auteurs attribuent ces résultats au caractère modulé de l'exposition et à la non-linéarité de la réponse cérébrale (Carrubba *et al.* 2010a).

Ainsi, les signaux basse fréquence à 217 Hz, issus du fonctionnement d'un téléphone mobile GSM¹¹⁷, pourraient être à l'origine d'une réponse de l'électro-encéphalogramme. Il conviendrait néanmoins de vérifier expérimentalement cette hypothèse directement à partir de la source réelle d'un téléphone.

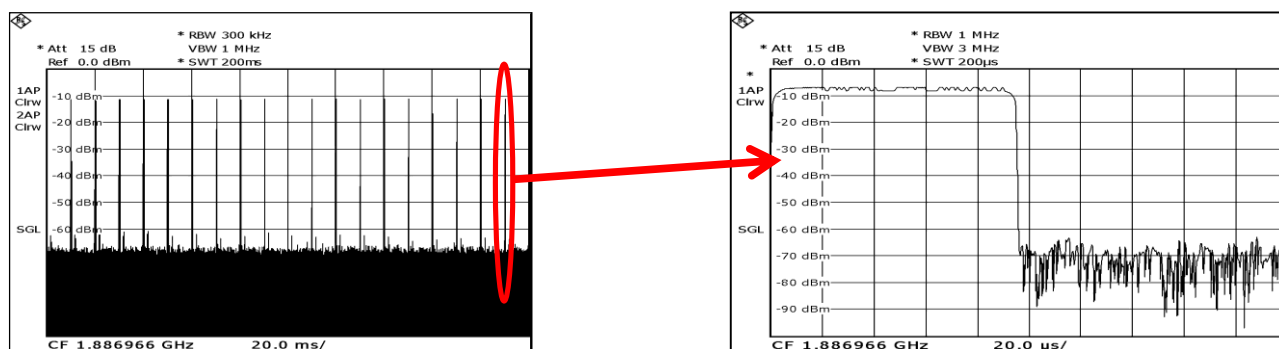
Hypothèse iii : non-linéarité de la réponse cérébrale ?

Lors des entretiens avec des représentants de personnes se déclarant EHS, le groupe de travail de l'Anses a également constaté que ces personnes associaient davantage leurs symptômes aux variations de l'environnement qu'aux fréquences elles-mêmes, comme si les variations brusques du niveau de l'exposition étaient à l'origine des troubles ressentis, plutôt qu'une fréquence fixe à niveau constant. Certains de ces paramètres ont été décrits par ces personnes comme pouvant être associés à des symptômes ressentis : « *Nous avons rapidement compris que la réponse n'était pas dans l'analyse fréquentielle mais dans l'analyse temporelle des signaux* » [Électrosensibles de France/Priartem].

Or, si l'on observe cette fois l'évolution temporelle fine de ces signaux (de l'ordre de la microseconde à la seconde), et notamment les temps de montée ou de descente des *bursts* ou les transitions « *on-off* », des phénomènes hautes fréquences transitoires apparaissent, qui pourraient être susceptibles de générer des perturbations encore inexplicables sur l'organisme. Par analogie avec un circuit électronique, au-delà d'une certaine fréquence d'excitation (supérieure au mode de fonctionnement nominal du composant), celui-ci (généralement un transistor) sature (comportement non linéaire) et génère des signaux de nature chaotique et désordonnée ; un front de montée amène par ailleurs la circulation de courant à travers une capacité. Un exemple de signal rayonné par un téléphone sans fil (DECT) est donné Figure 9, illustrant les fronts de montée et de descente de chaque trame.

¹¹⁶ Cf. note de bas de page n°75, p75.

¹¹⁷ Dans le cas du système GSM, le téléphone émet un « paquet » d'ondes à la fréquence radioélectrique autour du GHz, toutes les 4,6152 ms, donc avec une fréquence de répétition d'environ 217 Hz (trame TDMA). L'énergie électromagnétique délivrée par le téléphone mobile est donc bien uniquement associée à la fréquence radioélectrique (autour du GHz). En revanche, l'existence de la trame TDMA provoque des appels de courant à la batterie du téléphone, courants qui créent un champ magnétique à la fréquence de 217 Hz.



Signal émis par un téléphone DECT obtenu à l'aide d'un analyseur de spectre en mode « Span zero » (Période de récurrence = 10ms).

Zoom sur une impulsion pour en estimer la durée ($t \approx 95 \mu\text{s}$)

Source : Letertre (2013)

Figure 9 : exemple de signal rayonné par un téléphone DECT

Pourrait-il y avoir, chez l'être humain, un effet biologique au niveau cellulaire lié à ces phénomènes transitoires pouvant expliquer l'EHS ? Ainsi, la nature même des signaux hautes fréquences transitoires pourrait, éventuellement, être à l'origine de la non-linéarité de la réponse cérébrale.

Cependant, à la connaissance du groupe de travail, cette hypothèse n'a pas encore été étudiée.

Hypothèse iv : présence de matériaux métalliques permettant une démodulation ?

Parmi les autres hypothèses qui ont été proposées, on peut citer l'influence théorique possible de l'association de matériaux métalliques dans les amalgames dentaires, susceptibles d'avoir des propriétés semi-conductrices qui permettraient une démodulation des ondes (il ne s'agit pas ici de la toxicité des métaux lourds qui est discutée au § 7.1.3).

Cependant, à la connaissance du groupe de travail, aucun article scientifique ne s'étant intéressé à cette hypothèse, celle-ci n'a pas pu être étudiée.

5.3 Est-il possible de percevoir les champs électromagnétiques ?

5.3.1 Études chez l'animal

Le groupe de travail a eu connaissance des résultats préliminaires du projet de recherche EVIREF¹¹⁸ (Réponses physiologiques d'adaptation ou d'évitement du rat juvénile exposé aux ondes radiofréquences type antenne relais). Ce projet se situe dans la continuité de travaux de Pelletier *et al.* (2013) qui avaient montré chez le jeune rat qu'une exposition de 5 semaines aux radiofréquences de faible intensité (900 MHz, 1 V/m, $\text{DAS}_{\text{calculé}} = 0,1$ à $0,3$ mW/kg, $n = 11$ ou 13 rats/groupe et 1 rat/cage) constituait une contrainte environnementale mettant en jeu des récepteurs sensoriels périphériques et des réponses adaptatives du système nerveux végétatif pour optimiser la conservation de l'énergie (Pelletier *et al.* 2013) (*cf.* analyse de l'article dans le rapport Anses de 2013). Par la suite, le projet a cherché à savoir si ces réponses adaptatives représentaient une contrainte importante et coûteuse pour l'organisme, que l'animal cherchait à éviter, ou si l'animal s'adaptait à l'environnement sans chercher à éviter l'exposition, et à préciser le niveau de perception et / ou le mode d'adaptation de l'organisme aux radiofréquences (Bach 2017).

¹¹⁸ Les résultats de ce projet de recherche, bien que non publiés et n'ayant pas été évalués par la communauté scientifique à ce jour, sont présentés dans le rapport, car ils ont été financés par l'Anses et ont été présentés publiquement lors des rencontres scientifiques de l'Anses le 17 mai 2017.

L'étude précédente de Pelletier *et al.* s'était intéressée au rôle de la température ambiante (24°C versus 31°C), et avait essentiellement mis en évidence des effets à 31 C. L'approche méthodologique du projet EVIREF a consisté à réaliser 5 semaines d'exposition aux radiofréquences de faible intensité type antenne relai chez le rat âgé de 3 semaines au début de l'expérience (900 MHz, signal modulé, 1,7 V/m, 30 mW/kg, 23h30 / 24h, 7j/7j, n = 9 rats/groupe). Les rats ont ensuite été placés dans un dispositif équipé de deux chambres communiquant par un tunnel permettant aux animaux de passer d'une chambre à l'autre (à 24°C puis 31°C), modulant ainsi leurs niveaux d'exposition aux radiofréquences (*radiopreferendum* à deux niveaux : $2,39 \pm 0,4$ V/m et $0,96 \pm 0,23$ V/m). Les paramètres physiologiques (sommeil/veille et température cutanée mesurée par télémétrie) ont été enregistrés, de même que la durée de séjour dans la chambre choisie par l'animal. Après implantation de la sonde télémétrique (4^{ème} semaine), cette durée caractérisant le *radiopreferendum* des rats était enregistrée au cours de la sixième semaine d'exposition.

Les résultats préliminaires présentés au groupe de travail ont montré que :

- pendant la période de repos (jour), quelle que soit la température ambiante, les rats ont préféré la chambre la moins exposée, alors qu'en période d'activité (nuit) ils n'ont pas montré de préférence ;
- aucun effet n'a été observé sur les durées totales d'éveil et de sommeil lent, ni sur leur durée moyenne et leur fréquence ;
- la durée totale du sommeil paradoxal a été significativement réduite, quelle que soit la période (repos/activité) considérée, lorsque les animaux séjournèrent dans la cage la plus exposée.

À noter que des analyses complémentaires (sommeil et températures cutanées) sont encore en cours au moment de la finalisation du présent rapport.

Ces données préliminaires semblent montrer que le rat serait capable de différencier deux niveaux d'exposition aux radiofréquences. Il aurait tendance à choisir l'environnement où son exposition aux radiofréquences est la plus faible lors de la période de repos (jour) et ce choix serait associé à une augmentation de son temps de sommeil paradoxal. Ainsi, une interprétation de ces résultats préliminaires pourrait être que l'exposition aux radiofréquences serait une contrainte ou un stress et aurait un coût énergétique que l'animal chercherait à éviter s'il le peut. Ces travaux mériteraient d'être répliqués.

5.3.2 Études chez l'être humain

5.3.2.1 Remarque préliminaire

La notion de perception, au sens physiologique du terme, implique qu'il y ait des récepteurs à un signal donné (en l'occurrence les champs électromagnétiques) et une réponse de l'organisme à la stimulation de ces récepteurs se traduisant par une sensation. En ce qui concerne les classiques perceptions visuelles et auditives, il existe des voies nerveuses anatomiquement bien identifiées, qui relient les récepteurs rétiniens et cochléaires à des aires du cortex cérébral spécialisées dont l'activation accompagne la sensation consciente. La stimulation des récepteurs se traduit par des potentiels évoqués¹¹⁹ qui peuvent être enregistrés au niveau des différentes structures corticales.

Il peut y avoir perception directe d'un agent, sans que celui-ci entraîne un effet sanitaire (perception d'un son par exemple) et inversement, il peut y avoir des effets biologiques, physiologiques, voire sanitaires, sans que l'agent causal ne soit consciemment perçu par l'être humain (cas des ultra-violets qui ont un effet sur la peau par exemple).

¹¹⁹ Cf. note de bas de page n°75, p75.

5.3.2.2 Analyse des études sur un éventuel système de perception des champs électromagnétiques chez l'être humain

À l'heure actuelle, il n'existe aucune étude permettant d'infirmer ou d'affirmer l'existence de récepteurs de champs électromagnétiques, ni de voies nerveuses, impliqués dans la détection des champs électromagnétiques chez l'être humain.

Cependant, Carrubba *et al.* (Carrubba *et al.* 2010b, 2007) ont montré l'apparition de potentiels évoqués sur l'électroencéphalogramme (EEG) au début (*onset*) et à la fin (*offset*) d'une exposition à un signal magnétique (60 Hz, uniaxial à 200 μ T ou sinusoïdal à 1 ou 5 μ T) chez plus de 90 % des témoins (Carrubba *et al.* 2010b, 2007). Ces potentiels évoqués ne sont pas détectables par une analyse classique de l'EEG dite linéaire (moyennage des temps), mais uniquement par une analyse non linéaire (analyse de récurrence) dérivée des théories du chaos, qui permet une approche dynamique de la relation stimulus / réponse. Ces expériences ont aussi été menées lors d'expositions à 217 Hz par la même équipe (*cf. Hypothèse ii : caractère modulé de l'exposition dans le § 5.2*). Pour ces auteurs, les champs électromagnétiques seraient détectés *via* un système de transduction sensorielle, dont la nature reste à préciser, comme c'est le cas pour d'autres agents de l'environnement (chaleur, bruit, etc.) et qui conférerait à l'être humain un sens magnétique.

Ces travaux n'ont pas été répliqués et sont encore trop incomplets pour affirmer l'existence d'un système de perception des champs électromagnétiques chez l'être humain. Ils soulèvent néanmoins la question ci-après (hypothèse 3).

Hypothèse 3 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : l'existence d'une sensibilité particulière aux champs électromagnétiques basses fréquences ? ou d'un seuil faible de perception cutanée du courant électrique ?

L'hypothèse selon laquelle la survenue de l'EHS serait due à un seuil de perception cutanée faible a été abordée lors de l'audition des D^{rs} Tournesac et Rosa.

5.3.2.3 Rappel des études de provocation concernant la capacité à distinguer les expositions réelles des expositions simulées aux champs magnétiques basse fréquence

Les études ci-après ont été analysées au § 6.2.1.2.2.

McCarty *et al.* (2011) ont exposé une personne se déclarant EHS à deux séries d'expositions à un champ électromagnétique basses fréquences (BF) de 60 Hz et de 300 V/m, comportant chacune une alternance d'expositions en mode « pulsé » et en mode « continu ». Cette personne a déclaré avoir ressenti l'apparition ou l'aggravation de symptômes, tels que des maux de tête ou des contractions musculaires, statistiquement reliées aux expositions en mode « pulsé », et non à celles en mode « continu » (*cf. analyse de l'article au § 6.2.1.2.2*).

Ce travail a été réalisé par la même équipe que celle impliquée dans les travaux de Carrubba *et al.* (équipe de Marino, à l'Université de Shreveport, Louisiane, USA) et confirme les effets *on / off* obtenus précédemment. Cependant, il ne concerne qu'une seule personne porteuse d'anomalies morphologiques du cortex cérébral et repose sur une méthodologie succincte. Il ne peut donc être considéré que comme une étude préliminaire. Il mériterait d'être confirmé par ses auteurs sur une série de plusieurs personnes se déclarant EHS et en utilisant une méthodologie plus élaborée, avant d'être répliqué par des équipes indépendantes.

La question de la capacité à distinguer les expositions réelles des expositions factices a également été abordée dans deux études de l'équipe de l'Institut de promotion de la santé de l'Université Eötvös Loránd de Budapest (Hongrie). La première étude a consisté à exposer la main droite des participants placée à l'intérieur d'une enceinte blindée à un champ magnétique de 50 Hz et de 0,5 mT (Köteles *et al.* 2013a). La seconde étude est une réplification utilisant la même méthodologie, mais incluant un calcul préalable des effectifs en fonction des résultats de l'étude précédente (Szemerski *et al.*, 2015) (*cf. analyse des articles au § 6.2.1.2.2*). Leurs auteurs ont

montré que, contrairement aux témoins, la capacité des personnes se déclarant EHS à distinguer les expositions réelles des expositions simulées était supérieure à celle attendue du seul fait du hasard ($p = 0,038$).

Les articles ne présentant pas les données individuelles, il n'est pas possible de dire si la plupart des personnes se déclarant EHS ou quelques-unes d'entre elles seulement avaient une capacité de discrimination supérieure.

5.3.2.4 Analyse des études de provocation sur le seuil de perception cutanée d'un courant électrique

L'hypothèse d'une perception cutanée d'un courant électrique différente selon les personnes a été émise par l'équipe de bioingénierie clinique de l'Université technologique de Graz, en Autriche, qui lui a consacré une étude approfondie (Leitgeb and Schröttner 2002, 2003, Schröttner, Leitgeb, and Hillert 2007).

Dans un premier temps, Leitgeb et Schröttner (2002) ont établi des valeurs de références pour la perception du courant électrique dans un échantillon représentatif de la population générale. Ayant constaté que les connaissances sur ces valeurs étaient insuffisantes compte tenu du faible nombre de données (surtout chez les femmes), et d'échantillons non représentatifs de la population générale, ces auteurs ont développé une méthode originale permettant de réaliser des mesures en double aveugle¹²⁰, dans des conditions de grande sécurité et, si besoin, au domicile des volontaires. Ces auteurs ont conçu un appareil délivrant un courant à 50 Hz, dont l'intensité augmentait automatiquement de façon linéaire et progressive à partir de très faibles valeurs (moins de 5 μA contre 100 μA pour les appareils médicaux standards). Les stimulations ont été effectuées au niveau de l'avant-bras (jusqu'à ce que la personne appuie sur un bouton pour indiquer qu'elle commençait à percevoir le signal). Elles ont été répétées 6 fois, permettant le calcul d'une valeur moyenne et d'un écart-type individuels. L'étude a porté sur un échantillon de 708 adultes (349 hommes et 359 femmes, âgés de 16 à 60 ans) représentatif de la population générale. Les distributions cumulées des seuils de perception ont été portées sur une droite (en coordonnées logarithmiques) pour illustrer leur distribution dans la population. Les résultats ont été les suivants :

- chez les femmes, les seuils de perception étaient légèrement décalés vers des valeurs plus basses (d'un facteur de l'ordre de 0,77) que celles mesurées chez les hommes ;
- les valeurs moyennes des seuils de perception étaient de 349 μA chez les hommes et de 242 μA chez les femmes ;
- les valeurs correspondant à 0,5 % des valeurs les plus basses étaient respectivement de 53 μA et de 24 μA chez les hommes et les femmes.

Cette étude repose sur une méthodologie rigoureuse. Par rapport aux données antérieures de la littérature, les valeurs des seuils de perception du courant électrique sont nettement plus basses, mais ont une étendue bien plus grande qui leur permet de les englober toutes, comme le montre la représentation en coordonnées logarithmiques de l'ensemble des résultats. Ceci s'explique, d'une part, par la meilleure sensibilité de l'appareil utilisé par les auteurs aux valeurs de seuils les plus basses (à partir de 5 μA contre 100 μA pour les appareils standards) et, d'autre part, par la composition de l'échantillon étudié, plus représentatif de la population générale que les échantillons inclus dans les études antérieures d'autres auteurs.

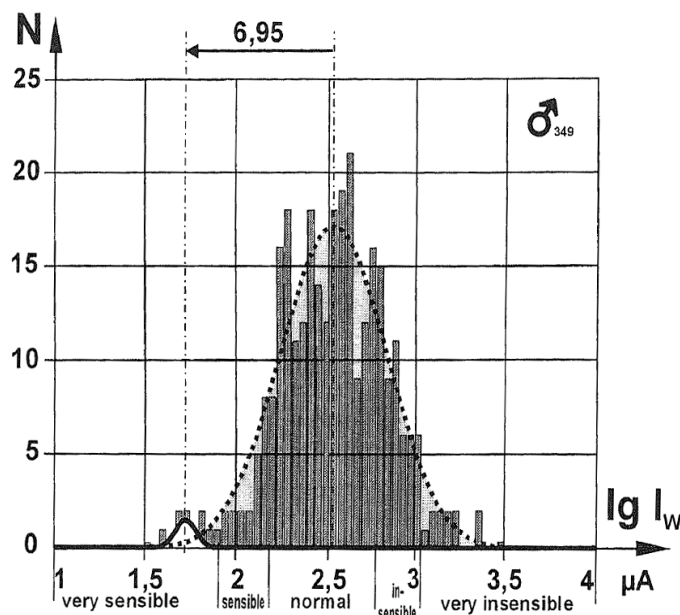
Dans leur deuxième article, Leitgeb et Schröttner (2003) ont approfondi l'analyse des données obtenues chez les 708 personnes ayant participé à l'étude précédente, ce qui a permis de mettre en évidence que les seuils de perception cutanée du courant électrique étaient répartis selon deux distributions log-normales :

- la première autour de la moyenne des intensités seuils, regroupant la plupart des données ;

¹²⁰ En double aveugle, les participants, ainsi que l'expérimentateur, n'ont pas connaissance du type d'exposition (fictive ou réelle).

- la seconde regroupant un petit nombre de données autour d'une intensité plus faible¹²¹ (cf. Figure 10).

Ces résultats ont mis en évidence l'existence, au sein de la population générale, d'un petit nombre de personnes ayant une sensibilité particulière au courant électrique. Ceci a suggéré aux auteurs l'hypothèse selon laquelle une sensibilité plus grande au courant électrique, caractérisée par un seuil de perception bas, pourrait être une condition au développement de l'EHS. Toutefois, étant donné que ces résultats ont été obtenus sans étude de la symptomatologie fonctionnelle des participants, cette hypothèse n'a pas été investiguée par les auteurs.



Source : (Leitgeb and Schröttner 2003)

Remarque : le meilleur ajustement proposé est une distribution log-normale.

Figure 10 : distribution des seuils de perception au courant électrique chez un échantillon de personnes

Dans cette étude, les auteurs ont construit un diagramme permettant de répartir les personnes en 5 zones selon les valeurs des seuils de perception (Figure 10) : une zone « normal » encadrée par deux zones « sensible » et « très sensible » pour les valeurs basses du seuil de perception, et deux zones « insensible » et « très insensible » pour les valeurs les plus hautes. Bien que les données obtenues chez les femmes aient été ajustées sur celles des hommes à l'aide du facteur 0,77 correspondant au décalage observé ci-dessus entre les deux droites représentant les distributions cumulées des seuils de perception pour chaque genre, les résultats ont été les suivants :

- 4,2 % des femmes étaient classées dans la zone « très sensible », contre 1,7 % des hommes ;
- 0,6 % des femmes et 1,2 % des hommes étaient classés dans la zone « très insensible ».

L'utilisation de ce diagramme chez quelques personnes chez lesquelles plusieurs mesures ont pu être faites sur plusieurs jours a suggéré aux auteurs l'hypothèse selon laquelle la mesure du seuil de perception cutanée du courant électrique, selon la méthode proposée, couplée à l'utilisation du diagramme d'électrosensibilité, pourrait être utile dans le diagnostic de l'EHS.

Cette hypothèse a été testée dans une troisième étude des mêmes auteurs (Schröttner, Leitgeb, and Hillert 2007). Trois groupes de personnes se déclarant EHS (séparés en fonction de leur

¹²¹ Remarque : Le meilleur ajustement proposé est une distribution log-normale idéale.

mode de recrutement) ont été comparés entre eux, ainsi qu'à la population de 708 personnes utilisée dans les deux articles précédents, qui a servi de population témoin. Le groupe 1 comprenait 37 personnes (25 femmes et 12 hommes, âgés de 27 à 81 ans) recrutées en Autriche parmi les membres d'une association d'entraide de personnes se déclarant EHS. Le groupe 2 en comprenait 29 (23 femmes et 6 hommes, âgés de 32 à 63 ans) recrutées en Suède par voie de presse et le groupe 3, 24 (15 femmes et 9 hommes, âgés de 37 à 73 ans) recrutées en Autriche parmi des personnes attribuant des troubles du sommeil à la proximité d'antennes de téléphonie mobile et volontaires pour se prêter à des investigations sur ce sujet. Les résultats ont été les suivants :

- la distribution des fréquences cumulées des logarithmes des valeurs moyennes des seuils de perception obtenues pour l'ensemble des personnes se déclarant EHS (groupes 1, 2 et 3), après ajustement par le facteur 0,77¹²² des valeurs obtenues chez les femmes sur celles des hommes, a montré un décalage significatif ($p < 0,001$) vers les valeurs basses par rapport à la même distribution obtenue dans la population générale ;
- cependant, seules les distributions des fréquences cumulées de ces logarithmes obtenues dans les groupes 2 et 3 ont été significativement différentes de celles obtenues dans la population générale, avec un décalage d'un facteur 0,55 pour le groupe 2 et 0,39 pour le groupe 3. L'introduction des données dans le diagramme d'électrosensibilité a mis en évidence une répartition différente en fonction des groupes :
 - dans le groupe 1 : la plupart des personnes (57 %) étaient dans la zone « normale », avec un pourcentage à peu près identique dans les zones « sensibles » et « très sensibles » (21 %) et dans les zones « insensibles » et « très insensibles » (22 %) ;
 - dans le groupe 2 : le pourcentage de personnes dans la zone normale (52 %) restait dominant. En revanche, le pourcentage de personnes dans les zones « sensibles » et « très sensibles », était nettement plus élevé (44 %) que celui évalué dans les zones « insensibles » et « très insensibles » ($n = 1$) ;
 - dans le groupe 3 : 60 % des personnes étaient dans la zone « sensible » ou « très sensible », 38 % dans la zone « normale » et un pourcentage négligeable dans la zone « insensible » et « très insensible » ($n = 1$).

Le fait que de nombreuses personnes se considérant EHS se soient situées dans la zone « normale » retire une grande partie de la valeur diagnostique de ce test. De plus, ce travail, bien que très rigoureux en ce qui concerne le recueil et le traitement des données relatives à la mesure du seuil de perception cutanée du courant électrique, reste critiquable en raison de la (quasi) absence d'information sur la symptomatologie clinique et l'histoire de la maladie de chaque personne incluse dans le protocole, ce qui ne permet pas d'analyser les éventuelles relations entre ces données cliniques et les valeurs du seuil de perception.

5.3.2.5 Conclusion sur l'électrosensibilité

Aucune étude n'a mis en évidence une capacité des personnes se déclarant EHS à percevoir des champs électromagnétiques radiofréquences.

Par ailleurs, les études rassemblées dans ce chapitre sont très disparates, qu'il s'agisse des techniques d'exposition ou des critères d'évaluation. Elles sont aussi de qualité scientifique très inégale. Cependant, elles ont en commun d'être parmi les rares à montrer des réponses à des expositions à des champs électriques et / ou magnétiques ou à des courants électriques basses fréquences : potentiels évoqués chez des personnes non-EHS lors d'une exposition à un signal magnétique (cf. § 5.3.2.2), différences de capacité à distinguer les expositions réelles des expositions simulées à des champs électromagnétiques basses fréquences entre personnes se

¹²² Cf. Explication de ce facteur dans la présentation de l'étude de Leitgeb et Schröttner (2002) au début du paragraphe.

déclarant EHS et témoins (cf. § 5.3.2.3), abaissement significatif du seuil de perception du courant électrique (50 ou 60 Hz) chez certaines personnes se déclarant EHS (cf. § 5.3.2.4). On peut alors parler d'électrosensibilité ou d'hypersensibilité au courant électrique.

Cependant, en raison de biais de recrutement ayant pu entraîner un manque de sensibilité (des personnes non-EHS ayant pu être incluses dans ces études sur la base de leur déclaration), ces résultats doivent être interprétés avec précaution. Ces études mériteraient d'être répliquées, à condition toutefois qu'une attention particulière soit accordée aux critères d'inclusion des participants et aux résultats individuels. Toutefois, en l'absence de recueil de la symptomatologie fonctionnelle des participants, ces études ne permettent pas d'établir de lien entre ces observations et l'EHS.

Enfin, le fait que ces différences aient été observées pour des expositions appliquées au niveau des membres supérieurs (main pour l'équipe de Budapest, avant-bras pour celle de Graz) mérite d'être rapproché de la diminution de la densité des petites fibres nerveuses de l'épiderme, qui est maintenant bien documentée (Caro and Winter 2015), à savoir la fibromyalgie, qui présente quelques analogies avec l'EHS (cf. § 3.8.3 du présent rapport). L'étude de la densité de ces fibres pourrait contribuer à l'analyse des mécanismes qui sous-tendent les différences entre personnes se déclarant EHS et témoins.

5.4 Conclusion sur la capacité de l'être humain à percevoir les champs électromagnétiques

Les systèmes biologiques impliqués dans la perception du champ magnétique terrestre chez l'animal sont présents chez l'être humain (cf. § 5.1). Cependant, leur fonction est à ce jour inconnue. Aucun mécanisme de réception ni de transmission des signaux électromagnétiques par une voie nerveuse spécifique n'a été mis en évidence chez l'être humain. Les conséquences d'un possible dysfonctionnement de ces systèmes biologiques, si elles devaient conduire à l'EHS, restent inconnues à ce jour.

Par ailleurs, certains mécanismes physiologiques du corps humain mettent en œuvre des processus physiques proches de ceux qui sont à l'origine des phénomènes magnétiques et électromagnétiques :

- l'organisme humain produit localement des courants qui peuvent générer des niveaux d'induction magnétique (B) de l'ordre de quelques microteslas (μT) (cf. Annexe 6), valeurs à rapprocher des valeurs limites d'exposition préconisées par l'Icnirp¹²³ (cf. Annexe 6), de l'ordre de 20 mT à la fréquence de 50 Hz et de 27 μT entre 3 kHz et 10 MHz. À partir de ces niveaux d'exposition, des lignes scintillantes peuvent apparaître dans le champ visuel, à 20 Hz, et un effet stroboscopique à 50 ou 60 Hz sans ligne vraiment formée (des magnéto-phosphènes) liés à la formation de micro-courants au niveau de la rétine, qui sont mal interprétés par le cerveau. Indolore et sans effet sur l'œil, ce phénomène disparaît dès que l'exposition aux champs magnétiques cesse ;
- l'organisme humain produit et utilise lui-même de l'électricité. De nombreux mécanismes physiologiques sont liés à des échanges d'ions au travers des membranes des cellules, notamment aux niveaux nerveux, musculaires et sécrétoires. La régulation de la répartition des ions (et de leur nature) au travers des membranes cellulaires permet de maintenir des différences de potentiels, éventuellement des dépolarisations, etc.

¹²³ *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*. L'Icnirp, la commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants, est un groupement d'experts indépendants chargé d'évaluer l'état des connaissances sur les effets sanitaires des rayonnements non-ionisants. Elle a succédé en 1992 au comité Inirc (*Non Ionizing Radiation Committee*) de l'Irpa (*International Radiation Protection Association*). L'Icnirp édite des lignes directrices visant à protéger les personnes contre les rayonnements non-ionisants qui sont régulièrement mises à jour et reprises comme références dans la plupart des normes et réglementations internationales.

Quoiqu'il en soit, à ce jour, aucun récepteur dédié à la détection des champs électromagnétiques ni aucune voie nerveuse impliquée dans la transmission de cette information n'a été mise en évidence dans l'organisme humain. Dans l'état actuel des connaissances scientifiques, la perception directe des ondes électromagnétiques par l'être humain n'a pas été démontrée.

Toutefois, des personnes se déclarant EHS ont été capables de « percevoir » un champ magnétique (Köteles *et al.*, 2013a ; Szemerski *et al.*, 2015, dans les mêmes conditions d'exposition à 0,5 mT). Il ne s'agit vraisemblablement pas d'un « sixième sens », mais la question d'une perception indirecte d'éventuels effets physiologiques, biologiques et / ou du courant électrique (cf. § 5.3.2.4) peut être posée.

En matière de perception possible des champs électromagnétiques par le corps humain, plusieurs mécanismes peuvent être envisagés, dont les trois hypothèses suivantes :

- des effets biologiques et / ou physiologiques de l'organisme humain (voir le rapport de l'Anses sur les radiofréquences publié en 2013) ;
- une « démodulation » du signal en basses fréquences qui seraient dus aux variations temporelles de puissance (voir détails au § 5.2) ;
- des mécanismes éventuellement dus aux hautes fréquences transitoires, c'est-à-dire aux brusques variations temporelles des signaux (voir également au § 5.2).

Lors des tests de provocation, ou lors de la mesure de l'exposition des personnes aux rayonnements électromagnétiques de l'environnement urbain, les critères discriminants sont généralement l'intensité maximale du champ électromagnétique auquel la personne est exposée, la fréquence du signal et la durée d'exposition. Or, avec le développement des nouvelles technologies de télécommunications utilisant des formes de signaux toujours plus innovantes et complexes, de la modulation de fréquence à un signal ultra large bande purement impulsionnel, ces tests ne sont plus représentatifs de l'environnement électromagnétique actuel.

On peut donc s'interroger sur la nécessité de construire de nouveaux indicateurs de l'exposition aux champs électromagnétiques qui permettraient d'étudier le lien entre les symptômes décrits par les personnes se déclarant EHS et leur exposition aux champs électromagnétiques (voir recommandations au chapitre 10).

6 Analyse des articles scientifiques impliquant des personnes se déclarant EHS

Dans ce chapitre, sont présentés et analysés les articles scientifiques consacrés à la question de l'EHS avec, d'une part, les études descriptives (sans exposition expérimentale aux champs électromagnétiques) (§ 6.1) et, d'autre part, les études de provocation (avec exposition expérimentale aux champs électromagnétiques) (§ 6.2).

6.1 Études sans exposition expérimentale aux champs électromagnétiques

6.1.1 Études descriptives sur les symptômes déclarés par les personnes se déclarant EHS

Ce paragraphe est consacré à l'analyse d'études décrivant des symptômes ressentis par les personnes se déclarant EHS. Il s'agit d'études descriptives, sans exposition expérimentale aux champs électromagnétiques et le plus souvent sans évaluation des expositions, réalisées soit uniquement avec un échantillon de ces personnes (§ 6.1.1.1), soit en les comparant à des témoins (§ 6.1.1.2). Ces études sont fondées sur le recueil de symptômes subjectifs (voir Annexe 7), tels que les troubles du sommeil ou les maux de tête déclarés (voir Annexe 8). Dans ces études, il n'y a pas d'objectivation des symptômes ni de données biologiques ou physiologiques.

6.1.1.1 Études sans groupe témoin (chez des personnes se déclarant EHS uniquement)

Les premiers articles (Linden and Rolfsen 1981, Nilsen 1982, Tjonn 1984) s'intéressant aux effets attribués à une exposition à des écrans cathodiques (terminaux d'ordinateur, écrans de télévision) ont rapporté uniquement des symptômes cutanés. Des symptômes attribués à la proximité d'appareils électriques ont ensuite été décrits chez des personnes, dont certaines se plaignaient des expositions aux écrans (Bergqvist 1984, Knave *et al.* 1985, Knave 1994, Chia, Chia, and Tan 2000, Chia 2001) ; il s'agissait de maux de tête, de fatigue et de faiblesse, de picotements des extrémités, de respiration courte, de palpitations, de sudation profuse, de dépression et de troubles de la mémoire.

La première description de symptômes attribués à l'utilisation de téléphones mobiles est celle de Hocking (1998) en Australie. Cet auteur a interrogé par téléphone 40 personnes (âgées de 30 à 49 ans, 75 % d'hommes) recrutées par voie de presse. Les résultats ont été les suivants :

- 35 personnes (88 %) se sont plaintes de maux de tête : 17 dans la région temporale du côté du téléphone, 9 au niveau de l'oreille du même côté et 9 dans la région occipitale. Dans 16 cas, la douleur (généralement modérée) a été décrite comme « survenant à chaque utilisation du téléphone », dans 11 cas « habituellement » et dans 8 cas « fréquemment ». Dans deux cas, un diagnostic de migraine avait été porté par leur médecin. Dans la plupart des cas, la douleur apparaissait en moins de 5 minutes (65 %) et disparaissait en moins d'une heure (54 %) ;
- 11 personnes (31 %) se sont plaintes de troubles transitoires de la vue, de type vision trouble ;
- 15 personnes (43 %) se sont plaintes de nausées, de sensations d'étourdissement ou de flou dans la tête rendant la pensée difficile ;

- une femme ayant présenté une hémorragie sous-arachnoïdienne due à une malformation artério-veineuse cérébrale avait associé la survenue de ses maux de tête à une conversation téléphonique ;
- un homme, utilisateur intensif de téléphone mobile, avait développé une faiblesse de la jambe controlatérale, dont la cause n'avait pu être identifiée par un bilan neurologique approfondi ;
- 3 personnes se sont plaintes de paresthésies au niveau de la ceinture, en rapport avec le port de leur appareil à ce niveau ;
- à noter que ces personnes se sont déclarées en bonne santé, à l'exception de 3 d'entre elles, qui présentaient une maladie grave contrôlée (cancer, maladie cardiaque, hypothyroïdie) ;
- dans les antécédents, 5 personnes signalaient des maux de tête, 5 autres des migraines et 13 des allergies ;
- aucune personne n'a rapporté d'électrosensibilité, de sensibilité chimique multiple ou de troubles liés à l'utilisation de téléphone ordinaire.

Dans la conclusion de l'article, l'auteur alertait les médecins et les utilisateurs sur ces phénomènes et appelait à la poursuite des recherches sur l'étendue et les mécanismes de ces effets, ainsi que sur leur implication possible sur les limites de sécurité des radiofréquences.

Schreier *et al.* (2006) ont étudié la prévalence de l'EHS en Suisse et exploré la perception du risque sanitaire en rapport avec les champs électromagnétiques. Ces auteurs se sont également intéressés à la fréquence des symptômes chez les personnes se déclarant EHS. Une enquête téléphonique assistée par ordinateur a été réalisée sur un échantillon représentatif de la population suisse âgée de plus de 14 ans (taux de réponse = 55,1 %). Sur 2 028 personnes interrogées, 107 (5 %) se sont déclarées EHS. Seuls les symptômes rapportés par ces personnes ont été recensés :

- 42,7 % se sont plaintes de troubles du sommeil ;
- 33,8 % de céphalées ;
- 10,4 % de troubles de la concentration ;
- les autres symptômes (douleurs ostéo-musculaires, nervosité, troubles respiratoires) étaient mentionnés par moins de 10 % des participants ;
- aucune atteinte cutanée n'a été signalée, contrairement aux premières études sur les personnes se déclarant EHS qui rapportaient en premier lieu ce type de symptômes.

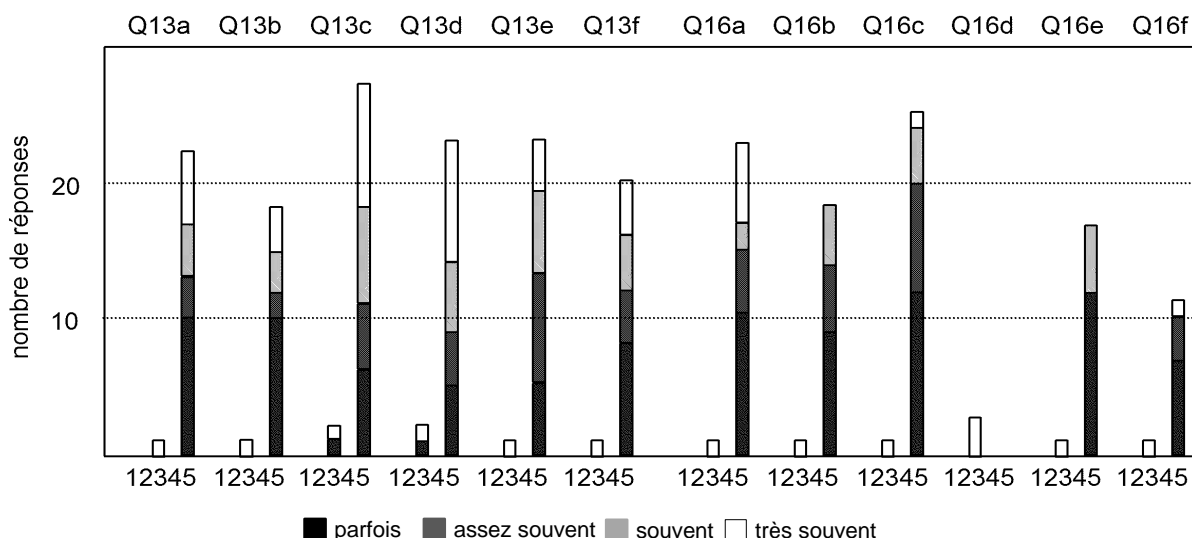
Pour leur part, Brand *et al.* (2009) ont réalisé une étude ambitieuse et très complexe (déjà analysée dans le rapport publié par l'Afsset en 2009 sur les radiofréquences) sur des personnes se plaignant de troubles qu'elles attribuaient à l'environnement. Les auteurs ont associé trois approches distinctes (somatique, psychique et environnementale) chez 61 personnes. L'évaluation médicale comportait un examen physique général, des tests standards de laboratoire (formule sanguine, IgE total, SX-1), des tests cutanés concernant 25 allergènes respiratoires (bouleau, chat, etc.) et 6 allergènes alimentaires, les tests épicutanés de la batterie standard européenne et une spirométrie (test de la fonction pulmonaire). L'approche psychologique et psychiatrique comportait un entretien structuré de 45 à 60 minutes, une échelle de diagnostic psychodynamique opérationnalisée (OPD), l'*interview diagnostic International composite* DIA-X-M-CIDI, sections C, D, E, F, G, K), une échelle de personnalité (*International Diagnostic Checklist for Personality disorder*, IDCL-P), 5 échelles d'auto-évaluation des symptômes et 5 questionnaires d'adaptation (*coping*). L'approche environnementale comportait une visite du domicile, des mesures de l'humidité relative, de la température de l'air de la pièce et du CO₂ pendant deux à trois jours, l'évaluation des champs électromagnétiques basses et hautes fréquences ainsi que, si indiqués, des mesures d'exposition plus spécifiques (telles que formaldéhyde ou radon). L'analyse des résultats a permis de pondérer les trois composantes (somatique, psychique et environnementale) les unes par rapport aux autres, le traitement de l'ensemble de ces données disparates a été

« intégratif » pour chaque cas dans le cadre de conférences interdisciplinaires visant à obtenir un consensus sur l'étiologie des symptômes. Les résultats ont été les suivants :

- même si l'exposition aux champs électromagnétiques a été la source environnementale de pollution la plus fréquemment rencontrée (n = 24, 39,4 % des cas) dans la population étudiée (n = 61), les résultats ne pouvaient pas être attribués à ce seul facteur. D'autres sources de pollution, comme le CO₂, ont été presque aussi fréquentes (n = 20, 32,8 % des cas) ;
- les différences de jugement entre experts et participants en ce qui concernait la tension psychologique ont été exploitées pour créer 4 sous-groupes distincts, dans lesquels tous les facteurs environnementaux, réels ou allégués, étaient représentés, mais qui présentaient des différences en ce qui concerne les étiologies médicales, psychiatriques et environnementales, les traits de personnalité et les compétences interactionnelles ;
- le protocole a mis en évidence des troubles psychologiques ou psychiatriques chez 38 (62,3 %) des 61 patients étudiés et le fait qu'environ la moitié des symptômes ressentis pouvaient être attribués à une cause psychiatrique ;
- aucune différence significative n'a été mise en évidence du point de vue médical (hors évaluation psychiatrique) entre les quatre sous-groupes identifiés.

L'intérêt de cette étude pilote est d'avoir montré la faisabilité d'une approche multimodale complexe, associant un examen médical et psychiatrique et une analyse environnementale, ainsi qu'un traitement intégratif des nombreuses données recueillies. D'un point de vue pratique, elle pourrait servir de modèle à la prise en charge médicale de patients. Du point de vue scientifique, elle tend à confirmer la grande hétérogénéité des affections environnementales et la fréquente association des facteurs impliqués. Cependant, les effectifs de cette étude sont trop faibles pour permettre de généraliser ses conclusions et sa contribution à l'étude de l'EHS reste très modeste.

Korpinen *et al.* (2009b), utilisant une méthode qualitative d'analyse du discours écrit par codage ouvert, se sont intéressés à l'impact de l'usage des nouvelles technologies (ordinateurs de bureau ou portables, téléphones mobiles et autres appareils électriques) sur les symptômes mentaux auto-déclarés (dont les troubles du sommeil) dans une population finlandaise adulte âgés de 18 à 65 ans. Parmi les répondants (n = 6 121 sur 15 000 questionnaires envoyés, taux de réponse = 41 %), deux groupes ont été identifiés et ont fait l'objet d'une étude fine : celui des personnes déclarant des symptômes (maux de tête, maux d'oreilles, ou sensation de chaleur) associés à l'usage du mobile (33 répondants composant le groupe 1), et celui des personnes déclarant des symptômes cutanés associés à l'usage d'un écran pendant une longue période (44 répondants composant le groupe 2). Ces deux groupes peuvent être désignés sous le terme d'EHS. La fréquence des symptômes rapportés par ces participants est présentée graphiquement (*cf.* Figure 11 et Figure 12) (Korpinen and Pääkkönen 2009b).



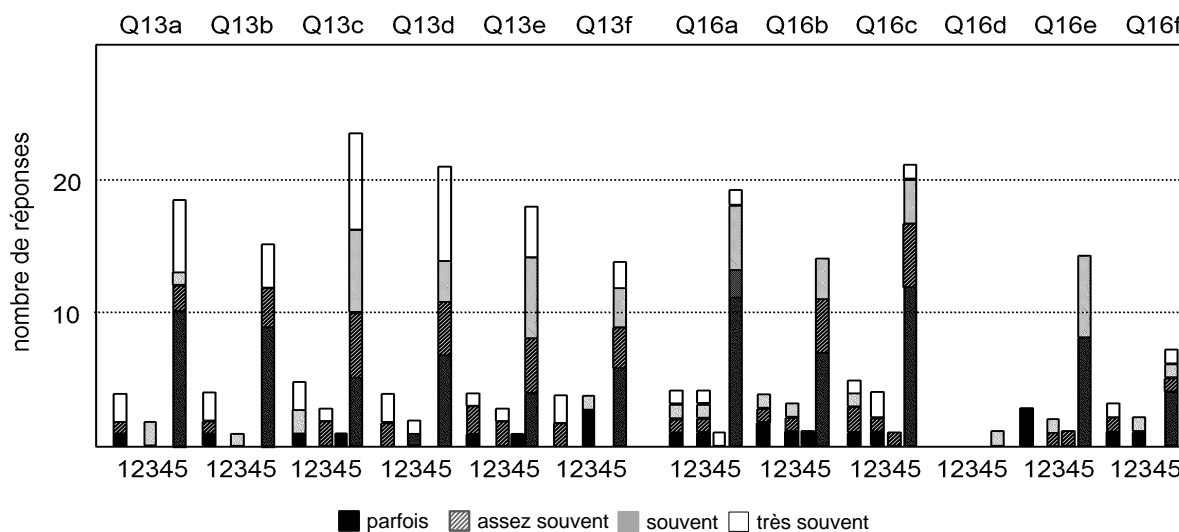
Source : d'après Korpinen et al., 2009b.

Question 8 sur le niveau d'usage du téléphone mobile : 1 = pas du tout, 2 = moins d'une fois par mois, 3 = mensuellement, 4 = chaque semaine, ou 5 = quotidiennement.

Question 13 : « Avez-vous eu une douleur au cours des 12 derniers mois dans (a) les poignets et les doigts, (b) les coudes et les avant-bras, (c) le cou, (d) les épaules, (e) les hanches et le bas du dos, et (f) aux pieds ».

Question 16 : « Avez-vous souffert de (a) troubles du sommeil, (b) de dépression, (c) d'épuisement au travail, (d) d'addiction, (e) d'anxiété, (f) de situation de peur pendant les 12 derniers mois »

Figure 11 : nombre de réponses des participants du groupe 1 aux questions 13 et 16 par niveau d'usage du téléphone mobile (question 8)



Source : d'après Korpinen et al., 2009b.

Question 11 sur le niveau d'utilisation d'un ordinateur au travail : 1 = pas du tout, 2 = moins d'une fois par mois, 3 = mensuellement, 4 = chaque semaine, ou 5 = quotidiennement.

Question 13 : « Avez-vous eu une douleur au cours des 12 derniers mois dans (a) les poignets et les doigts, (b) les coudes et les avant-bras, (c) le cou, (d) les épaules, (e) les hanches et le bas du dos, et (f) aux pieds ».

Question 16 : « Avez-vous souffert de (a) troubles du sommeil, (b) de dépression, (c) d'épuisement au travail, (d) d'addiction, (e) d'anxiété, (f) de situation de peur pendant les 12 derniers mois ».

Figure 12 : nombre de réponses des participants du groupe 2 aux questions 13 et 16 par niveau d'utilisation d'un ordinateur au travail (question 11)

Cette étude porte essentiellement sur les caractéristiques socio-démographiques et sur les appareils utilisés.

Au Japon, Kato *et al.* (2012) ont réalisé une étude sur un groupe de 75 personnes se déclarant EHS recrutées *via* une association au cours de l'année 2009. Trente-quatre avaient été déclarées EHS par un médecin (la méthode de diagnostic n'est pas précisée), 37 étaient soucieux des effets des champs électromagnétiques et s'auto-déclaraient EHS, et 4 déclaraient une sensibilité aux champs électromagnétiques ou aux produits chimiques. La fréquence des symptômes est présentée dans le Tableau 7 (Kato and Johansson 2012).

Tableau 7 : principaux symptômes rapportés par des personnes se déclarant EHS au Japon (n = 75)

Symptômes	Proportion de personnes se déclarant EHS concernées (%)
Fatigue, lassitude	85,3
Maux de tête	81,3
Difficultés de concentration	81,3
Troubles du sommeil	76,0
Humeur atone	73,3
Vertiges	64,4
Bourdonnement	62,7
Raideur de la nuque ou du dos	56,0
Irritation	56,0
Anxiété	54,7

Source : d'après Kato *et al.* (2012).

Hagström *et al.* (2013) ont réalisé en Finlande une étude descriptive et transversale sur une population de personnes se déclarant EHS, recrutées entre juillet 2011 et janvier 2012, et dont la majorité appartenait à une association d'aide aux personnes se déclarant EHS. Un questionnaire a été envoyé par courriel à 395 personnes (les 345 membres d'une association d'entraide et 50 autres personnes ayant demandé à participer à l'étude après avoir appris l'existence de celle-ci). Le taux de participation a été de 52,1 % (n = 206, dont 194 réponses valides) avec 80,9 % de femmes d'âge compris entre 27 et 98 ans (moyenne de 55,4 ans). Cette étude a pris en compte les différentes phases de l'EHS (avant le début des symptômes, pendant et après la phase aiguë de l'EHS). Le questionnaire conçu par les auteurs comprenait une liste de 68 symptômes (stress, troubles du sommeil, etc.), deux questions sur les sources incriminées dans l'apparition des symptômes (*cf.* sujet abordé au § 3.3), une série de questions sur les traitements médicaux conventionnels et non conventionnels, ainsi qu'une question ouverte sur les initiatives personnelles ayant conduit à une récupération partielle ou totale de leur santé (*cf.* § 8.1.3). Les résultats concernant les symptômes ont été les suivants :

- avant l'apparition de l'EHS, le nombre moyen de symptômes était de 10,5 et, lors de la phase aiguë, ce nombre augmentait à 26,8 ;
- le stress était le symptôme le plus fréquemment rapporté par 60 % des répondants (n = 117) en phase aiguë, et 34 % (n = 66) dans la période précédant l'apparition des symptômes ;
- les troubles du sommeil apparaissaient dans les 10 symptômes les plus fréquemment rapportés avec une prévalence de 23,7 % dans la période précédant l'apparition des symptômes, qui augmentait à 59,3 % pendant la phase aiguë ;
- les articulations douloureuses (58 %), une fatigue anormale (57 %) et des tensions musculaires (56 %) étaient également fréquemment rapportées en phase aiguë.

Un biais de mémorisation est possible concernant la période avant l'EHS.

Cette étude indique que le stress est le symptôme prépondérant chez les personnes se déclarant EHS, ce qui pourrait expliquer les troubles du sommeil (Hagström *et al.*, 2013). En effet, le stress est une des causes principales de l'apparition des insomnies (Harvey, Gehrman, and Espie 2014) (*cf.* Encadré 7, p228) et des troubles du sommeil chez l'adulte ; il est possible que les troubles du sommeil observés par ces auteurs puissent être reliés à un facteur de stress (sans qu'il soit possible de dire si celui-ci est une cause ou une conséquence de l'EHS).

L'enquête de Lambrozo *et al.* (2013) réalisée auprès de 600 médecins généralistes français apporte une information indirecte sur les symptômes rapportés au cours de consultations de personnes se déclarant EHS. Les symptômes les plus fréquemment décrits étaient les maux de tête (38 %), les troubles du sommeil (19 %) et la fatigue (17 %). La nervosité (6 %), les vertiges (5 %), les acouphènes (4 %), la sensation de chaleur cutanée (3 %), les difficultés de concentration et l'anxiété (2 %) étaient moins souvent évoqués.

Dieudonné (2016) a abordé le problème de la symptomatologie et de son attribution à une exposition aux champs électromagnétiques en posant la question de savoir comment les personnes se déclarant EHS en arrivent à se considérer comme tel. Il a adopté pour cela une approche qualitative, qu'il présente comme exploratoire, consistant à n'interroger que des personnes véritablement convaincues d'être EHS et à leur faire exposer de la manière la plus libre possible l'histoire de leur maladie (*illness narrative*) et de ses conséquences sur leur vie quotidienne. Utilisant deux critères d'inclusion, la revendication de souffrir d'EHS et l'ajustement du style de vie pour éviter les expositions, l'auteur a recruté 40 personnes (11 hommes et 29 femmes, âge moyen = 51 ± 11 ans). L'entretien a comporté deux étapes. La première ne comportait qu'une question, « *Comment les choses se sont-elles passées pour vous ?* », à laquelle les participants pouvaient répondre librement et aussi longtemps qu'ils le souhaitaient. La seconde était un entretien détaillé, guidé par cinq questions les interrogeant successivement sur : (1) leurs symptômes, (2) la manière dont ils y font face, (3) comment ils en sont venus à les attribuer à une exposition aux champs électromagnétiques, (4) les effets qu'ils perçoivent sur leurs relations sociales et (5) leurs principales caractéristiques sociales. D'après l'auteur, le recoupement des réponses, la reformulation et la répétition des questions, le souci de ne pas suggérer les réponses, le choix du lieu de l'entretien laissé aux personnes ont permis de créer un climat de confiance et d'obtenir des informations fiables. Les participants ont assisté volontiers à la reconstitution de leur biographie. La durée moyenne des entretiens était de 143 minutes. L'auteur a rapporté que les troubles du sommeil étaient mentionnés par 28 participants (70,0 %), les maux de tête par 25 (62,5 %), les douleurs par 25 (62,5 %), une fatigue jugée anormale par 20 (50,0 %) et des problèmes de concentration par 17 (42,5 %).

6.1.1.2 Études comportant des groupes témoins (en population générale)

Röösli *et al.* (2004) ont réalisé, à la demande de l'Office Fédéral suisse de la Santé Publique (OFSP), une enquête ayant pour objectifs (1) de caractériser une population de personnes se déclarant EHS en matière de démographie, de prévalence des symptômes et de sources de champs électromagnétiques suspectées, et (2) de la comparer à l'échantillon représentatif de la population suisse constitué à l'occasion du *Swiss Health Survey (SHS)* de 1997¹²⁴ (Abelin *et al.* 2000). Les auteurs ont élaboré un questionnaire spécialement destiné aux personnes se déclarant EHS et comportant, en ce qui concerne « les symptômes de mauvaise santé », des questions ouvertes pour éviter les biais de réponses. Ils ont également utilisé les questions relatives à l'état de santé général, aux troubles du sommeil et aux maux de tête du *SHS*. Ce questionnaire a été diffusé auprès des autorités publiques, des organisations écologistes, aux compagnies de téléphone et aux autres structures pouvant être consultées par les personnes atteintes, pour leur permettre d'encourager les participants attribuant des symptômes de mauvaise santé à des expositions à des champs électromagnétiques de répondre au questionnaire. Puis, l'OFSP a adressé le questionnaire aux personnes ayant accepté de participer à l'étude. En un an, 429 questionnaires ont été collectés, parmi lesquels ceux de 394 personnes (57 % femmes, 43 % hommes, âge moyen = 51 ans) attribuant leurs symptômes de mauvaise santé à l'exposition aux champs électromagnétiques.

- en ce qui concerne les données brutes, recueillies directement auprès de personnes se déclarant EHS, les auteurs ont présenté une liste des 26 symptômes les plus fréquemment déclarés (figure 1, page 143 de l'article) parmi lesquels les troubles du sommeil ont été les

¹²⁴ Cette étude a été réalisée sur un échantillon de 13 004 personnes, représentatif de la population suisse.

plus fréquents (58 %), devant les maux de tête (41 %), la nervosité (19 %), la fatigue (18 %) et les difficultés de concentration (16 %), aussi bien chez les hommes que chez les femmes. Les personnes se déclarant EHS ont indiqué comme causes possibles de leurs symptômes : les antennes de téléphonie mobile (74 %), les téléphones mobiles (36 %), les téléphones sans fil (29 %) et les lignes à haute tension (27 %) ;

- en ce qui concerne la comparaison avec les données du questionnaire SHS, l'échantillon de la population générale était statistiquement plus jeune que celui des personnes se déclarant EHS (46,1 ans *versus* 51,0 ans), moins fréquemment marié (52 % *versus* 58 %, $p < 0,005$) et de niveau éducatif moins élevé (17 % *versus* 40 %, $p < 0,001$). Après ajustement sur l'âge, le genre, le niveau éducatif et le statut conjugal, les résultats ont été les suivants (tableau 2, page 146 de l'article) :
 - les troubles du sommeil, classés en deux catégories (modérés et pathologiques), ont été plus fréquemment rapportés par les personnes se déclarant EHS que par la population générale : $n = 129$ (33 %) *versus* $n = 3\,085$ (24 %) pour les troubles du sommeil modérés et $n = 155$ (39 %) *versus* $n = 638$ (5 %) pour les pathologiques ($p < 0,001$) ;
 - les maux de tête intenses, eux aussi classés en deux catégories (modérés et intenses), ont également été plus fréquemment rapportés par les personnes se déclarant EHS que par la population générale : $n = 129$ (33 %) *versus* $n = 3\,085$ (24 %) pour les troubles du sommeil modérés et $n = 174$ (44 %) *versus* $n = 1\,144$ (9 %) pour les pathologies ($p < 0,001$) et ont été plus fréquents que les troubles du sommeil (voir aussi discussion sur les migraines au § 7.5.3) ;
 - l'état de santé général, caractérisé par la fréquence des pathologies associées, a été significativement plus altéré chez les personnes se déclarant EHS que dans la population générale : rhumatisme (9,4 % *versus* 4,5 %, $p = 0,001$), bronchite (5,8 % *versus* 1,2 %, $p < 0,001$), cancer (4,1 % *versus* 0,8 %, $p = 0,001$), allergie (8,6 % *versus* 2,6 %, $p < 0,001$), et dépression (6,9 % *versus* 2,1 %, $p < 0,001$).

Bien que reposant sur une méthodologie élaborée, ayant fait l'objet d'un large consensus et appliquée rigoureusement, on peut s'interroger sur la validité d'une comparaison entre deux populations dont les données ont été recueillies avec des méthodologies différentes et un décalage de 4,5 ans. De plus, la fréquence élevée d'affections organiques chez les personnes se déclarant EHS pose le problème des critères de recrutement de ces personnes.

Enfin, il existe des discordances dans la fréquence des symptômes étudiés chez les personnes se déclarant EHS, selon qu'elles sont présentées en données brutes ou en données ajustées pour comparaison avec la population de l'enquête SHS. Ceci concerne aussi bien les troubles du sommeil (58 % en données brutes *versus* 72 %, 33 + 39, lors de la comparaison) que les maux de tête (41 % en données brutes *versus* 81 %, 37 + 44 lors de la comparaison). Pour toutes ces raisons, les pourcentages indiqués dans cet article doivent être considérés, sans être remis en cause, comme traduisant des tendances plutôt que comme des données précises.

Schröttner et Leitgeb (2008) ont interrogé par téléphone un échantillon de 526 personnes représentatives de la population autrichienne pour étudier la prévalence de l'EHS dans ce pays. Le taux de participation a été de 88 % ($n = 460$). Les auteurs ont posé 25 questions, les unes d'ordre général et les autres portant plus particulièrement sur l'utilisation des appareils émetteurs de champs électromagnétiques, sur la perception des risques liés à cette utilisation, sur l'éventuelle gêne ressentie en présence d'un ou de plusieurs de ces appareils, sur les symptômes traduisant cette gêne (question ouverte) et sur l'éventuel recours à un médecin pour traiter ces symptômes. Sur les 460 participants, 16 (3,5 %) ont déclaré être EHS à un degré tel qu'ils avaient eu recours à un médecin pour le traitement de leurs symptômes.

- les symptômes les plus fréquemment rapportés chez les personnes se déclarant EHS étaient, sans autre précision : les troubles du sommeil, la migraine, la nervosité et les acouphènes ;

- dans la population générale, les auteurs ont précisé que la fréquence des symptômes était de 16,4 % pour la sensibilité aux changements de temps, de 14,0 % pour la migraine, de 8,2 % pour les perturbations du sommeil et de 8,0 % pour les maux de tête (question fermée ne comportant que ces quatre propositions) (Schröttner and Leitgeb 2008).

Landgrebe *et al.* (2008b, 2009) ont consacré deux articles à une étude cas-témoin. Leur objectif principal était d'approfondir une étude pilote (Frick *et al.* 2005, Landgrebe *et al.* 2007) basée sur une exposition à une stimulation magnétique transcrânienne chez des personnes se déclarant EHS, sans montrer de capacité de détection des expositions par ces personnes (voir présentation de l'étude au § 6.2.1.2.1). En fonction de cet objectif, les effectifs calculés *a priori* à partir des données de cette étude pilote qui devaient être de 90 par groupe ont finalement été de 89 personnes se déclarant EHS et de 107 témoins. L'étude comportait aussi un volet clinique (voir article de Landgrebe *et al.* 2008a analysé au § 6.2.1.2.1), un volet psychique et un sur les « stratégies cognitives » à l'égard des symptômes attribués aux champs électromagnétiques. Les personnes se déclarant EHS ont été recrutées dans la région de Ratisbonne (Allemagne), par annonce dans les journaux ou par des séances d'information dans des lieux publics, sur la base des trois critères suivants : (1) un score d'au moins 19 sur l'échelle de Ratisbonne¹²⁵, cette échelle des plaintes associées aux champs électromagnétiques étant également utilisée pour comparer la symptomatologie fonctionnelle entre les deux groupes, (2) l'attribution de leurs symptômes à des sources de champs électromagnétiques clairement désignées et (3) un âge compris entre 18 et 75 ans. Seul critère d'exclusion, ces participants ne devaient pas avoir d'obstacle (métallique) aux mesures de stimulation magnétique transcrânienne. Sur les 135 personnes se déclarant EHS ayant répondu à l'appel, 101 ont été considérées éligibles et 89 ont rempli le formulaire de consentement. Les témoins (n = 107) ont été recrutés dans le voisinage ou dans l'environnement professionnel, de façon à être appariés sur l'âge ($50,5 \pm 10,9$ ans pour les personnes se déclarant EHS *versus* $49,0 \pm 11,1$ pour les témoins) et le genre (58,5 % de femmes pour les personnes se déclarant EHS *versus* 62,6 % pour les témoins). Indépendamment de l'étude de l'excitabilité corticale par stimulation magnétique transcrânienne, les participants ont rempli plusieurs questionnaires explorant : 1) l'état de santé perçue (sur une échelle de 1 = excellent, à 5 = mauvais), 2) le nombre de jours de maladie, 3) le nombre de visites médicales au cours de l'année écoulée, 4) la qualité du sommeil perçue (estimée à l'aide de l'index de qualité du sommeil de Pittsburgh, *Pittsburgh Sleep Quality Index, PSQI*), le score de plaintes symptomatiques (évalué avec l'échelle de Ratisbonne citée ci-dessus, 5) la tendance à la somatisation (à l'aide de l'*interview* standardisée de détection des troubles somatoformes, SOMS), 6) la présence d'une dépression majeure ou 7) d'un trouble anxieux généralisé (à l'aide de la version allemande de l'*interview* diagnostique internationale composite de l'OMS, CIDI-SF), 8) un questionnaire « maison » de 42 items évaluant leurs stratégies cognitives face à la maladie portant, entre autres, sur la rumination, la tendance à « externaliser » les causes potentielles de sensations corporelles et à « catastrophiser » les symptômes, la défiance à l'égard de la médecine officielle, le maintien de l'estime de soi face au vécu symptomatique, la perception de la vulnérabilité, et l'intolérance aux plaintes corporelles, les réponses ont été codées de 1 (= désaccord) à 4 (= accord fort) et 9) adressé dans un second temps aux 196 personnes ayant participé à la première étude (Landgrebe *et al.*, 2008b), le THI - *Tinnitus Handicap Inventory* permettant d'évaluer la présence et la sévérité des acouphènes (*cf.* Landgrebe *et al.* (2009)).

Les résultats de l'étude ont montré que les personnes se déclarant EHS avaient un état de santé significativement moins bon que les témoins, ainsi :

- elles ont déclaré être en plus mauvaise santé que les témoins ($3,3 \pm 0,8$ *versus* $2,7 \pm 0,8$, $p < 0,001$), avoir eu plus de jours de maladie ($21,7 \pm 44,4$ *versus* $11,9 \pm 37,0$, $p = 0,05$) et plus de visites médicales ($18,6 \pm 16,0$ *versus* $9,4 \pm 10,5$, $p < 0,0001$) au cours de l'année écoulée ;

¹²⁵ Ratisbonne en français ou Regensburg en Allemand.

- leur perception de la qualité du sommeil était moins bonne que celle des témoins avec un score de Pittsburgh de $9,1 \pm 3,1$ versus $6,4 \pm 2,1$ ($p < 0,0001$) ;
- leur score de plaintes associées aux champs électromagnétiques sur l'échelle de Ratisbonne était plus élevé que celui des témoins ($47,5 \pm 21,0$ versus $15,6 \pm 15,0$, $p < 0,001$), ce qui est attendu en raison des critères de sélection des participants se déclarant EHS ;
- elles avaient une plus grande prévalence de co-morbidité psychiatrique : les pourcentages de dépression majeure ($23,6\%$ versus $8,4\%$, $p < 0,005$) et d'anxiété généralisée ($5,6\%$ versus 0% , $p < 0,05$) étaient significativement plus élevés que chez les témoins, les troubles somatoformes étaient également plus nombreux ;
- de manière significative, elles avaient une tendance à ressasser et à ne pas tolérer les symptômes, un sentiment de vulnérabilité et de lutte pour maintenir l'estime de soi. elles ont obtenu des scores statistiquement plus élevés que les témoins en ce qui concernait les réponses à des phrases comme, « Je suis différent des autres » ($p < 0,001$), « Je dois prendre soin de moi plus intensément que d'autres » ($p = 0,035$), « Je réfléchis beaucoup à (mon) électrosensibilité » ($p < 0,001$) et « J'évite les charges lourdes pour conserver ma force » ($p = 0,006$).

Les auteurs ont estimé que les stratégies cognitives sont une adaptation à la diminution des capacités de discrimination sensorielle objectivée par la stimulation magnétique transcrânienne (cf. résultats décrits au § 6.2.1.2.1).

Les résultats de l'étude consacrée aux acouphènes (Landgrebe *et al.* 2009), qui n'a porté que sur 69 personnes se déclarant EHS (taux de réponse = 77,5 %) et sur 80 témoins (taux de réponse = 74,8 %) issus de la précédente étude ont été les suivants :

- il n'y a pas eu de différences notables entre les répondants et les non-répondants au questionnaire « acouphènes » et les différences décrites ci-dessus (Landgrebe *et al.*, 2008b) entre personnes se déclarant EHS et témoins n'ont été que très légèrement modifiées ;
- les acouphènes ont été plus fréquents dans le groupe se déclarant EHS ($50,72\%$ versus $17,5\%$, $p < 0,0001$), alors que leur durée et leur sévérité ne différaient pas entre les deux groupes ;
- une analyse de régression logistique a mis en évidence quatre prédicteurs indépendants d'acouphènes : se déclarer EHS, être de genre masculin, avoir une diminution de la qualité de sommeil perçue au PSQI et avoir une diminution de la capacité de discriminer les stimuli ;
- de même, se déclarer EHS, comme souffrir d'acouphènes, ont été des facteurs de risque indépendants de troubles du sommeil (analyse linéaire de régression avec PSQI - *Pittsburgh Sleep Quality Index* - comme variable dépendante) ;
- l'utilisation du téléphone mobile (pas de dosimétrie, seulement une estimation de l'utilisation par le montant de la dernière facture, ce qui ne tient pas compte des appels entrants), n'était pas associée aux acouphènes ;

Cette étude a globalement été conduite avec rigueur, à l'exception de l'utilisation de l'échelle de Ratisbonne comme critère d'inclusion et comme critère d'évaluation, et de l'absence de dosimétrie.

Elle évoque en outre l'hypothèse d'un mécanisme physiopathologique commun à l'EHS et aux acouphènes, qui pourrait être une suractivation du réseau cortical¹²⁶ de la détresse.

L'étude Qualifex est une étude de cohorte menée en Suisse en 2008-2009 (Röösli *et al.*, 2010 ; Frei *et al.*, 2012). Dans cette étude, 130 personnes au total se sont déclarées EHS en répondant positivement à la question « êtes-vous électrohypersensible ? » soit en 2008, soit en 2009, soit les deux années.

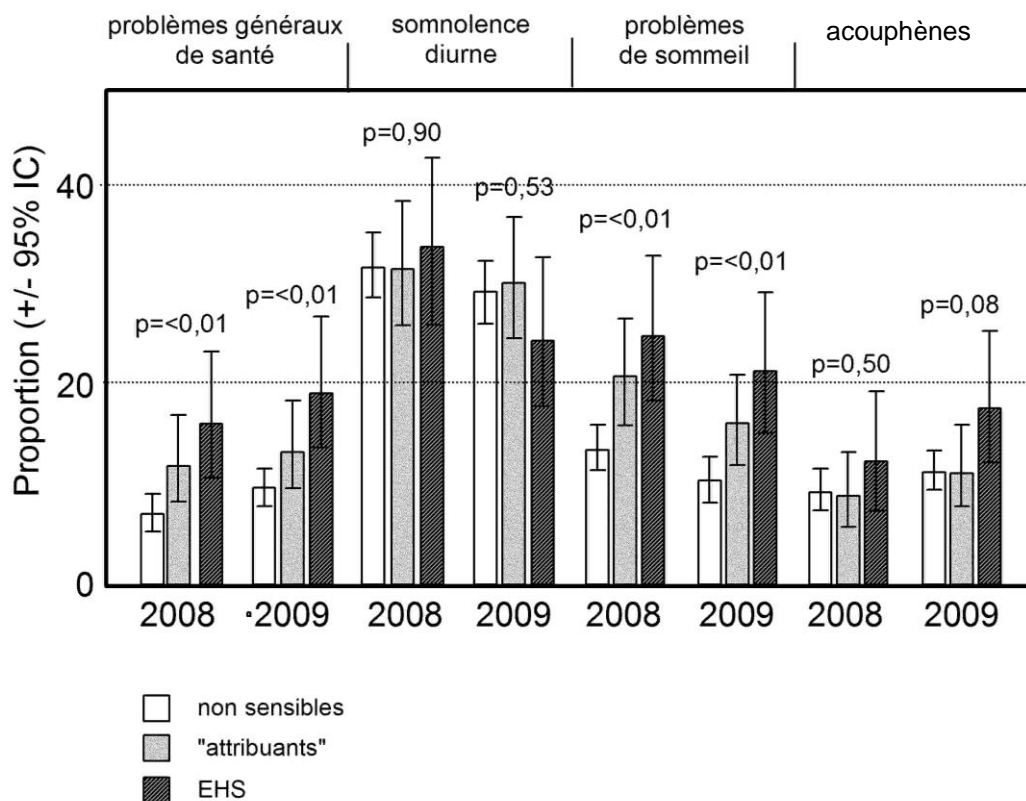
Röösli *et al.* (2010) ont étudié par questionnaires l'apparition de symptômes non spécifiques (céphalées, somnolence diurne, perturbations du sommeil, acouphènes). L'échantillon était constitué de 1 375 adultes recrutés en 2008 par tirage au sort sur les registres de population de la région de Bâle (Suisse), et de nouveau interrogés en 2009 pour 82 % d'entre eux. Parmi les 1 122 personnes suivies, l'échantillon était réparti en trois groupes de participants : des personnes se déclarant EHS (n = 96 en 2008), d'autres pensant avoir des problèmes de santé dus à la pollution électromagnétique quotidienne, mais qui ne se déclaraient pas EHS, qualifiés d'« attributants » (n = 145 en 2008), et des personnes se déclarant « non-sensibles » aux champs électromagnétiques (n = 881 en 2008). Les problèmes de santé généraux ont été déterminés à l'aide du questionnaire *European Health Interview Survey* (EHIS) (il s'agit d'un questionnaire environnement & santé). La liste des plaintes somatiques de von Zerssen a également été utilisée. La sévérité des maux de tête a été évaluée à l'aide du *Headache Impact Test (HIT-6)*. Enfin, la somnolence diurne a été évaluée grâce à l'échelle d'Epworth (ESS) et les perturbations du sommeil grâce au questionnaire *Swiss Health Survey 2007* (Schmitt *et al.* 2000). En champ lointain (antennes-relais), l'exposition des personnes aux radiofréquences a été évaluée par modélisation (exposition moyenne de 0,020 mW/m² pour les antennes et exposition de 0,120 mW/m² pour l'ensemble des sources), et par mesure sur une semaine pour un sous-échantillon de 166 personnes. En champ proche (téléphone mobile et sans fil -DECT-), l'exposition a été évaluée par questionnaire et par les données fournies par les opérateurs durant les 6 mois précédant chaque questionnaire. Les niveaux d'exposition moyens n'ont pas changé significativement entre 2008 et 2009.

- les troubles de santé (score de von Zerssen) (céphalées, endormissements diurnes, acouphènes) étaient plus fréquemment rapportés par les « attributants » et les personnes se déclarant EHS que par les non-EHS et étaient significativement plus sévères chez les personnes se déclarant EHS et les « attributants » que chez les « non-sensibles », mais sans lien avec le niveau d'exposition pour toutes les méthodes d'estimation de l'exposition considérées ;
- les personnes se déclarant EHS avaient plus de maux de tête que les non-EHS (score de 48 pour les EHS et de 45 pour les non-EHS) ;
- la prévalence des troubles du sommeil était significativement plus élevée ($p < 0,01$) chez les personnes se déclarant EHS (25 %) et chez les « attributants » (21 %) que chez les non-EHS (13 %) ;
- il n'y avait pas de différence entre les trois groupes en ce qui concernait la somnolence diurne ;
- l'article confirmait le caractère aspécifique des plaintes et ne mettait pas en évidence de corrélation entre le type de plainte et le niveau d'exposition aux champs électromagnétiques ;

¹²⁶ Sur la base d'études en neuroimagerie chez l'Homme, de nombreux troubles psychologiques ou des pathologies neurologiques et / ou psychiatriques sont associés à une hyperactivité et une réorganisation au sein de réseaux neuronaux, dont certains sont non-spécifiques, c'est-à-dire communs à plusieurs troubles. C'est le cas du réseau cortical de la détresse qui est impliqué dans les acouphènes, les douleurs (neuropathiques, fantôme), les désordres somatoformes, l'anxiété ou encore la dépression. Ce réseau comprend des structures cérébrales appartenant au système limbique, notamment les cortex cingulaire et insulaire antérieurs et l'amygdale (De Ridder *et al.* 2011).

- le groupe de personnes se déclarant EHS comportait plus de femmes et le groupe de personnes qualifiées de « non-sensibles » avait un niveau d'éducation plus élevé que les deux autres groupes.

La fréquence des différents symptômes est représentée sur la Figure 13.



Source : d'après Rössli et al., 2010.

Figure 13 : fréquence des différents problèmes de santé dans les trois groupes étudiés entre 2008 et 2009

Avec une analyse complémentaire de cette cohorte (utilisant les mêmes données d'exposition), Frei et al. (2012) ont montré :

- l'absence d'association cohérente entre les niveaux initiaux d'exposition estimés, les changements de niveaux d'exposition et le développement de symptômes non spécifiques (score de von Zerssen, maux de tête) ;
- qu'il n'y avait pas d'association entre l'exposition estimée et les acouphènes ;
- qu'il n'y avait pas de différence entre les personnes se déclarant EHS et non-EHS en ce qui concernait les relations entre exposition et symptômes (Frei et al. 2012).

Dans cette étude, les auteurs se sont exclusivement fondés sur une déclaration de perception des acouphènes, en l'absence d'anamnèse orientée, d'échelle spécifique d'évaluation de l'acouphène (THI), d'absence d'examen ORL et d'investigation audiolologique. Il n'y a aucune évaluation de l'anxiété et du profil psychologique des personnes (tests de personnalité), mais les données ont été ajustées sur l'âge, le genre, l'indice de masse corporelle, le stress, l'activité physique, le tabac, la consommation d'alcool, le niveau d'étude, le statut marital, la résidence urbaine ou semi-urbaine, le travail de nuit, les croyances relatives aux effets des champs radiofréquences, l'usage de somnifères, et l'attitude générale envers l'environnement.

Dans une étude cas-témoin réalisée en 2005-2006, Johansson et al. (2010) ont évalué les symptômes, les traits de personnalité et le stress dans deux populations de personnes sensibles, soit aux émissions des téléphones mobiles (groupe MP) (n = 45), soit à d'autres sources de champs électromagnétiques (groupe se déclarant EHS) (n = 71), en comparaison avec un groupe représentatif de la population générale (groupe PB) (n = 106) et un sous-groupe de cet échantillon, appelé groupe témoin (groupe C) (n = 63), dont sont exclus les personnes rapportant des

symptômes attribués aux champs électromagnétiques. Les personnes des groupes MP et EHS ont été recrutés par publicité dans huit journaux suédois. Les témoins, appariés sur l'âge et le genre, ont été recrutés grâce au registre de la population suédoise. Les principaux facteurs de confusion ont été pris en compte (emploi, stress, charge de travail, facteurs psychosociaux, etc.). Des corrections pour analyses multiples ont été réalisées. Les personnes sensibles au téléphone mobile ont été distinguées de celles sensibles aux champs électromagnétiques en général, car, selon les auteurs, les observations et les recherches cliniques suggèrent des différences entre ces deux groupes de populations en matière de prévalence des symptômes, des facteurs psychologiques et donc du pronostic sur la santé. La catégorisation des cas a été faite par les chercheurs : les personnes déclarant des symptômes, au moins une fois par semaine, en relation avec les téléphones mobiles, les écrans vidéo et d'autres appareils fonctionnant à l'électricité sont considérées EHS, celles qui ont des symptômes qu'elles attribuent uniquement au téléphone mobile sont considérées « MP ». Les auteurs ont évalué la fréquence de 13 symptômes (exemple : inconfort, vertiges, difficultés de concentration, fatigue, perte de mémoire, maux de tête, troubles du sommeil, etc.) à l'aide d'un questionnaire inspiré d'études antérieures (Mild *et al.* 1998) permettant notamment d'estimer le pourcentage de participants présentant des troubles du sommeil ou des acouphènes liés ou non à l'exposition aiguë aux champs électromagnétiques. Les auteurs ont recueilli les données démographiques et l'état de santé, et caractérisé la situation professionnelle à l'aide du *Swedish National Labor Market Board classification of occupations*. Enfin, ils ont exploré les caractéristiques psychiques des participants à l'aide d'instruments standardisés : *State-Trait Anxiety Inventory (STAI)*, *Karolinska Scales of Personality (KSP)*, *Beck depression inventory (BDI)*, *subscales of anxiety, depression and somatization of the Symptom checklist-90 (SCL-90)*, *Shirom-Melamed Burnout Questionnaire (SMBQ)*, *general Perceived Stress Questionnaire (PSQ)*. Les résultats sont présentés dans le Tableau 8.

Tableau 8 : pourcentages de participants rapportant différents symptômes (survenant au moins une fois par semaine) parmi des personnes ayant des symptômes qu'elles attribuent au téléphone mobile (groupe MP), se déclarant EHS (groupe EHS), issues de la population générale (groupe PB) et des témoins (groupe C)

	Symptômes non attribués aux champs EM				Symptômes attribués aux champs EM			
	MP (n = 45)	EHS (n = 71)	PB (n = 106)	C (n = 63)	MP (n = 45)	EHS (n = 71)	PB (n = 106)	C (n = 63)
Vertiges	18 ¹	42 ^{1,3,5}	13	11	27 ^{1,4}	75 ^{1,3,5}	7	0
Inconfort général	29 ¹	77 ^{1,3,5}	11	10	73 ^{2,4}	92 ^{3,5}	9	0
Difficultés de concentration	36	68 ^{3,5}	18	13	42 ^{1,2,4}	81 ^{1,3,5}	10	0
Pertes de mémoire	31	49 ^{3,5}	12	10	22 ^{1,4}	61 ^{1,3,5}	3	0
Fatigue	33 ¹	75 ^{1,3,5}	27	21	38 ^{2,4}	80 ^{3,5}	11	0
Maux de tête	22	51 ^{3,5}	21	16	58 ^{2,4}	73 ^{3,5}	19	0
Sensation de chaleur derrière / autour de l'oreille	47 ^{2,4}	41 ^{3,5}	4	0	84 ^{2,4}	66 ^{3,5}	12	0
Sensation de chaleur sur l'oreille	42 ^{2,4}	39 ^{3,5}	5	0	80 ^{2,4}	67 ^{3,5}	19	0
Sensation de brûlure sur la peau	36 ²	62 ^{3,5}	12	6	64 ^{2,4}	90 ^{3,5}	20	0
Picotements / démangeaisons	18 ¹	54 ^{3,5}	3	2	51 ^{2,4}	79 ^{3,5}	4	0
Troubles du sommeil	33 ¹	73 ^{1,3,5}	30	21	20 ^{1,4}	65 ^{1,3,5}	4	0
Acouphènes	24	41 ^{3,5}	11	11	20 ⁴	49 ^{3,5}	2	0
Engourdissements	13	34 ^{3,5}	10	9	22 ^{1,2,4}	59 ^{1,3,5}	2	0
Nombre moyen de symptômes	4,0 ^{1,2,4} (3,3)	7,4 ^{1,3,5} (3,6)	1,8 (2,4)	1,3 (2,0)	6,3 ^{1,2,4} (3,0)	9,7 ^{1,3,5} (3,3)	1,2 (2,1)	0 (0)

Différences significatives : (1) MP/EHS; (2) MP/PB; (3) EHS/PB; (4) MP/C; (5) EHS/C (ajustement de Bonferroni pour tests multiples).

Source : d'après Johansson *et al.* (2010)

- concernant le sommeil, dans le groupe MP, 33 % des participants ont rapporté des troubles qu'ils considéraient non liés à l'exposition aux champs électromagnétiques et 20 % liés à l'exposition. Les résultats n'étaient pas significativement différents de ceux des groupes témoins (PB et C) en ce qui concernait les troubles non liés aux champs électromagnétiques ;
- dans le groupe de personnes se déclarant EHS, 73 % des participants ont rapporté des troubles du sommeil qu'ils considéraient non liés à l'exposition aux champs

électromagnétiques et 65 % liés à l'exposition. Ces résultats étaient significativement différents de ceux des trois autres groupes (MP, PB, C) ;

- pour chaque symptôme (fatigue, perte de mémoire, maux de tête, sensation de chaleur autour, derrière ou sur l'oreille, sensation de brûlure sur la peau, acouphènes, difficultés de concentration, etc.), le nombre de personnes se déclarant EHS présentant un symptôme était à chaque fois supérieur au nombre de personnes du groupe MP présentant le même symptôme ;
- le symptôme le plus fréquent était un inconfort général : 77 % des personnes se déclarant EHS signalait un inconfort général non lié à l'exposition aux champs électromagnétiques et 92 % en déclaraient un lié à celle-ci. Dans le groupe témoin, 10 % déclaraient un inconfort non lié à l'exposition aux champs électromagnétiques et 0 % un inconfort lié à l'exposition ;
- la fatigue, les troubles du sommeil et les difficultés de concentration étaient également fréquents chez les personnes se déclarant EHS. Ces symptômes pourraient être associés ;
- les picotements et les maux de tête concernaient également plus d'une personne se déclarant EHS sur deux ;
- les groupes MP et EHS pris globalement avaient des scores statistiquement plus élevés à la plupart des tests de personnalité, de dépression et de stress que ceux des groupes de référence, qu'il s'agisse du groupe PB ou du groupe C. Ceci concernait le score global et toutes les sous-échelles du SMBQ, les sous-échelles « tension musculaire », « psychasthénie¹²⁷ » et « anxiété somatique » de la KSP, l'inventaire de dépression du BDI, et toutes les sous-échelles de la SCL-90 ;
- les résultats concernant l'anxiété n'étaient pas homogènes. Il n'y avait pas d'anxiété « état » (au *STAI*) (voir définition de l'anxiété « trait », constitutionnelle, ou « état », à l'instant présent, dans la présentation du test *STAI* en Annexe 13) ni d'anxiété psychique (au *KSP*), aussi bien chez les personnes se déclarant EHS que chez celles sensibles au téléphone mobile (MP), par rapport aux deux groupes témoins (PB et C). En revanche, les scores d'anxiété « trait » (au *STAI*), d'anxiété somatique (au *KSP*) et d'anxiété (à la sous-échelle du *SCL-90*) étaient significativement plus élevés dans le groupe se déclarant EHS que dans les groupes témoins ;
- il n'y avait pas de différence entre les groupes MP et se déclarant EHS, sauf pour la sous-échelle « somatisation » de la *SCL-90* ($p = 0,028$) et la sous-échelle « apathie » de la *SMBQ* ($p = 0,043$). Toutefois, presque tous les scores du groupe se déclarant EHS ont été supérieurs à ceux du groupe MP et leurs différences avec les groupes PB et C ont été bien plus fréquemment significatives (14 fois sur 17) que les différences du groupe MP avec ces mêmes groupes PB et C (6 fois sur 17) ;
- les personnes sensibles aux champs électromagnétiques exprimaient davantage de neurasthénie¹²⁸ (avec maux de tête, fatigue, vertiges, troubles du sommeil, troubles cognitifs, etc.), un niveau plus élevé de réactivité au stress, ainsi qu'un score plus élevé de stress perçu, d'anxiété et de dépression que les autres participants ;
- en comparaison avec les groupes témoins :

¹²⁷ Psychasthénie : névrose liée à une baisse de la tension psychologique, caractérisée par des troubles psychiques (absence d'attention, impuissance à agir, manque de résolution, doute permanent, perte progressive du sens du réel), accompagnés généralement de troubles physiques (angoisse, manque d'appétit, insomnie, céphalées et algies diverses), se traduisant par des difficultés et une appréhension à agir.

¹²⁸ À noter que le terme de neurasthénie dans la littérature scientifique internationale s'apparente à la fibromyalgie dans sa description clinique, elle peut s'accompagner souvent d'éléments dépressifs.

- les personnes sensibles aux téléphones mobiles montraient davantage de souffrances dépressives, et de syndrome d'épuisement, mais pas davantage de souffrance anxieuse ou liée au stress ni de somatisation ;
- les personnes se déclarant sensibles aux champs électromagnétiques exprimaient un niveau plus élevé de tous les indices psychologiques (dépression, anxiété, somatisation), à l'exception du niveau de stress.

Cette étude ambitieuse s'est intéressée à un élément important de la diversité des troubles associés aux groupes de personnes se déclarant EHS ou MP : l'aspect psychosocial. Cependant, la multiplicité des auto-questionnaires et le type de recrutement des patients favorisent un biais de suggestibilité de l'hypersensibilité.

Le groupe MP rapportait des plaintes somatosensorielles locales, alors que les personnes se déclarant EHS décrivaient des plaintes somatiques aspécifiques et plus générales. Ces dernières étaient plus souvent stressées, anxieuses, déprimées et « à bout », ce qui n'est pas le cas chez les personnes MP (généralement plus jeunes, masculins et professionnellement actifs).

Les personnes du groupe « EHS » décrivaient une diminution de leur qualité de vie due aux symptômes qu'ils attribuaient à leur exposition aux radiofréquences et présentaient un pronostic d'évolution moins favorable que les patients MP.

Van Dongen *et al.* (2014) ont conduit une étude épidémiologique aux Pays-Bas. Ils ont comparé trois groupes de personnes âgées de 18 à 82 ans. Les deux premiers groupes sont issus d'un panel en ligne de consommateurs représentatifs de la population générale néerlandaise. Les 1 009 participants (taux de réponse = 60 %) ont été recrutés par internet et rémunérés pour leur participation. Une seule question distingue les deux groupes, à savoir : pensez-vous être sensibles aux champs électromagnétiques ? Ainsi, le premier groupe est constitué de personnes qui se déclaraient non sensibles aux champs électromagnétiques ($n = 937$, soit 93 % de l'échantillon, groupe NS) et le deuxième de personnes qui se déclaraient sensibles aux champs électromagnétiques ($n = 72$, soit 7 % de l'échantillon, groupe GP). Le troisième groupe a été recruté au sein d'associations (ONG). Il s'agissait de participants qui rapportaient des symptômes dus aux champs électromagnétiques, à la pollution et aux odeurs chimiques notamment, depuis au moins 5 ans. Dans ce groupe, 42 % des 278 participants ont répondu aux questionnaires ($n = 116$, groupe SA). Toutes les personnes ont été caractérisées en utilisant plusieurs questionnaires pour mesurer l'optimisme (*Life Orientation Test-Revisited* (LOT-R) (décrit en Annexe 13), le névrotisme (ou tendance persistante à l'expérience des émotions négatives) (les « *neuroticism Items* » du *NEO-Five Factors Inventory* (NEO-FFI) et leurs symptômes (*The Four-Dimensional Symptom Questionnaire* (4DSQ¹²⁹)).

- le groupe symptomatique recruté *via* des associations (groupe ONG) était différent des deux autres par sa composition : les pourcentages de femmes, de personnes au chômage, plus âgées et avec un niveau d'études supérieur y étaient plus élevés que dans ceux issus de la population générale ;
- le groupe de la population générale sans sensibilité déclarée aux champs électromagnétiques (groupe NS) était significativement moins préoccupé par rapport à la santé que les autres groupes sensibles aux champs électromagnétiques ;
- en ce qui concerne les symptômes (*cf.* Figure 14) :
 - les trois groupes différaient significativement les uns des autres pour ce qui est du nombre moyen de symptômes ($11,1 \pm 4,3$ pour le groupe ONG, $8,5 \pm 4,7$ pour le

¹²⁹ Le 4DSQ est un autoquestionnaire qui mesure le stress, l'anxiété, la dépression et la somatisation. Il comprend une liste de 16 symptômes physiques vécus communément. Les auteurs ont ici rajouté la fatigue, parce qu'elle était souvent mentionnée par les personnes. Un item sur l'existence d'un goût métallique dans la bouche (*Metal taste in mouth*) a également été rajouté, car cette sensibilité a été rapportée par plusieurs participants.

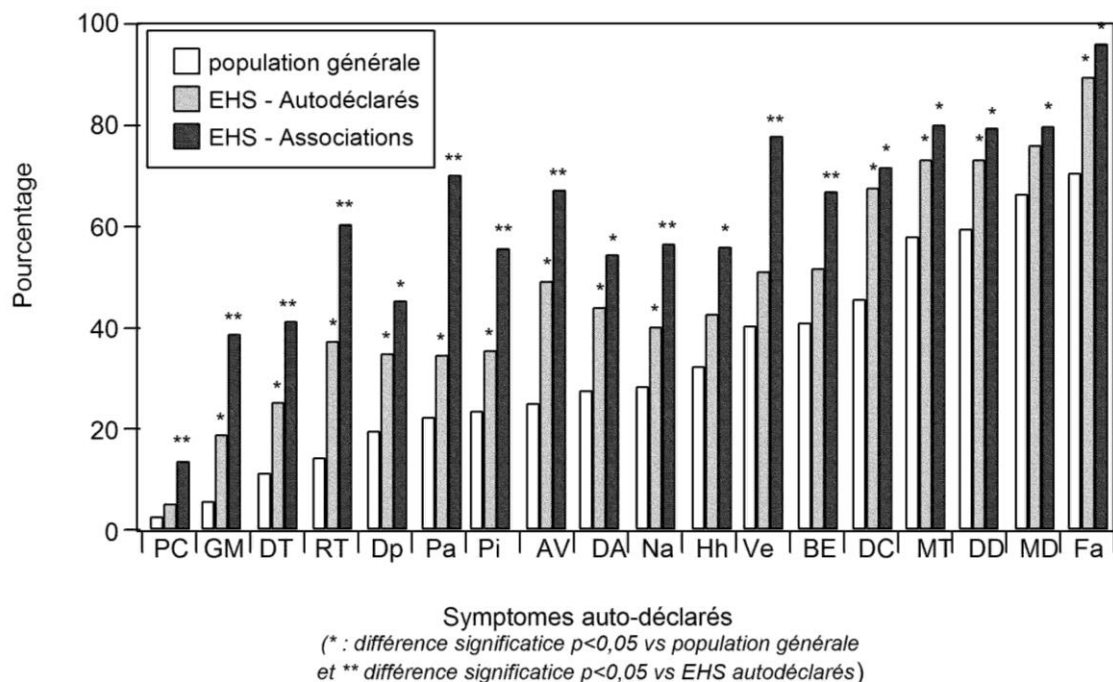
groupe GP et pour le groupe NS, $p < 0,001$), de leur intensité maximale ($40,0 \pm 12,1$ pour le groupe ONG, $34,2 \pm 11,9$ pour le groupe GP et $27,2 \pm 8,2$ pour le groupe NS, $p < 0,001$) et de leur intensité moyenne ($2,0 \pm 0,6$ pour le groupe ONG, $1,7 \pm 0,6$ pour le groupe GP et $1,4 \pm 0,5$ pour le groupe NS, $p < 0,001$) (cf. Tableau 9).

- au 4DSQ, le pourcentage de personnes du groupe ONG mentionnant avoir ressenti l'un des symptômes était significativement plus élevé que celui des personnes du groupe NS pour tous les 18 symptômes ($p < 0,05$). Ce pourcentage était significativement plus élevé que celui des personnes du groupe GP pour 10 de ces symptômes ($p < 0,05$).

Tableau 9 : nombre moyen et intensité des symptômes ressentis par les différents groupes (sensibles aux champs électromagnétiques recrutés via des associations, recrutés en population générale et sensibles ou non aux champs électromagnétiques)

	Groupe « sensibles recrutés via des associations » (ONG)	Population générale	
		Groupe « sensibles » (GP)	Groupe « non sensibles » (NS)
Nombre moyen de symptômes	$11,1 \pm 4,3$ (*)	$8,5 \pm 4,7$	$6,0 \pm 4,0$
Intensité maximale des symptômes	$40,0 \pm 12,1$	$34,2 \pm 11,9$	$27,2 \pm 8,2$
Intensité moyenne des symptômes	$2,0 \pm 0,6$ (*)	$1,7 \pm 0,6$	$1,4 \pm 0,5$

(*) différence significative par rapport aux groupe GP et NS.



Légende : PC : perte de conscience, GM : goût métallique dans la bouche, DT : douleur thoracique, RT : raideur thoracique, Dp : dyspnée, Pa : palpitation, Pi : picotement dans les doigts, AV : altération visuelle, DA : douleur abdominale, Na : nausée, Hh : hyperhidrose, Ve : vertige – éblouissement, BE : ballonnement de l'estomac, DC : douleur au cou, MT : maux de tête, DD : douleur dorsale, MD : muscle douloureux, Fa : fatigue.

Source : d'après Van Dongen et al., 2014

Figure 14 : pourcentages de symptômes auto-déclarés parmi les participants de la population générale (NS), les personnes se déclarant EHS (GP) recrutées en population générale, et celles recrutées via des associations (ONG)

- le groupe GP avait un score moyen d'optimisme plus faible que le groupe non sensible, mais la différence n'était pas significative ; le groupe ONG avait des scores d'optimisme significativement plus élevés que les deux autres groupes ;
- en ce qui concerne le névrotisme, le groupe GP avait un score significativement plus élevé que le groupe non sensible (NS) ; à nouveau le groupe ONG était différent, puisqu'il avait significativement le score le plus bas de névrotisme.
- le groupe de personnes sensibles recrutées via des associations (groupe ONG) différait également sur l'attribution causale des symptômes. En effet, ils les attribuaient plus volontiers à des causes environnementales (champs électromagnétiques, pollution de l'air ou virus) qu'à d'autres causes possibles (mauvaise hygiène de vie, déterminants psychologiques ou hérédité par exemple). Cinquante-six pourcents des participants de ce groupe croyaient possible que les champs électromagnétiques puissent être la cause de leur symptôme le plus grave, tandis que seulement 6 % dans le groupe sensible en population générale (groupe GP) et 1 % dans le groupe non sensible (groupe NS) pensaient la même chose ;
- il existait pour les trois groupes une corrélation positive entre l'attribution causale des troubles dus aux champs électromagnétiques et l'intensité des symptômes physiques non spécifiques, la corrélation la plus forte était retrouvée dans le groupe recruté via des associations.

Sur la base de ces résultats, les auteurs ont conclu que l'attribution causale des troubles aux champs électromagnétiques pourrait être un facteur prédictif de la survenue de symptômes physiques intenses. Ils ont ensuite suggéré que, si on changeait le lien établi entre les champs

électromagnétiques et les problèmes physiques, cela pourrait contribuer à une meilleure qualité de la santé perçue.

Le fait que les personnes du groupe « EHS » recrutées par une association (groupe ONG) présentaient des troubles plus sévères que celles qui étaient recrutées en population générale permet de proposer deux hypothèses distinctes :

- 1) la première est relative aux raisons des personnes se déclarant EHS d'adhérer à une association : l'une d'entre elles pourrait être que la sévérité plus grande des symptômes ressentis inciterait les personnes à se regrouper dans une association pour y chercher une aide qu'elles ne trouveraient pas ailleurs, dans le milieu médical et/ou dans leur entourage ;
- 2) la seconde est relative aux conséquences possibles de l'adhésion : le fait d'adhérer à une association pourrait entraîner, d'une part, une focalisation plus grande sur les symptômes qui en augmenterait la perception et, d'autre part, un renforcement de la méfiance à l'égard du corps médical, qui rendrait, comme cela a été souligné lors d'audition de médecins [cf. Audition du Pr Cathébras par exemple], la prise en charge des patients membres d'une association plus difficile et moins efficace.

Lamech *et al.* (2014) ont étudié les plaintes suite à l'installation de compteurs communicants en Australie, dans la région de Victoria. Parmi les 92 plaignants, 8 % se sont déclarés EHS. Il n'y a pas eu de mesure des expositions aux radiofréquences. Les fréquences des symptômes sont indiquées pour l'ensemble de la population d'étude (sans préciser les résultats pour les personnes se déclarant EHS) :

- 48 % des participants déclaraient des insomnies ;
- 45 % des maux de tête ;
- 33 % des acouphènes ;
- 32 % de la fatigue ;
- 30 % une incapacité à se concentrer (Lamech 2014).

Ce questionnaire est un état des lieux ne permettant pas de faire un lien entre les symptômes déclarés par la population et des expositions environnementales, ni de faire un lien direct avec l'installation des compteurs (pas de questionnaire avant l'installation).

En 2006, Baliatsas *et al.* (2014b) ont réalisé aux Pays-Bas l'étude transversale EMPHASIS auprès d'adultes tirés au sort à partir du registre de la population néerlandaise (taux de participation = 46 %, 5 933 répondants). Le nombre et la durée des symptômes non spécifiques ont été recueillis au moyen de questionnaires envoyés aux participants à l'étude. Les indications apportées par les médecins de famille ont également été prises en compte. Parmi les participants, 202 se sont déclarés EHS (3,5 %, âge moyen = 58,5 ans), 514 (8,9 %) se sont déclarés sensibles à l'environnement (groupe GES, 56,5 ans) et 5 073 (87,6 %) non sensibles (groupe NS, 51,0 ans) (et 144 n'ont pas complété entièrement les questionnaires). Les auteurs se sont intéressés à la fréquence des plaintes pour des symptômes non spécifiques enregistrés par le médecin généraliste au cours des 12 derniers mois :

- les symptômes les plus fréquemment rapportés par les personnes se déclarant EHS étaient : la fatigue (62,2 %, contre 52,4 % chez les non-EHS et 68,5 % chez les sensibles), les douleurs aux épaules et au cou (47,2 %, contre 37,0 % chez les non-EHS et 54,3 % chez les sensibles), les troubles du sommeil (44,4 %, contre 25,6 % chez les non-EHS et 42,7 % chez les sensibles), les maux de tête (43,6 %, contre à 36,8 % chez les non-EHS et 51,0 % chez les sensibles), les douleurs au dos (42,7 %, à comparer à 34,9 % chez les non-EHS et 49,2 % chez les sensibles), aux jambes, hanches, genoux, ou pieds (42,4 %, contre à 31,6 % chez les non-EHS et 46,3 % chez les sensibles) et les douleurs musculaires (38,5 %, contre 30,3 % chez les non-EHS et 41,2 % chez les sensibles) ;

Toutes les différences entre non-EHS et EHS et entre non-EHS et sensibles étaient significatives, après ajustement sur l'âge, le genre, le niveau d'éducation, l'origine ethnique,

la présence de comorbidités médicales et psychiatriques sauf pour les maux de dos, et les douleurs aux jambes, hanches, genoux, ou pieds. Aucune différence entre les sensibles et les personnes se déclarant EHS n'était significative ;

- plus du tiers des personnes se déclarant EHS ont rapporté des vertiges (36,5%, contre 19,4 % chez les non-EHS et 37,4 % chez les sensibles), des problèmes de concentration et de mémoire (35,0 %, contre 19,8 % chez les non-EHS et 36,2 % chez les sensibles) et / ou des symptômes cutanés (35,6 %, contre 21,8 % chez les non-EHS et 38,2 % chez les sensibles) ;

Toutes les différences entre non-EHS et EHS et entre non-EHS et sensibles étaient significatives ; aucune différence entre les sensibles et les personnes se déclarant EHS n'était significative ;

- les autres symptômes (toux, problèmes de poids, nausées, etc.) étaient moins fréquents chez les EHS.

La persistance des symptômes sur une durée de quatre mois ou plus a également été analysée. Les résultats concernant les personnes du groupe « EHS » étaient les suivants :

- la fatigue était le symptôme le plus fréquemment persistant pour 34,6 % des personnes se déclarant EHS (contre 23,3 % chez les non-EHS et 42,5 % chez les sensibles, différences significatives entre personnes se déclarant EHS et non-EHS et entre sensibles et non-EHS, la comparaison sensibles *versus* personnes se déclarant EHS n'était pas significative) ;
- les troubles du sommeil, les maux de dos, les symptômes de douleurs au cou ou aux épaules, aux jambes, hanches, genoux, ou pieds, et les problèmes de mémoire ou de concentration persistaient chez 20 à 28 % des personnes se déclarant EHS (contre 11 à 19 % chez les non-EHS et 25 à 34% chez les sensibles) ;
- les symptômes cutanés, les vertiges, les douleurs musculaires, les maux de tête et les symptômes de douleurs aux bras, aux coudes, aux mains et aux poignets persistaient chez 16 à 20 % des participants du groupe « EHS » (à comparer à 7 à 19 % chez les non-EHS et 18 à 26 % chez les sensibles) (Baliatsas *et al.* 2014a).

Dans une étude complémentaire du projet EMPHASIS, les mêmes auteurs (Baliatsas *et al.* 2015a) ont étudié la relation entre les champs électromagnétiques (extrêmement basses fréquences et radiofréquences) et les troubles somatiques décrits par les personnes. L'exposition aux champs électromagnétiques a été caractérisée de manière systématique au moyen de diverses sources de données. L'exposition due aux installations de téléphonie mobile, de radiodiffusion et de télévision a été modélisée. La distance par rapport à la ligne à haute tension la plus proche a été calculée à l'aide de systèmes d'informations géographiques (SIG). Les expositions domestiques dues aux téléphones sans fil de type DECT et celles dues aux téléphones mobiles d'autres personnes ont été estimées grâce à un modèle qui a été calibré à partir des mesures personnelles effectuées chez la population d'une autre étude (Kelfkens *et al.* 2012). L'utilisation d'appareils électriques ou l'exposition due à ceux-ci (exemple : radioréveils sur la table de nuit, chargeurs, couvertures chauffantes ou cuisinière à induction) a été identifiée au moyen d'un questionnaire. Les personnes interrogées ont également dû estimer leur exposition globale aux champs électromagnétiques au domicile, au travail et à l'extérieur, sur une échelle de 0 (« pas du tout ») à 10 (« beaucoup »). Lors de l'analyse des données, un certain nombre de facteurs pertinents de confusion ont été pris en compte (âge, genre, éducation, consommation de tabac et d'alcool). Les résultats de l'étude ont été les suivants :

- aucune des expositions modélisées à des radiofréquences n'a permis de mettre en évidence une relation avec le nombre et la durée des troubles décrits ;
- des associations entre symptômes physiques non spécifiques et l'exposition rapportée à des appareils électriques ont été observées chez des personnes ayant un chargeur situé à proximité (≤ 50 cm) de l'oreiller et chez des personnes utilisant des couvertures chauffantes. Dans les deux cas, la qualité du sommeil n'a toutefois pas été perturbée ;

- les personnes vivant à moins de 200 mètres d'une ligne à haute tension ne présentaient pas plus de symptômes que les autres participants ;
- l'exposition estimée par la personne elle-même en ce qui concernait les champs électromagnétiques globaux était associée à davantage de symptômes auto-rapportés et diagnostiqués par les médecins de famille, une durée plus longue des troubles et une réduction de la qualité du sommeil.

Il s'agit d'une des études les plus importantes sur la relation entre champs électromagnétiques et symptômes rapportés par les patients. L'estimation de l'exposition a été réalisée de manière soignée. Il est peu vraisemblable que les modélisations des expositions aux stations de base de téléphonie mobile et aux émetteurs de radio aient conduit à des erreurs systématiques, alors que cela ne peut pas être exclu en ce qui concerne les indications personnelles rapportées par les participants (biais de réminiscence) : il est possible, par exemple, que les personnes présentant davantage de symptômes indiquent également une utilisation accrue d'appareils. Le point faible des modèles d'exposition est leur imprécision et les faibles différences d'exposition. Ces dernières ont d'autant plus d'importance que l'exposition due à l'utilisation de son propre téléphone mobile et de son téléphone sans fil n'a pas été prise en compte dans l'étude. Un autre point faible réside dans le fait qu'il s'agit d'une étude transversale n'apportant pas de données chronologiques. On ne sait donc pas si les symptômes sont dus à l'exposition ou s'ils l'ont précédée. Il se pourrait, par exemple, que les personnes présentant des troubles utilisent plus fréquemment une couverture chauffante, les troubles n'étant donc pas une conséquence de l'utilisation de la couverture. L'étude de Baliatsas *et al.* (2015a) confirme toutefois les résultats d'autres études selon lesquelles les personnes qui s'estiment particulièrement exposées à des champs électromagnétiques déclarent en général davantage de symptômes.

6.1.1.3 Conclusion sur la prévalence des symptômes ressentis par les personnes se déclarant EHS

Au total, une quinzaine d'études descriptives ont été analysées, que ce soit des études incluant uniquement des personnes se déclarant EHS (Hocking, 1998 ; Schreier *et al.*, 2006 ; Korpinen *et al.*, 2009b ; Kato *et al.*, 2012 ; Hagström *et al.*, 2013, Lambrozo *et al.*, 2013 et Dieudonné, 2016) ou réalisées en population générale (Röösli *et al.*, 2004 ; Schröttner et Leitgeb, 2008 ; Landgrebe *et al.*, 2008b et 2009 ; Röösli *et al.*, 2010 ; Frei *et al.*, 2012 ; Johansson *et al.*, 2010 ; Van Dongen *et al.*, 2014 ; Baliatsas *et al.*, 2014 et 2015a).

Hétérogénéité des études descriptives

Les résultats de ces études s'intéressant aux symptômes décrits par les personnes se déclarant EHS varient d'une étude à l'autre et sont difficilement comparables. De même, la fréquence d'un même symptôme subjectif est très variable selon les études. Ces différences pourraient s'expliquer par des différences dans le recrutement des personnes interrogées, ainsi que par les questionnaires utilisés pour recenser les symptômes (il s'agit généralement d'une liste plus ou moins longue de symptômes). L'intensité et la fréquence des troubles sont rarement analysées et, quand elles le sont, les échelles utilisées ne comportent pas les mêmes niveaux. Enfin, les caractéristiques fines de chaque symptôme n'ont jamais été décrites en détail à l'aide de questionnaires spécifiques, tel que celui de Pittsburgh pour le sommeil.

Cohérence dans les symptômes déclarés

Néanmoins, on retrouve dans ces études une certaine cohérence dans l'ordre de la fréquence des symptômes déclarés. La fatigue et les troubles du sommeil sont les symptômes les plus fréquemment décrits dans la plupart des études (cités quatre fois chacun comme étant le premier symptôme le plus rapporté dans les publications où il a été étudié, *cf.* Tableau 10). De même, les maux de tête, les douleurs dans d'autres parties du corps et un inconfort général sont des symptômes fréquemment rapportés par les personnes se déclarant EHS. Les difficultés de concentration, le stress, les vertiges sont étudiés moins systématiquement, et sont moins souvent rapportés par les personnes se déclarant EHS (*cf.* Tableau 10).

En conclusion, ces études permettent d'établir que les personnes se déclarant EHS ressentent un grand nombre de symptômes différents. De plus, les études avec groupes témoins permettent d'observer que la prévalence des symptômes subjectifs étudiés est supérieure chez les personnes se déclarant EHS par rapport aux témoins et ce, quels que soient les symptômes. Ces différences portent notamment sur les troubles du sommeil, les céphalées, l'anxiété, le stress et les acouphènes.

Toutefois, en l'absence de mesure ou d'évaluation des expositions et de chronologie claire entre l'estimation de l'exposition et la survenue des symptômes, les études descriptives ne permettent pas d'associer les symptômes des personnes se déclarant EHS à leur exposition aux champs électromagnétiques. La seule étude épidémiologique ayant réalisé une estimation de l'exposition environnementale aux champs électromagnétiques est celle de Baliatsas *et al.* (2015a), mais elle n'a pas mis en évidence de relation entre les expositions aux champs électromagnétiques modélisées et le nombre ou la durée des troubles rapportés.

Perspectives

Une étude française sur la question de l'association entre des troubles ressentis à proximité de stations de téléphonie mobile et l'exposition aux radiofréquences s'inspirant des protocoles de Hutter *et al.* et celui de Heinrich *et al.* est en cours (financée par l'Anses) (Hutter *et al.* 2006, Heinrich *et al.* 2007). Ses résultats, attendus pour 2018, devraient permettre d'apporter un certain nombre d'informations quant aux effets perçus des champs électromagnétiques chez les riverains d'antennes-relais.

Tableau 10 : fréquence (en %) des symptômes rapportés par les personnes se déclarant EHS

Référence de l'étude	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Pays de l'étude	Suède	Suisse	Suisse	Autriche	Finlande	Suisse	Suède	Japon	Finlande	Pays- Bas	Pays-Bas	France
Nb. de personnes se déclarant ou considérées EHS	50	394	107	16	33	2008 : 96 2009 : 86	71	75	194	72	202	40
Nb. de personnes total	-	13 004	2 048	-	-	1 122	177	-	-	1 009	5 789	-
% de personnes se déclarant sensibles	/	3,0	5,2	/	/	2008 : 8,6 2009 : 7,7	/	/	/	7,1	3,5	/
Troubles du sommeil		58	42,7	+	73	25	65 (4)	76	59,3	-	44	70
Fatigue	32	18	-		79	-	80 (11)	85	57,2	90	62	50
Maux de tête	22	41	33,8		-	-	73 (19)	81	57,7	72	44	62,5
Migraine				+	-	-	-	-	43,8	-	-	-
Engourdissement (tête)			-		-	-	59 (2)	-	-	50	-	-
Troubles de la mémoire			-		-	-	61 (3)	-	54,6	-	35	-
Difficultés concentration	12	16	10,4		-	-	81 (10)	81	56,7	-	35	42,5
Palpitations	26	11	-		-	-	-	-	52,6	35	26	-
Douleurs ostéo-musc.		18	5,6		-	-	-	-	58,2	75	39	62,5
Raideur (nuque, dos)		-	-		-	-	-	56	48,5	74	43	-
Troubles respiratoires		4	5,0		-	-	-	-	-	38	16	-
Troubles de l'équilibre / vertiges		11	4,8		-	-	75 (7)	64	54,6	-	37	-
Acouphènes		14	-	+	-	12	49 (2)	-	-	-	-	-
Troubles de l'audition		2	-		-	-	-	-	?	-	21	-
Troubles de la vision		6	-		-	-	-	-	54,1	50	24	-
Morose, léthargique		5	-		-	-	-	73	-	-	-	-
Anxiété		2	-		52	-	-	55	52,6	-	-	-
Nervosité		19	8,6	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Irritation		-	-		-	-	-	56	-	-	-	-
Agitation		-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
Spasmes intestinaux		4	-		-	-	-	-	-	40	30	-
Jambes sans repos		-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
Signes cutanés génér.		6	-		-	-	79 (4)	-	54,6	-	36	-
Signes cutanés face	62	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
Brûlures de la peau		-	-		-	-	90 (20)	-	55,2	-	-	-
Sensat. de chaleur - oreille		-	-		-	-	66 (12)	-	53,1	-	-	-
Autres		4 (nausées) 4 (tremblements)	35,9 (autres symptômes non spécif. ex : douleur de l'oreille, agressivité, dépression)		-	15 (inconfort général)	-	-	60,3 (stress) 53,1 (malaise général)	-	20 (douleur au niveau de la poitrine ou du cœur)	-

(1) Stenberg *et al.*, 2002 ; (2) Rööslü *et al.*, 2004 ; (3) Schreier *et al.*, 2006 ; (4) Schröttner et Leitgeb, 2008 ; (5) Korpinen *et al.*, 2009b ; (6) Rööslü *et al.*, 2010 et Frei *et al.*, 2012 ; (7) Johansson *et al.*, 2010 ; (8) Kato *et al.*, 2012 ; (9) Hagström *et al.*, 2013 ; (10) Van Dongen *et al.*, 2014 ; (11) Baliatsas *et al.*, 2014 ; (12) Dieudonné (2016).

Légende : les valeurs en **gras** sont celles correspondant au symptôme le plus cité de l'étude et celles en *(italique)* sont celles correspondant à la population générale.

6.1.2 Études descriptives sur les caractéristiques psychiques des personnes se déclarant EHS

Les articles, avec ou sans groupe témoin, sont présentés ci-après dans l'ordre chronologique. Les instruments ou tests psychométriques utilisés dans ces articles sont décrits en Annexe 13.

La première étude de Bergdahl (Bergdahl 1995) est présentée par l'auteur comme une étude exploratoire ayant pour but de décrire les caractéristiques psychologiques de personnes attribuant leurs symptômes à une exposition soit à l'électricité (groupe EG), soit à des écrans cathodiques (groupe VG) et de déterminer l'existence de différences psychologiques entre ces deux groupes. Dix personnes du groupe EG, 10 du groupe VG et 20 témoins appariés selon le genre et l'âge (groupe CG) ont été inclus dans l'étude. La comparaison a été faite sur la base des échelles de personnalité du Karolinska (KSP), et de trois autres échelles destinées à couvrir les aspects psychosociaux non couverts par les échelles du Karolinska et spécialement développées par les auteurs pour cette étude et d'autres. Il s'agit de trois échelles, dont une de personnalité¹³⁰ (PS), dérivée du questionnaire de personnalité d'Eysenck et de l'échelle de personnalité de Cesarek-Marke, une de fonctionnement psychique¹³¹ (PFS) et une de qualité de vie¹³² (QLS). Les témoins ont été comparés aux personnes des groupes EG et VG, d'abord dans leur ensemble, puis séparément. Il n'y a pas eu de comparaison directe entre les données des personnes du groupe EG avec celles des personnes du groupe VG. Les principaux résultats ont été les suivants :

- les 20 personnes des groupes EG et VG considérés dans leur ensemble ont obtenu des scores significativement plus élevés que ceux des 20 témoins à trois échelles des KSP, « tension musculaire » ($18,7 \pm 4,6$ versus $13,1 \pm 3,1$, $p < 0,001$), « anxiété somatique » ($18,0 \pm 4,3$ versus $12,8 \pm 2,2$, $p < 0,001$) et « psychasthénie¹³³ » ($22,1 \pm 4,3$ versus $18,0 \pm 4,1$, $p < 0,01$), ainsi qu'à 4 échelles du PFS, « difficulté de concentration » ($7,1 \pm 4,1$ versus $3,5 \pm 2,0$, $p < 0,001$), « difficile de s'imaginer sans aucune anxiété » ($7,0 \pm 3,9$ versus $4,3 \pm 2,4$, $p < 0,05$), « avoir un mauvais appétit » ($4,1 \pm 2,2$ versus $2,8 \pm 1,3$, $p < 0,05$) et « difficulté à bien dormir » ($5,0 \pm 4,1$ versus $3,2 \pm 1,7$, $p < 0,05$). Elles étaient aussi moins satisfaites de leur travail que les témoins ($5,8 \pm 3,3$ versus $3,6 \pm 3,0$, $p < 0,05$) à la QLS ;
- les 10 personnes du groupe EG ont obtenu des scores significativement plus élevés que ceux des témoins aux échelles ci-dessus sauf une, la satisfaction au travail, mais aussi aux échelles du PFS « difficulté à prendre des initiatives » ($6,6 \pm 3,0$ versus $3,7 \pm 2,1$, $p < 0,01$), « difficulté à ressentir de la joie » ($7,9 \pm 2,8$ versus $4,6 \pm 3,0$, $p < 0,01$), « difficulté à s'entendre avec les gens » ($6,6 \pm 4,1$ versus $4,0 \pm 2,3$, $p < 0,05$) et aux échelles du QLS « visite rarement d'autres personnes » ($10,6 \pm 2,6$ versus $8,3 \pm 3,3$, $p < 0,05$) et « avoir trop peu à faire » ($7,2 \pm 2,2$ versus $3,7 \pm 2,9$, $p < 0,01$). En outre, ces personnes ont obtenu des scores significativement inférieurs à ceux des témoins à l'échelle socialisation du KSP ($60,6 \pm 10,5$ versus $69,8 \pm 5,3$, $p < 0,05$), à l'échelle « presque infatigable » du PS ($6,5 \pm 2,9$ versus $9,4 \pm 2,9$, $p < 0,05$), et à l'échelle « difficile de se sentir inférieur » du PFS ($8,3 \pm 2,9$ versus $13,1 \pm 2,4$, $p < 0,05$) ;

¹³⁰ L'échelle de personnalité comprend 29 items notés de 1 à 15 et mesure le calme, l'extraversion, l'introversion, l'indépendance, la prudence, le niveau d'émotivité, l'ambition et la fatigue.

¹³¹ L'échelle de fonctionnement psychique inclut 18 items notés de 1 à 15 et évalue les capacités à faire face à des émotions diverses, à prendre des décisions et à se concentrer, ainsi que plusieurs aptitudes physiques.

¹³² L'échelle de qualité de vie comprend 14 items notés de 1 à 15 et concernant divers aspects de la vie quotidienne.

¹³³ Cf. définition en note de bas de page n° 127, p110.

- les 10 personnes du groupe VG n'ont obtenu de scores significativement plus élevés que ceux des témoins qu'à deux échelles du KSP, « tension musculaire » ($19,0 \pm 4,0$ versus $13,1 \pm 3,1$, $p < 0,05$) et « anxiété somatique » ($16,4 \pm 3,5$ versus $12,8 \pm 2,2$, $p < 0,05$).

Dans la discussion, Bergdahl précise qu'en raison de la faiblesse des effectifs, ces résultats doivent être interprétés avec prudence. Il estime par contre que, si les échelles PS, PFS et QLS n'ont pas de valeurs normatives, leurs données sont cohérentes entre elles et avec celles des KSP, ce qui lui permet de suggérer que les facteurs psychologiques sont importants chez les deux groupes EG et VG. Il suggère aussi, sans toutefois avoir procédé à des comparaisons directes, que ces deux groupes ont des profils psychologiques différents. Il ne se prononce pas sur la nature des relations entre ces facteurs psychologiques et la symptomatologie fonctionnelle des participants.

Dans un deuxième article, Bergdahl *et al.* (2004) ont étudié un groupe de 344 patients vus en consultation, entre 1980 et 1998, dans les départements de dermatologie et de médecine professionnelle et environnementale de l'hôpital universitaire d'Umeå (Suède). Ces patients ont fait l'objet d'un suivi destiné à évaluer leur pronostic médical et social à l'aide d'un questionnaire adressé par courrier postal (Stenberg *et al.*, 2002). Deux tests psychologiques, l'inventaire des ressources adaptatives (CRI) et l'analyse structurale du comportement social (SASB), ont été ajoutés au questionnaire et leurs résultats ont été analysés séparément (Bergdahl *et al.* 2004) pour ce qui est des capacités d'adaptation et de l'image de soi. Sur 344 patients interrogés, 250 (73 %) ont répondu. Deux-cents d'entre eux, dont 73 % de femmes, attribuaient leurs symptômes à une exposition à des écrans cathodiques (groupe VDT) et 50, dont 62 % de femmes, les attribuaient à des expositions à l'électricité (groupe HE). Un groupe témoin de 250 personnes, appariées en âge ($49,5$ versus $49,1$ ans) et selon le genre (75,2 % de femmes et 24,8 % d'hommes dans les deux populations), a été recruté au hasard à partir des bases de données du département de psychologie de la même université. Les résultats, ainsi que les interprétations qu'en ont fait les auteurs, sont les suivants :

- au test CRI, les patients dans leur ensemble ont obtenu des scores de $28,13 \pm 4,91$ pour les patients versus $27,10 \pm 5,34$ pour les témoins ($p < 0,05$) à l'échelle « spiritualité/philosophie », ce qui suggérerait aux auteurs que les patients pourraient être guidés, plus que les témoins, par des valeurs stables dérivées, soit de traditions religieuses, familiales ou culturelles, soit d'une philosophie personnelle, avec, en conséquence, une certaine rigidité d'attitude et de comportement ;
- aux *clusters* du test SASB, les patients dans leur ensemble ont obtenu, par rapport aux témoins, des scores plus élevés au cluster « spontanéité » ($47,65 \pm 28,46$ versus $41,70 \pm 14,10$, $p=0,004$) et plus faibles au cluster « contrôle de soi » ($43,01 \pm 30,50$ versus $50,40 \pm 17,92$, $p=0,002$), ce qui suggérerait une plus grande impulsivité. De plus, leurs scores aux *clusters* « image de soi » ont été plus élevés que ceux des témoins, aussi bien concernant l'image positive ($72,87 \pm 21,27$ versus $58,86 \pm 14,69$, $p < 0,001$) que l'image négative ($22,26 \pm 17,68$ versus $19,33 \pm 13,75$, $p = 0,004$), ce qui, d'après les auteurs, indiquerait l'existence d'un conflit intrapsychique et interpersonnel qui pourrait se manifester par des difficultés dans les relations interpersonnelles, au travail notamment ;
- les femmes dans leur ensemble ont obtenu un score plus élevé à l'échelle « émotion » du test CRI. Celles du groupe HE ont obtenu des scores plus élevés que ceux des groupes VDT et témoins aux échelles cognitive et totale du CRI et un score plus élevé que celui des témoins à l'échelle « émotion » du CRI. Elles ont aussi obtenu un score plus élevé que celui des femmes des groupes VDT et témoins aux *clusters* spontané et positif du test SASB ;
- comparé aux témoins, les personnes du groupe VDT ont obtenu des scores plus bas au cluster « contrôle de soi » du test SASB et plus élevés à la fois aux *clusters* de l'« image de soi » positive et négative, et les personnes du groupe HE des scores plus élevés au « cluster » spontané et positif de ce test.

Les auteurs ont conclu que l'altération de l'image de soi trouvée chez ces patients, particulièrement chez les femmes du groupe HE, soutenait l'hypothèse que les symptômes des personnes des groupes VDT et HE pouvaient être liés au stress. Dans la pratique clinique, ils ont recommandé d'établir une relation de confiance avec le patient, afin d'appréhender de manière plus réaliste ses capacités. Indépendamment du fait qu'ils n'ont pas été répliqués (il s'agit d'une étude préliminaire), ces résultats, obtenus par comparaison de deux groupes de patients, ne permettent pas de fonder scientifiquement l'application diagnostique de ces tests à des cas individuels.

La troisième étude de Bergdahl *et al.* (2005) avait pour but d'approfondir l'analyse de la personnalité des personnes se déclarant EHS ou hypersensibles à un amalgame dentaire, au moyen de la version suédoise de l'inventaire de Tempérament et de Caractère (TCI) de Cloninger, comprenant 238 items. Utilisé dans de nombreux pays, cet inventaire repose sur le modèle psychobiologique de la personnalité développé par Cloninger. Ce modèle divise la personnalité en deux types de dimensions, celle du tempérament et celle du caractère. Les dimensions du tempérament sont considérées comme étant héréditaires et se manifestent précocement dans la vie. Elles sont au nombre de quatre : la recherche de nouveauté, l'évitement des nuisances, la dépendance aux récompenses et la persévérance. Les dimensions du caractère sont considérées comme déterminées par l'apprentissage social et l'apprentissage cognitif. Elles sont au nombre de trois : la volonté, la coopérativité et la spiritualité. Chacune de ces sept dimensions comprend plusieurs sous-échelles. Deux groupes de personnes hypersensibles, l'un se déclarant hypersensible à un amalgame dentaire (groupe DF), recruté dans le département des pathologies buccales de l'hôpital universitaire d'Umeå (Suède), et l'autre se déclarant hypersensibles aux champs électromagnétiques, recruté dans le département de psychiatrie du même hôpital, ont été comparés entre eux ainsi qu'à un groupe de témoins appariés en âge et selon le genre. Le groupe DF ($n = 26$) comprenait 17 femmes âgées de 34 à 69 ans (âge moyen = 50 ans) et 9 hommes âgés de 41 à 53 ans (âge moyen = 48 ans). Le groupe des personnes se déclarant EHS ($n = 33$) comprenait 17 femmes âgées de 33 à 59 ans (âge moyen = 47 ans) et 16 hommes âgés de 32 à 64 ans (d'âge moyen = 47 ans). Le groupe des témoins ($n = 67$) comprenait 38 femmes (âge moyen = 48 ans) et 29 hommes (âge moyen = 46 ans).

- à la dimension « persévérance » du tempérament, qui comprenait quatre sous-échelles « ardeur à l'effort », « dureté au travail », « ambition » et « perfectionnisme », les deux groupes de personnes ont obtenu un score plus élevé que celui des témoins ($4,15 \pm 1,87$ pour le groupe DF, $4,61 \pm 1,77$ pour le groupe se déclarant EHS et $3,66 \pm 1,69$ pour le groupe témoin, seule la différence entre les personnes se déclarant EHS et les témoins était significative : $p = 0,038$) ;
- à la sous-échelle « fatigabilité et asthénie » de la dimension « évitement des nuisances » du tempérament, les deux groupes ont également obtenu des scores plus élevés que ceux des témoins ($4,85 \pm 2,24$ pour le groupe DF, $3,79 \pm 2,67$ pour le groupe se déclarant EHS et $2,72 \pm 1,82$ pour le groupe témoin, seule la différence entre DF et témoins était significative : $p < 0,001$) ;
- à la sous-échelle « acceptation de soi » de la dimension « volonté » du caractère ($9,27 \pm 2,09$ pour le groupe DF, $8,70 \pm 2,24$ pour le groupe se déclarant EHS et $8,00 \pm 2,36$ pour le groupe témoin, seule la différence entre DF et témoins était significative : $p = 0,052$). Cette augmentation permettait de les qualifier de « personnalités vulnérables » ;
- en l'absence de différences significatives entre les deux groupes, les auteurs ont conclu que ces derniers étaient quasiment semblables sur le plan de la personnalité et ils ont émis l'hypothèse que cette vulnérabilité s'exprimait sous forme de divers symptômes mentaux et somatiques pouvant être interprétés comme des symptômes de maladie liée à l'environnement par les personnes affectées.

Rubin *et al.* (2008) se sont intéressés à la santé psychique en général et aux symptômes de la dépression. Ils ont comparé un groupe de 52 personnes se plaignant uniquement d'une hypersensibilité aux téléphones mobiles (groupe TM), un groupe de 19 se plaignant en outre de

symptômes attribués à l'exposition à d'autres appareils électriques (groupe ES) et un groupe de 60 témoins. Les participants ont été recrutés par des annonces placées chez des médecins généralistes, des publicités dans la presse locale et spécialisée en santé et des courriels notamment. Les auteurs ont utilisé un questionnaire de santé générale de 12 items, le *GHQ-12*, qui permet de détecter la pathologie psychiatrique non psychotique (score ≥ 4), un questionnaire de dépression de 9 items (le *PHQ-9*), un autre sur les inquiétudes concernant les effets sanitaires de différents aspects de la vie moderne (le *MHW*), et un dernier sur la qualité de vie (le *SF-36*).

- les pourcentages de personnes classées en souffrance mentale sur la base du questionnaire *GHQ-12* n'étaient pas statistiquement différents entre les trois groupes ;
- les personnes du groupe ES étaient statistiquement plus âgées que celles du groupe TM et que les témoins ($47,3 \pm 14,0$ versus $33,4 \pm 10,9$ et $33,5 \pm 10,2$, $p < 0,001$). Elles étaient également sensibles aux téléphones mobiles depuis plus longtemps que celles du groupe TM (54 versus 41 mois, $p < 0,02$). Leur score de dépression était plus élevé que celui des deux autres groupes ($p = 0,001$) et elles avaient des inquiétudes plus grandes à l'égard des toxiques et des rayonnements ($p < 0,001$) ;
- dans le groupe ES, les valeurs de scores étaient plus faibles aux sous-échelles du questionnaire *SF-36* ayant une connotation psychique par rapport à celles des groupes TM et témoin : fonctionnement social ($p < 0,001$), limitation émotionnelle ($p < 0,005$), énergie et fatigue ($p < 0,003$) et santé mentale (abaissée par rapport au groupe témoin seulement, $p < 0,05$).

Cette étude confirme l'hétérogénéité de l'EHS et suggère l'existence d'au moins deux groupes distincts, selon que les personnes se déclarent sensibles à une ou plusieurs sources de champs électromagnétiques.

Tseng *et al.* (2011) ont réalisé une enquête téléphonique destinée à étudier la prévalence de l'EHS à Taiwan (*cf.* § 3.5). Ces auteurs ont utilisé un questionnaire de 25 items portant, entre autres, sur le degré de sévérité de l'EHS, évalué sur une échelle à 4 niveaux (léger, modéré, sévère et extrêmement sévère) et sur la morbidité psychiatrique, évaluée à l'aide d'un questionnaire à 5 items (*Brief Symptom Rating Scale-5*, BSRS-R), version simplifiée du BSRS-50. Les 5 items retenus (anxiété, dépression, hostilité, sensibilité interpersonnelle et symptômes supplémentaires) ont été notés par les participants sur une échelle allant de 0 (pas du tout) à 4 (extrêmement) en fonction de l'inconfort, un score global de 6 constituant un seuil validé pour la recherche des troubles psychiatriques. Un groupe de 170 personnes se déclarant EHS a été comparé à la population totale de 1 197 personnes ayant répondu à l'enquête. Après ajustement pour l'âge, le genre et le niveau éducatif, les résultats ont été les suivants :

- le taux de comorbidité psychiatrique était très significativement plus élevé ($p < 0,001$) dans le groupe se déclarant EHS : 30,7 % (IC₉₅ % : 23,6-38,9) versus 15,1 % (IC₉₅ % : 13,1-17,4) ;
- le taux de comorbidité psychiatrique augmentait d'un peu plus de 10 % lorsque le degré d'hypersensibilité était léger, de 20 % lorsque ce degré était modéré, de 40 % lorsqu'il était sévère et d'environ 60 % lorsque celui-ci était extrêmement sévère (voir figure 1 de l'article). Cependant, les valeurs numériques et leur signification statistique ne sont pas mentionnées (Meg Tseng, Lin, and Cheng 2011b).

Cette étude appelle une réserve concernant l'outil utilisé pour évaluer la comorbidité psychiatrique. Même s'il fait l'objet d'une étude de sensibilité et de spécificité, le questionnaire ne semble pas avoir été utilisé ailleurs qu'à Taiwan. Il ne concerne, pour l'essentiel, que des items qui peuvent être la cause ou la conséquence de la symptomatologie clinique et néglige des troubles psychiatriques importants, comme les troubles obsessionnels compulsifs, l'anxiété phobique, les syndromes persécutatoires et les états psychotiques. Bien que la différence du taux de comorbidité entre personnes se déclarant EHS et témoins soit très significative, la manière dont le taux de comorbidité a été évalué dans cette étude ne permet pas de conclure à l'existence d'une pathologie mentale précédant la survenue de l'EHS et étant la cause de cette dernière. Le taux de réponse au questionnaire était faible, ce qui peut avoir introduit un biais de sélection.

Les articles de Landgrebe *et al.* (2008b), Johansson *et al.* (2010) et Van Dongen *et al.* (2014) se sont également intéressés à la composante psychique de l'EHS (*cf.* leurs analyses au § 6.1.1.2).

6.1.3 Études cliniques comportant des mesures biologiques et / ou physiologiques

L'étude de Hardell *et al.* (2008) menée en Suède porte sur la relation qui pourrait exister entre les polluants organiques persistants dans l'organisme humain et l'EHS. Les analyses sanguines concernaient : 1) le diphenyl éther polybromé, retardateur de flammes présent dans des matelas, des appareils électroniques et dans l'environnement ; 2) l'hexachlorobenzène, fongicide utilisé pour la protection des plantes ; 3) le chlordane, un insecticide organophosphoré. L'utilisation de ces deux derniers polluants est interdite dans l'Union européenne depuis 1981. Dans cette étude, les dosages ont été effectués, en aveugle, sur une population exclusivement féminine. Treize femmes (âge moyen = 53 ans) se déclarant EHS et ayant spontanément contacté un des auteurs de l'étude et 21 personnes (groupe témoin, âge moyen = 45 ans) ont participé à cette étude. Les personnes se déclarant EHS ont répondu à un questionnaire portant sur l'année d'apparition des premiers symptômes dus à l'exposition aux champs électromagnétiques et aux habitudes alimentaires, en particulier celles liées à la consommation de poissons, qui est une source importante de contamination par ces polluants organiques.

Après ajustement des données en fonction de l'âge et de l'indice de masse corporelle, l'analyse statistique a montré que, comparé au groupe témoin :

- les concentrations moyennes d'hexachlorobenzène, de cis-heptachloroépoxyde (produit de dégradation de l'heptachlore) et de cis-nonachlordane étaient significativement inférieures chez les personnes se déclarant EHS ;
- seules les concentrations de trans-nonachlordane et de MC6 (nonachlordane) étaient supérieures chez les personnes se déclarant EHS ;
- les valeurs des *odds ratios* (OR) étaient plus élevées pour le diphenyl éther polybromé (11,7 ; intervalle de confiance 95 % : 1,45-94,7) et le MC6 (11,2 ; 1,18-106) (Hardell *et al.* 2008).

Les auteurs considèrent cette analyse comme une étude préliminaire, dont les résultats doivent être pris avec précaution, compte tenu du petit nombre de participants et d'un éventuel biais de sélection des personnes se déclarant EHS. Aucune information précise n'a été donnée sur le mode de recrutement, en particulier sur les symptômes retenus et sur les conditions d'exposition environnementale aux divers polluants, qui peuvent être différentes entre les groupes de participants. L'intérêt de ce travail est essentiellement de soulever une hypothèse sur la relation qui pourrait exister entre l'EHS et l'exposition à des polluants organiques.

Augner *et al.* (2009b) ont étudié les réponses de personnes estimant vivre à une distance égale ou inférieure à 100 m d'une station de base (ou antenne relais) de téléphonie mobile, afin de déterminer s'il existait des différences psychologiques ou psychobiologiques pouvant expliquer les augmentations de pression psychologique ou de stress. Cinquante-sept personnes (22 hommes / 35 femmes, âge moyen = 40 ans) ont participé à l'étude en répondant à des questionnaires standardisés et non standardisés ciblés sur le stress. Les concentrations d'alpha-amylase, de cortisol, d'immunoglobuline A et de substance P ont été mesurées dans des échantillons de salive, comme indicateurs psychobiologiques de stress.

Le groupe de travail estime que cette étude ne répond pas aux normes de qualité requises pour les études cliniques (mélange des populations se déclarant EHS et non-EHS notamment). De plus, l'utilisation de la seule distance non mesurée par rapport à l'antenne comme indicateur de l'exposition n'est pas pertinente pour évaluer le niveau d'exposition des personnes. La seule information apportée par cette étude est que la proximité auto-estimée d'une antenne relais conduit à des scores aux tests psychologiques et psychobiologiques représentatifs d'une population stressée, angoissée, et qui somatise ce stress (Augner and Hacker 2009b).

Ghezel-Ahmadi *et al.* (2010a) ont analysé la relation entre l'électrohypersensibilité et les métaux lourds (cadmium, mercure et plomb) dans l'organisme. Cette étude a été réalisée sur 132

personnes considérées EHS sur des critères établis par Frick *et al.* (2002) et sur 101 personnes non-EHS (groupe témoin) recrutées par annonce. Les personnes considérées EHS et les non-EHS ont été appariées en fonction de l'âge, du genre et de l'indice de masse corporelle (IMC). Les personnes présentant une maladie psychiatrique n'ont pas été retenues pour cette étude. Les concentrations des métaux lourds ont été mesurées au niveau sanguin selon des méthodes classiques et bien documentées dans la littérature. Les résultats ont montré que :

- les concentrations sanguines de plomb et de mercure ne différaient pas entre les deux groupes EHS *versus* témoin, que l'on considère la population féminine ou masculine ;
- seul le cadmium présentait une concentration plus faible chez les personnes considérées EHS, hommes ($p = 0,024$) ou femmes ($p < 0,001$), comparées à celles du groupe témoin ; les valeurs des concentrations sanguines de cadmium mesurées dans cette étude (comprises entre 0,365 et 0,644 $\mu\text{g/L}$ pour les groupes de personnes considérées EHS et les témoins) étaient toujours largement inférieures à la valeur limite au-delà de laquelle il existe un risque pour la santé, définie par l'Agence fédérale allemande de l'environnement (1 $\mu\text{g/L}$) ;
- ces observations étaient identiques pour le plomb (valeur limite de 100 $\mu\text{g/L}$) et le mercure (3,5 $\mu\text{g/L}$), dont les valeurs expérimentales mesurées par les auteurs étaient respectivement comprises entre 32,343 $\mu\text{g/L}$ et 29,691 $\mu\text{g/L}$ pour le plomb et 1,190 $\mu\text{g/L}$ et 0,898 $\mu\text{g/L}$ pour le mercure.

Costa *et al.* (2010) ont souligné les limites de cet article (voir § 7.1.3.2).

De Luca *et al.* (2014) se sont intéressés à l'hypothèse génétique pour expliquer l'origine de l'EHS (hypothèse discutée au § 7.2.1). Ils ont recruté un groupe de 153 personnes se déclarant EHS à travers toute l'Italie. Dans le but d'effectuer des comparaisons, deux autres groupes, appariés sur l'âge et le genre, ont été constitués : un groupe de 147 personnes sensibles aux produits chimiques (diagnostiqués SIOC à l'aide d'un test du QEESI modifié) et un groupe de 132 personnes non-EHS. Il faut noter que 95 % des personnes du groupe se déclarant EHS se considéraient également sensibles aux produits chimiques (diagnostic de SIOC établi ou suspecté). Un prélèvement sanguin a été effectué sur ces personnes et plusieurs tests biochimiques réalisés sur ces échantillons. Les auteurs se sont intéressés aux paramètres d'oxydo-réduction dans le sang chez les trois populations de personnes. Pour cela, douze paramètres biochimiques ont été analysés. Les auteurs ont dosé l'activité de certaines enzymes impliquées dans la lutte contre le stress oxydant (GST, GPX, SOD, catalase) et ont mesuré les niveaux d'oxydation de molécules de référence (co-enzyme Q10, α -tocophérol, acides gras saturés, ou mono-insaturés, ou polyinsaturés, rapport GSSG/GSH, rapport $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$). Les résultats suggèrent :

- une altération de l'équilibre métabolique (vers davantage de marqueurs de stress oxydant et d'inflammation) chez les personnes se déclarant EHS et SIOC, comparées aux témoins.

En ce qui concerne les tests génétiques, étant donné leur coût élevé, un premier sous-groupe de 29 personnes se déclarant EHS a d'abord été exploré. Les résultats ont ensuite été comparés à ceux obtenus sur les personnes SIOC lors d'une précédente étude (Caccamo *et al.* 2013). Une seconde série d'analyses, portant sur d'autres gènes candidats (isoformes de la famille des glutathion-S-transférases – GST) a ensuite été réalisée sur 127 personnes se déclarant EHS et comparée aux résultats obtenus chez les témoins. La recherche d'allèles particuliers pour établir le génotype a été réalisée par PCR, en utilisant un kit dédié permettant de discriminer des différences d'un seul nucléotide au sein de la séquence (SNP).

- les résultats présentés ne mettent pas en évidence l'existence d'une fréquence plus élevée d'un allèle particulier¹³⁴ dans la population se déclarant EHS ;
- en revanche, en analysant les combinaisons d'allèles, les auteurs ont observé qu'une association de deux allèles (*GSTM1*(*0/*0)+*GSTT1*(*0/*0), correspondant à des versions de gènes délétés) était plus fréquente chez les personnes se déclarant EHS par rapport au groupe témoin.

On peut regretter que les auteurs n'aient pas examiné si cette combinaison se retrouvait aussi dans le groupe SIOC. Comme 95 % des personnes du groupe se déclarant EHS étaient également SIOC, on ne sait pas si cette double délétion de gènes impliqués dans l'élimination de produits chimiques est à mettre en relation avec leur sensibilité aux produits chimiques et / ou aux champs électromagnétiques. En effet, les études sur le sujet indiquent que, s'il y a parfois des recouvrements (certaines personnes peuvent être à la fois EHS et SIOC), les deux populations (EHS et SIOC) sont distinctes. En l'occurrence, l'échantillon d'EHS, constitué à 95 % de SIOC, n'est pas représentatif¹³⁵ de la population se déclarant EHS en général, car il y a eu un biais systématique de recrutement. Pour définir la spécificité des personnes se déclarant EHS dans l'étude de De Luca *et al.* (2014), il aurait fallu des personnes se déclarant EHS non SIOC. Dans le cas présent, il n'est pas possible de savoir si les résultats trouvés sont dus à l'EHS ou au SIOC. Les auteurs eux-mêmes admettent que leurs résultats ne permettent pas d'apporter une conclusion définitive et nécessitent d'être confirmés.

De la même manière, le fait que les profils biochimiques mesurés soient très comparables chez les personnes se déclarant EHS et les SIOC pose un problème d'interprétation. En effet, il est impossible de déterminer si l'augmentation du stress oxydant a pour origine la sensibilité aux produits chimiques ou aux champs électromagnétiques. En fait, la seule conclusion possible est que les personnes souffrant de sensibilité aux produits chimiques présentent des réactions de stress oxydant, qu'elles soient EHS ou non.

Belpomme *et al.* (2015)¹³⁶ ont conduit une étude avec un volet portant sur plusieurs biomarqueurs et un autre comportant une étude tomosphygmographique de la circulation cérébrale chez des personnes se déclarant EHS et / ou SIOC. En effet, ils ont mesuré les concentrations en protéine C réactive (hs-CRP), vitamine D, histamine, IgE, protéine S100β, nitrotyrosine (NTT), protéines de choc thermique Hsp27 et Hsp70, ainsi que les anticorps anti-O-myéline dans le sang des patients. Ces auteurs ont également mesuré les concentrations urinaires en hydroxy-mélatonine sulfate (6-OHMS) et en créatine. Le flux sanguin cérébral a été étudié dans les lobes temporaux par tomosphygmographie ultrasonore pulsée. Les auteurs ont reçu en consultation – et examiné cliniquement et biologiquement – 1 216 patients se déclarant EHS et / ou SIOC, mais n'en ont retenu que 839 pour cette étude. Sur ces 839 patients, 112 ne répondaient pas aux critères d'inclusion tels que définis dans l'article. Les résultats des analyses sont donc donnés uniquement pour 727 cas. L'article est intéressant en raison du nombre de participants, la possibilité de faire des comparaisons entre personnes se déclarant EHS et SIOC et le large éventail des dosages biologiques réalisés. De plus, tous les tests ont été faits par le même laboratoire d'analyse, ce qui évite une certaine variabilité. Cependant, un certain nombre de défauts méthodologiques et d'erreurs de calcul ont été relevés (ces limites sont développées en Annexe 4), notamment :

¹³⁴ Les gènes analysés sont *CYP2C19*, *CYP2C9*, *CYPD6*, *AHR*, *GSTP1*, *GSTM1*, *GSTT1*, tous impliqués dans le métabolisme des xénobiotiques. Les allèles ciblés correspondent à des variants génétiques connus pour produire des isoformes enzymatiques défectueuses. L'idée générale étant que la présence d'une enzyme non ou peu fonctionnelle limite l'élimination des xénobiotiques, induisant la persistance de ces molécules dans l'organisme, ce qui expliquerait la sensibilité accrue des personnes aux produits chimiques.

¹³⁵ Cf. note de bas de page n°58, p56, sur la représentativité des échantillons.

¹³⁶ L'article a été publié dans le journal *Reviews on Environmental Health*. Il s'agit d'un journal à comité de lecture publié depuis 1972, mais qui n'a pas de facteur d'impact. En outre, il n'est pas fait mention d'un avis d'un comité de protection des personnes.

- les critères de sélection des 839 patients et les critères d'exclusion des 377 (31 %) des personnes non retenues ne sont pas indiqués ;
- la distribution des résultats des dosages biologiques n'est pas donnée : il aurait fallu définir une population témoin appariée en âge ou, a minima, une présentation des résultats par tranches d'âges ;
- l'absence d'un groupe témoins pour la tomosphygmographie ultrasonore pulsée ne permet pas d'exploiter les résultats obtenus ;
- aucune information n'est fournie, ni sur le calcul de l'index de pulsatilité, ni sur ses valeurs de référence ;
- la technique tomosphygmographique ultrasonore et le protocole de mesure utilisés ne sont pas décrits et ne font référence à aucune validation par des pairs.

A noter que les erreurs de calcul relevées la version pré-définitive du présent rapport, mise en consultation publique en juillet 2016, ont été corrigées depuis dans un *Corrigendum* publié en octobre 2016 (Belpomme, Campagnac, and Irigaray 2016). Quoiqu'il en soit, l'article de Belpomme *et al.* (2015) ne permet en aucun cas d'établir un lien entre une anomalie quantitative des biomarqueurs analysés et l'origine des symptômes. Certes, cet article montre que les participants à cette étude présentent des anomalies biologiques, mais en aucun cas il n'explique la causalité de leurs troubles. Pour toutes ces raisons, les résultats et les conclusions de cette étude ne sauraient être utilisés autrement que comme des pistes de recherches à explorer ou éléments à répliquer par d'autres études. Toutefois, il pourrait en être autrement si les problèmes décrits ci-dessus étaient clairement explicités et les résultats de la tomosphygmographie cérébrale validés dans un article publié dans un journal de neurosonologie doté d'un comité de lecture. Pour l'instant, il ne saurait être question de reconnaître en quoi que ce soit la tomosphygmographie cérébrale ultrasonore pulsée comme un test diagnostique de l'EHS.

L'étude publiée par Andrianome *et al.* (2016) vise à rechercher les corrélations entre la qualité du sommeil, les taux de mélatonine et l'auto-déclaration d'être EHS. Cette étude a été menée sur 55 personnes, 25 témoins et 30 personnes se déclarant EHS (provenant de différentes origines : affilié à une association ou non) avec une grande majorité de femmes dans les deux groupes. Les deux groupes sont homogènes en matière d'âge, de genre, d'IMC. Le protocole expérimental consiste en deux types de mesures : l'évaluation de la qualité du sommeil et la détermination des concentrations de mélatonine salivaire et des métabolites de la mélatonine dans les urines.

La qualité du sommeil a été évaluée à l'aide de questionnaires classiquement utilisés par ailleurs. Les participants effectuent eux-mêmes des prélèvements salivaires afin de déterminer les concentrations de mélatonine. Les urines sont également collectées par les participants pour la mesure des métabolites de la mélatonine, le tout toujours à domicile par les participants eux-mêmes. Les conditions d'auto-prélèvements sont clairement indiquées dans le texte, mais aucun contrôle n'est (ne peut être) réalisé afin de s'assurer de la conformité des prélèvements par rapport au protocole proposé (Andrianome *et al.* 2016).

Les valeurs recueillies dans les questionnaires de qualité de sommeil montrent que les personnes non-EHS ont une qualité de sommeil supérieure aux personnes se déclarant EHS, mais il est à noter que la qualité du sommeil n'est évaluée que *via* l'utilisation de ces questionnaires. Cependant, malgré ces différences, aucune altération n'est observée pour les taux de mélatonine salivaire ou pour les quantités de métabolites urinaires de la mélatonine.

Cette étude présente l'intérêt d'étudier les paramètres liés au sommeil à domicile chez le participant, sans délocalisation ou stress particulier. En revanche, les données sont essentiellement obtenues par les participants eux-mêmes. Les auteurs de cette étude bien menée insistent sur le caractère préliminaire de celle-ci. En conclusion, cet article suggère que les personnes se déclarant EHS, même si elles déclarent un sommeil de moins bonne qualité, n'ont pas de modifications dans leurs taux de mélatonine.

6.2 Études de provocation (avec exposition expérimentale aux champs électromagnétiques) chez des personnes se déclarant EHS

6.2.1 Analyse des études de provocation

Bien que la recherche de systèmes de réception impliqués dans la détection et / ou la perception du champ magnétique terrestre et des champs électromagnétiques soit restée sans résultats (voir § 5.1.2), des études cliniques sur la perception de ces derniers ont été réalisées sans préjuger des mécanismes sous-jacents.

Une partie importante des travaux menés pour rechercher si certaines personnes ont un niveau de sensibilité aux champs électromagnétiques supérieur à celui de la population générale a été réalisée *via* des études dites « de provocation ».

Selon leurs objectifs, on distingue plusieurs types d'études de provocation, celles cherchant à :

- 1) préciser la capacité des personnes à percevoir (oui / non) une exposition aux champs électromagnétiques ;
- 2) préciser la nature des symptômes incidents ressentis lors des expositions ;
- 3) objectiver des modifications biologiques et / ou physiologiques en présence de champs électromagnétiques (anomalies des réponses du système nerveux autonome, *via* l'EEG, l'ECG, etc.)

6.2.1.1 Études de provocation sans mesure biologique ou physiologique

Dans cette partie figurent les études de provocation dans lesquelles on demande aux participants s'ils perçoivent la présence de champs électromagnétiques (par une question du type : *êtes-vous exposé en ce moment aux champs électromagnétiques ou non ?*) ou s'ils ressentent des symptômes qu'ils associent à la présence des champs.

Exposition factice

Dömötör *et al.* (2016) ont réalisé une étude de provocation (sans exposition aux radiofréquences), dans laquelle les auteurs font croire aux personnes (dont 36 se déclarant EHS et 36 témoins) qu'elles étaient exposées à un champ électromagnétique similaire à celui de leur domicile. Le sujet de l'étude est le *body focus*¹³⁷ (il n'y a pas de terme équivalent en français, mais on pourrait traduire par « tendance hypochondriaque »), comme amplificateur des symptômes conduisant à une plus grande anxiété au sujet de la santé. L'objectif était d'étudier la contribution des divers aspects du *body focus* sur la genèse et le maintien des symptômes médicalement inexplicables, et plus précisément le maintien à long terme de l'EHS, ceci en lien avec les inquiétudes de santé liées à la vie moderne. Les personnes ont rempli 9 questionnaires : l'échelle des *Modern Health Worries*¹³⁸ (*MHWS, radiation subscale*), l'échelle d'amplification somatosensorielle¹³⁹ (*SSA*), l'affect négatif (*NA*), l'échelle d'anxiété (*Short Health Anxiety Inventory, SHAI*), l'échelle somatique (*Somatic Absorption Scale, SAS*), la motivation à coopérer (*CoMotiv*), les symptômes ressentis

¹³⁷ Le *body focus* est un des régulateurs les plus importants des processus de génération des symptômes. Les affects négatifs induisent des biais cognitifs dans la perception et l'interprétation des événements en lien avec le corps : en d'autres termes, les signes corporels normaux deviennent des symptômes. Avec le *body focus*, l'attention dirigée vers les processus internes les rend plus intenses et cela augmente la détection de stimulus ambigus, on entre alors dans un processus dirigé de recherche qui résulte dans la perception du symptôme attendu. Ces facteurs ne sont pas indépendants, en fait *body focus* et symptômes perçus peuvent générer ou augmenter l'anxiété, qui en retour induit une activation sympathique, une introspection et la perception de plus de symptômes.

¹³⁸ L'échelle des inquiétudes de santé liées à la vie moderne (*Modern Health Worries – MHW*) est présentée en Annexe 13.

¹³⁹ L'échelle d'amplification somatosensorielle (*SSAS*) est présentée en Annexe 7.

(Szemersky *et al.*, 2015), l'état d'anxiété (*State Anxiety Inventory*, STAI-S) et la sévérité de l'EHS. L'étude a été réalisée selon un protocole d'étude transversale.

Les résultats ont montré que :

- pendant l'exposition factice, les personnes se déclarant EHS présentaient un niveau d'anxiété plus élevé et plus de symptômes que les témoins ;
- parmi toutes les variables, l'échelle somatique (SSA) étaient le meilleur prédicteur de l'EHS ;
- chez les personnes se déclarant EHS, l'anxiété pour la santé (SHAI) et l'anxiété comme trait de caractère (STAI-S) étaient également de bons prédicteurs des symptômes rapportés, alors qu'une relation inverse était observée entre les symptômes rapportés et l'anxiété pour la santé chez les témoins.

Les auteurs ont conclu que l'EHS était basée sur le même socle que d'autres désordres somatoformes. L'amplification somatosensorielle (SSA) serait le facteur le plus pertinent, parmi ceux étudiés, dans l'étiologie de l'EHS et contribuerait pour une large part au diagnostic de l'EHS par la personne elle-même (Dömötör, Doering, and Koteles 2016).

Exposition aux radiofréquences

Nieto-Hernandez *et al.* (2011) ont réalisé une étude de provocation utilisant les champs électromagnétiques générés par un terminal mobile émettant un signal TETRA¹⁴⁰. L'objectif de cette étude était de rechercher si l'exposition, dans un cadre professionnel, à des champs électromagnétiques d'une fréquence de 385,25 MHz pouvait avoir des conséquences sur la santé. Cent vingt personnes ont été incluses dans cette étude dont le protocole d'exposition est clairement décrit. Soixante personnes se déclarant sensibles aux champs électromagnétiques et 60 témoins ont participé à un protocole où ils ont été exposés à trois conditions d'exposition (d'une durée d'une heure chacune) sur 3 jours différents (avec au minimum 24h de récupération, ou plus si nécessaire) : exposition factice, exposition à un signal de type TETRA (385,25 MHz pulsé à 17 Hz), et exposition à un signal entretenu (dit « continu ») à 385,25 MHz. Avant et au décours des différentes sessions d'exposition, huit symptômes ont été évalués : 1) les maux de tête, 2) la fatigue, 3) les vertiges, 4) les nausées, 5) la sensation d'échauffement et / ou de brûlure au niveau de la peau, 6) les démangeaisons, picotements ou engourdissements de la peau, 7) la sensation d'être irritable, anxieux ou déprimé et enfin 8) les difficultés à se concentrer ou à réfléchir. Tous ces paramètres ont été estimés à l'aide de questionnaires à 11 degrés (0 = pas de sensation, 10 = sensation maximale). Les résultats ont été les suivants :

- avant l'exposition :
 - les personnes se déclarant « sensibles » ont rapporté un nombre significativement plus élevé de symptômes (notamment neurophysiologiques, respiratoires et cardiovasculaires) pendant le mois précédant l'expérience ($p < 0,005$) ;
 - les symptômes attribués par les personnes se déclarant sensibles au signal de type TETRA de leur radio les plus fréquemment rapportés étaient : les maux de tête (86 %), la fatigue (31 %), les trous de mémoire (23 %), la perte de concentration (23 %) et l'irritabilité (22 %) ;
- pendant l'exposition aux ondes entretenues et après ajustements pour comparaisons multiples, le seul résultat statistiquement significatif était la diminution des démangeaisons chez les personnes se déclarant sensibles au signal de type TETRA ;
- pendant l'exposition aux ondes pulsées de type TETRA, les observations précédentes n'ont pas été retrouvées (Nieto-Hernandez *et al.* 2011).

¹⁴⁰ TETRA: *Terrestrial Trunked Radio Telecommunication System*.

Ce travail, bien mené et présenté, montre quelques lacunes mineures, comme l'absence de commentaires sur les différences physiologiques existant avant exposition entre les groupes « sensible » et témoin (par exemple, les personnes du groupe se déclarant sensibles au signal de type TETRA ont déjà, à la base, un score plus élevé concernant les céphalées).

L'article d'Eltiti *et al.* (2015) regroupe les résultats de deux études de provocation précédentes (Eltiti *et al.*, 2007a et Wallace *et al.*, 2010) afin de réaliser, sur un nombre important de personnes se déclarant EHS et de témoins une analyse des effets de l'exposition aux radiofréquences sur le bien-être ressenti. Tous les participants ont été sélectionnés après réponse au questionnaire d'Eltiti *et al.* (2007b). Dans l'expérience 1, 56 personnes ont été considérées EHS et 120 témoins ont été exposés à une séquence d'exposition factice et à deux séquences d'exposition réelles (GSM et UMTS). La distance entre les participants et l'antenne était de 5 m. Dans l'expérience 2, 51 personnes considérées EHS et 132 témoins ont été exposés à un signal TETRA réel ou factice. La distance entre les participants et l'antenne était de 4,95 m. Une vingtaine de personnes ont participé aux deux expériences. Ainsi, au total (expériences 1 et 2), 102 personnes considérées EHS (âge moyen = $43,9 \pm 15,0$ ans, 47,1 % d'hommes) et 237 témoins (âge moyen = $47,0 \pm 18,5$ ans, 54,9 % d'hommes) ont participé aux sessions ouvertes¹⁴¹ et 88 personnes considérées EHS et 231 témoins ont participé aux sessions en double aveugle. Le système d'exposition a été décrit dans les deux articles précités. Les participants ont utilisé une échelle visuelle analogique (VAS, *Visual Analog Scale*) et une échelle de symptômes (57 symptômes issus du questionnaire Eltiti *et al.* (2007b)) et une échelle en 5 points (de « pas du tout » à « beaucoup »), afin de quantifier leur bien-être ressenti. L'échelle analogique sert à mesurer l'anxiété, la tension, l'excitation, la relaxation, l'inconfort et la fatigue (sur une échelle de 10 cm sur laquelle les participants positionnent un curseur). Chaque expérience (1 et 2) comportait une session ouverte et plusieurs sessions en double aveugle.

Durant la session ouverte, les participants ont dû indiquer s'ils pensaient que l'antenne fonctionnait ou non et, dans l'expérience 1, s'il s'agissait d'une séquence d'exposition GSM ou UMTS. Chaque session d'exposition (que ce soit factice, TETRA, GSM ou UMTS) durait 15 minutes, pendant lesquelles les participants regardaient une vidéo sur la nature et étaient invités à compléter l'échelle analogique toutes les 5 minutes. L'échelle de symptômes a été complétée à la fin de chaque condition d'exposition, après la dernière échelle analogique.

Durant la partie en double aveugle, les sessions d'exposition dans les deux expériences duraient 50 minutes, durant lesquelles les participants étaient invités à réaliser une tâche requérant un faible effort mental (regarder une vidéo sur la nature) pendant 20 minutes, puis une tâche requérant un effort mental soutenu (arithmétique mentale (MA) pour l'expérience 1 et test OSPAN pour l'expérience 2, ces tests sont présentés en Annexe 12) pendant 20 minutes. Ils devaient aussi effectuer deux tâches cognitives courtes visant à mesurer l'attention et la mémoire, et enfin, à dire s'ils considéraient l'antenne en fonctionnement ou non (pendant les 10 minutes restantes). Durant les 40 premières minutes, les participants étaient invités à utiliser l'échelle analogique toutes les 5 minutes. Ils étaient également invités à déclarer tous leurs symptômes. Les résultats ont été les suivants :

- durant les phases ouvertes (expériences 1 et 2), les personnes considérées EHS ont rapporté un moindre degré de bien-être pendant l'exposition, résultat qui n'a pas été retrouvé dans les conditions d'expérimentation en double aveugle. Sur l'échelle visuelle analogique d'évaluation du bien-être subjectif, elles ont présenté un niveau d'anxiété, d'éveil, d'inconfort et de fatigue supérieur, ainsi qu'un niveau de relaxation inférieur, par rapport aux témoins. De plus, sauf pour la fatigue, il existait une interaction positive avec l'exposition aux radiofréquences. L'échelle des symptômes a montré que les personnes considérées EHS présentaient plus de symptômes, et plus sévères pendant l'exposition

¹⁴¹ Durant les sessions ouvertes, le technicien et les participants ont connaissance du niveau d'exposition et savent s'ils sont exposés ou non.

réelle que pendant l'exposition factice, ce qui n'était pas le cas des témoins (pas de différence entre les deux types d'exposition) ;

- durant les phases en double aveugle, le ressenti négatif a été plus fort pendant l'accomplissement de tâches requérant un effort mental soutenu, quelle que soit l'exposition et dans les deux groupes. Ceci était vérifié à la fois par l'échelle visuelle analogique et celle des symptômes. De plus, il n'existait pas de différences sur les scores ou le nombre de symptômes entre les expositions réelles et factices dans les deux groupes de participants. Enfin, les personnes considérées EHS rapportaient toujours plus de symptômes, plus sévères par rapport à ceux des témoins, et ceci quelle que soit l'exposition (réelle ou factice) (Eltiti *et al.* 2015).

Il s'agit d'une étude bien menée, avec un large échantillon de personnes considérées EHS et de témoins recrutés selon le questionnaire d'Eltiti *et al.* (2007b). Les auteurs soulignent le fait que les effets négatifs ne se manifestaient que lorsque les personnes se déclarant EHS savaient qu'elles étaient exposées aux radiofréquences ; ils conseillent d'explorer le rôle de l'effet *nocebo*¹⁴² dans la manifestation des symptômes chez les personnes se déclarant EHS, ainsi que les mécanismes psychophysiologiques qui les sous-tendent.

Le groupe de travail de l'Anses a également pris connaissance d'une autre étude de provocation concernant le bien-être et les symptômes ressentis en présence de champs électromagnétiques. Augner *et al.* (2009a) ont exploré les effets d'une exposition aiguë d'une durée de 50 minutes à différentes intensités de signaux GSM (faible : 5,2 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, moyenne : 153,6 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, forte : 2 126,8 $\mu\text{W}/\text{m}^2$) sur 57 participants (35 femmes / 22 hommes, âge moyen = 40 ans). Trois facteurs de bien-être (bonne humeur, vivacité, calme), appréciés à partir des réponses à un questionnaire de bien-être standardisé (MDBF-*Mehrdimensionaler befindlichkeitsfragebogen*, (Steyer *et al.* 1997)), ont été étudiés chez ces personnes (Augner *et al.* 2009a). Le groupe de travail a estimé que les conclusions de cet article ne pouvaient pas être prises en compte, car le système d'exposition n'était pas adapté, le champ n'était pas constant dans la pièce, l'exposition (avec ou sans protections anti-ondes : rideaux ou peintures sur le mur) n'était pas contrôlée et surtout, l'étude ne répondait pas aux normes de qualité requises pour les études cliniques. On note, par exemple, le mélange des populations se déclarant EHS et non-EHS sans en indiquer la proportion dans chaque groupe, ainsi que l'absence de questionnaire précis sur les antécédents médicaux.

Van Moorselaar *et al.* (2017)¹⁴³ ont réalisé des tests de provocation individualisés au domicile de personnes se déclarant EHS, au moyen d'un appareil d'exposition mobile (Huss *et al.* 2016). Quarante-deux personnes (âge moyen = 55 ans) ont participé à l'étude. Elles ont préalablement indiqué être en mesure de sentir la présence de champs électromagnétiques hautes ou basses fréquences dans un intervalle de quelques minutes. Dans un premier temps, le type et la durée d'exposition auxquels elles réagissaient ont été déterminés en session ouverte¹⁴⁴. Trente-huit participants ont voulu effectuer le test avec des radiofréquences d'intensité comprise entre 0,2 et 6 V/m (médiane : 0,44 V/m). Quatre participants ont préféré effectuer le test avec des champs extrêmement basses fréquences (de 0,15 à 6,6 μT). Pour chaque personne, dix essais en double aveugle ont été effectués, dont 3 à 7 expositions avec ou sans champs électromagnétiques (15 minutes au maximum par exposition). Les participants devaient indiquer s'ils étaient exposés ou non. Les résultats ont été fournis aux participants immédiatement après le test. Lors du test en double aveugle, les résultats ont été les suivants :

- en moyenne, dans 48 % des cas, l'estimation des participants était correcte ;

¹⁴² Cf. définition de l'effet *nocebo* au § 7.7.

¹⁴³ Cette étude, publiée en 2017 après la fin de la période de veille bibliographique, a été prise en compte car, lors de son audition le 26 février 2015, A. Huss, qui a dirigé ces travaux, en avait présenté le protocole et les résultats préliminaires.

¹⁴⁴ Cf. définition de session « ouverte » en note de bas de page n° 141, p146.

- aucun des participants n'a été en mesure d'indiquer de manière fiable s'il était exposé ou non à la fréquence d'exposition qu'il avait lui-même choisie et qu'il déclarait être capable de détecter dans un intervalle de quelques minutes.

Quatre mois après les tests, les participants ont indiqué que leur degré d'électrohypersensibilité n'avait pas varié. Cependant, ils étaient moins sûrs de pouvoir détecter une exposition aux champs électromagnétiques dans un intervalle de quelques minutes. Le nombre de symptômes et leur degré de gravité avaient significativement diminué par rapport au début de l'étude (van Moorselaar *et al.* 2017).

Un point fort de cette étude est constitué par le fait qu'un signal de test individuel a été déterminé avec chaque participant grâce à l'appareil mobile utilisé pouvant émettre des champs électromagnétiques dans une bande de fréquences très large. Les résultats semblent indiquer que certains participants auraient tiré profit de cette méthode individualisée. Néanmoins, l'absence de groupe témoin ne permet pas de préciser si la réduction des symptômes constatée en l'espace de quatre mois est due à la participation à l'étude ou non. Il s'agit toutefois d'une approche innovante pouvant aider les personnes se déclarant EHS réagissant en peu de temps à une exposition aux champs électromagnétiques selon leurs propres indications. Cette étude donne des pistes pour une nouvelle approche du traitement de l'EHS (*cf.* § 8.1.3 sur le traitement de l'EHS).

Basses fréquences

Les articles suivant ne traitent pas des radiofréquences mais des champs électromagnétiques basses fréquences (50 Hz).

Flodin *et al.* (2000) ont eu pour objectif de répondre à deux critiques importantes formulées à l'encontre des études de provocation antérieures, à savoir (1) qu'elles avaient été réalisées en laboratoire, dans des conditions qui ne sont pas celles de la vie courante, et (2) qu'elles n'avaient pas pris en compte la possibilité d'effets différés des expositions. En conséquence, ils ont réalisé une étude de provocation au domicile des personnes ou sur leur lieu de travail et les ont interrogées sur leur perception des champs électromagnétiques et sur leurs symptômes pendant des expositions, réelles ou factices, et 24 heures plus tard. Ils ont inclus dans cette étude 15 personnes se déclarant EHS (11 femmes et 4 hommes, âge moyen = 48,3 ans, intervalle 34 – 59 ans) et 26 témoins recrutés parmi les proches (16 femmes et 10 hommes, âge moyen = 47 ans, intervalle 15 – 77 ans). Les symptômes des personnes se déclarant EHS avaient débuté entre 2 et 20 ans (moyenne = 6,6 ans) auparavant. Le délai entre l'utilisation de l'appareil électrique incriminé et le début des symptômes était compris entre 2 mois et 14 ans (moyenne = 6,6 ans). Les personnes se déclarant EHS étaient toutes sensibles aux écrans cathodiques (écrans d'ordinateur ou de télévision), ainsi qu'à une quinzaine d'autres appareils, dont 5 étaient des téléphones mobiles. Le protocole, décrit en détail, comprend 4 sessions, deux d'exposition réelles et deux factices, réalisées à des intervalles compris entre 2 et 32 jours séparant chaque session. Les expositions ont été provoquées à l'aide de l'appareil le plus incriminé par la personne, chaque fois (n = 4) que cela a été compatible avec le strict respect du double aveugle. Dans les autres cas, les expositions ont été provoquées à l'aide d'un écran cathodique. Au début de chaque session, les personnes se déclarant EHS ont été interrogées par une infirmière sur leur état de santé à l'aide d'un questionnaire comprenant 13 symptômes, notés de 0 à 5. Parallèlement, le technicien installait, réglait et masquait l'appareil choisi, puis mesurait le champ électromagnétique de base dans la pièce. La personne et le technicien quittaient alors la pièce et le témoin y entrait pour s'asseoir sur un siège à 50 cm de l'appareil. Le masquage de ce dernier était amélioré jusqu'à ce que le témoin soit incapable de dire, à partir d'indices indirects, si l'appareil était allumé ou non. Après la sortie du témoin et du technicien, la personne revenait dans la salle et s'asseyait sur le siège placé à 50 cm de l'appareil. Elle était ensuite interrogée toutes les 15 minutes à l'aide du questionnaire à 13 symptômes. Dès qu'elle jugeait que l'appareil était allumé, le test était arrêté. Dans le cas contraire, le test était poursuivi pendant une heure. À la fin du test, la personne répondait à nouveau au questionnaire et il lui était demandé de le remplir 24 heures après et de le retourner aux expérimentateurs. Le technicien revenait dans la salle de test pour mesurer le niveau de champ électromagnétique. Les principaux résultats ont été les suivants :

- pendant l'exposition, les personnes se déclarant EHS ont donné 29 réponses correctes (17 vraies positives et 12 vraies négatives) et 31 réponses incorrectes (17 fausses positives et 14 fausses négatives), alors que les témoins donnaient 30 réponses correctes (14 vraies positives et 16 vraies négatives) et 30 réponses incorrectes (13 fausses positives et 17 fausses négatives), la différence entre les deux groupes n'étant pas statistiquement significative ;
- vingt-quatre heures après l'exposition, les personnes se déclarant EHS ont donné 33 réponses correctes (19 vraies positives et 14 vraies négatives) et 27 réponses incorrectes (15 fausses positives et 12 fausses négatives). Ces résultats ne diffèrent pas significativement de ceux obtenus pendant l'exposition ;
- les 4 participants qui ont été testés avec leur propre appareil (16 réponses attendues) ont donné 6 réponses correctes et 10 incorrectes pendant l'exposition, puis 9 réponses correctes et 7 incorrectes 24 heures après ;
- une personne se déclarant EHS et un témoin ont donné des réponses correctes aux quatre tests.
- il n'y avait pas de différence statistiquement significative (test de la somme des rangs de Wilcoxon) dans l'intensité des symptômes avant et pendant exposition, que celle-ci ait été réelle ou factice (Flodin, Seneby, and Tegenfeldt 2000).

Les données brutes sur ces symptômes n'ont pas été fournies. De plus, les auteurs ne donnent aucune explication sur l'inclusion de 26 témoins et sur la place des 11 témoins supplémentaires dans le protocole. De plus, ce travail a surtout porté sur des personnes se déclarant sensibles aux champs électromagnétiques de basses fréquences (5 d'entre elles seulement se déclaraient sensibles à un téléphone mobile) et la plupart des tests de provocation ont été réalisés à l'aide d'écrans cathodiques, alors que ces derniers ont aujourd'hui pratiquement disparu. Le reste de l'étude n'appelle pas de réserve. Les personnes se déclarant EHS et les témoins ont été recrutés sur des critères précis et fiables. Les précautions prises pour assurer un respect strict du double-aveugle sont crédibles. Les mesures de champ électromagnétique avant et après exposition sont cohérentes entre elles. Les résultats publiés ne font pas penser qu'un nombre plus élevé de participants auraient pu permettre de mettre en évidence des différences significatives inter groupe ou entre exposition réelle et factice. En conclusion, cette étude, réalisée au domicile des personnes ou sur leur lieu de travail et après les avoir interrogées pendant et 24 heures après l'exposition, a confirmé les résultats de plusieurs études antérieures, réalisées en laboratoire qui ne s'étaient intéressées qu'aux effets immédiats des expositions, à savoir que des personnes se déclarant EHS n'avaient pas une capacité plus grande que les témoins à percevoir des différences entre les expositions réelles et factices, et qu'ils ne ressentaient pas de symptômes plus intenses pendant ou après une exposition qu'avant celle-ci.

Mueller *et al.* (2002) ont mené une étude de provocation, afin d'identifier des personnes susceptibles de ressentir la présence de champs électromagnétiques et de rechercher s'il existait des différences de perception entre les personnes se déclarant sensibles (ou hyper-sensibles) aux champs électromagnétiques et celles se déclarant non-sensibles (Mueller, Krueger, and Schierz 2002). La population étudiée incluait 63 personnes, avec 49 personnes dans le groupe se déclarant EHS et 14 dans le groupe témoin. La répartition selon le genre n'était pas homogène (19 hommes, 30 femmes dans le groupe sensible ; 12 hommes, 2 femmes dans le groupe témoin). La répartition des âges était comprise entre 15 et 75 ans. Les participants ont été exposés à vingt reprises et de façon aléatoire à des expositions factices ou réelles de 2 minutes à des champs basses fréquences (50 Hz, 100 V/m et 6 µT). Au cours de chaque période de deux minutes, la question leur a été posée (2 fois), afin de savoir s'ils ressentaient (ou non) la présence d'ondes, seule la seconde réponse a été conservée. Une procédure de contrôle interne permettait de s'assurer qu'il y avait vraiment (ou pas) d'exposition aux basses fréquences. Durant 40 minutes, cette expérimentation comprenait dix expositions réelles et dix expositions factices. Pour étudier la capacité des participants à percevoir leur exposition aux champs électromagnétiques, les auteurs ont observé, pour chaque situation d'exposition, la concordance entre les expositions perçues et

réelles. Pour chaque personne, les auteurs disposaient d'une série de 20 observations à la réalisation d'une série de 20 variables de Bernoulli prenant la valeur 0 si l'exposition perçue correspondait à l'exposition réelle (et 1 dans le cas contraire). L'analyse statistique faisait l'hypothèse que ces observations étaient indépendantes. En effet, sous cette hypothèse, leur somme correspondait à une variable binomiale. Cette hypothèse est cependant fautive, les personnes ayant été informées en début de test qu'il y aurait 50 % d'expositions réelles et 50 % d'expositions factices. Les conclusions de l'étude peuvent donc être erronées et ne sont pas exploitables. Elles ne sont pas présentées dans ce rapport. L'article a par ailleurs fait l'objet d'un commentaire de Dworsky (de la société Motorola) (Dworsky 2002), dont le raisonnement est aussi critiquable que l'article lui-même (Mueller and Schierz 2002).

6.2.1.2 Études de provocation avec mesures biologiques ou physiologiques

Cette partie regroupe les études de provocation dans lesquelles les auteurs ont cherché à mettre en évidence des anomalies de fonctionnement objectivables (du système nerveux central (SNC) et autonome (SNA) principalement) chez des personnes se déclarant EHS en présence d'une exposition aux champs électromagnétiques.

6.2.1.2.1 *Études de provocation avec stimulation magnétique transcrânienne*

Le travail de l'équipe de Ratisbonne comprend deux études successives analysées dans le rapport Afsset de 2009 (les deux articles de l'étude pilote : Frick *et al.*, 2005 ; Landgrebe *et al.*, 2007 et celui de Landgrebe *et al.*, 2008b). Dans les deux cas, les auteurs ont étudié, outre les paramètres classiques obtenus avec les techniques de simple impulsion et d'impulsions par paire, la capacité à discriminer une impulsion réelle ou factice.

Dans l'étude pilote, les personnes se déclarant EHS ont été comparées à deux groupes de témoins (3 groupes d'une trentaine de personnes chacun) sélectionnés dans un échantillon représentatif de la population générale en fonction du nombre de symptômes déclarés, les uns parmi les 10 % ayant le plus bas niveau de symptômes et les autres parmi les 10 % ayant le plus haut niveau. L'article de Frick *et al.* (2005) donne les résultats relatifs au seuil de détection du *stimulus* magnétique (il s'agit d'une stimulation magnétique transcrânienne, SMT) mis en évidence par une réponse motrice et la capacité de différencier le signal réel ou factice. Ces résultats sont rappelés ici :

- la capacité de différencier la stimulation magnétique transcrânienne réelle ou factice était significativement inférieure chez les personnes se déclarant EHS (*cf.* Figure 15).

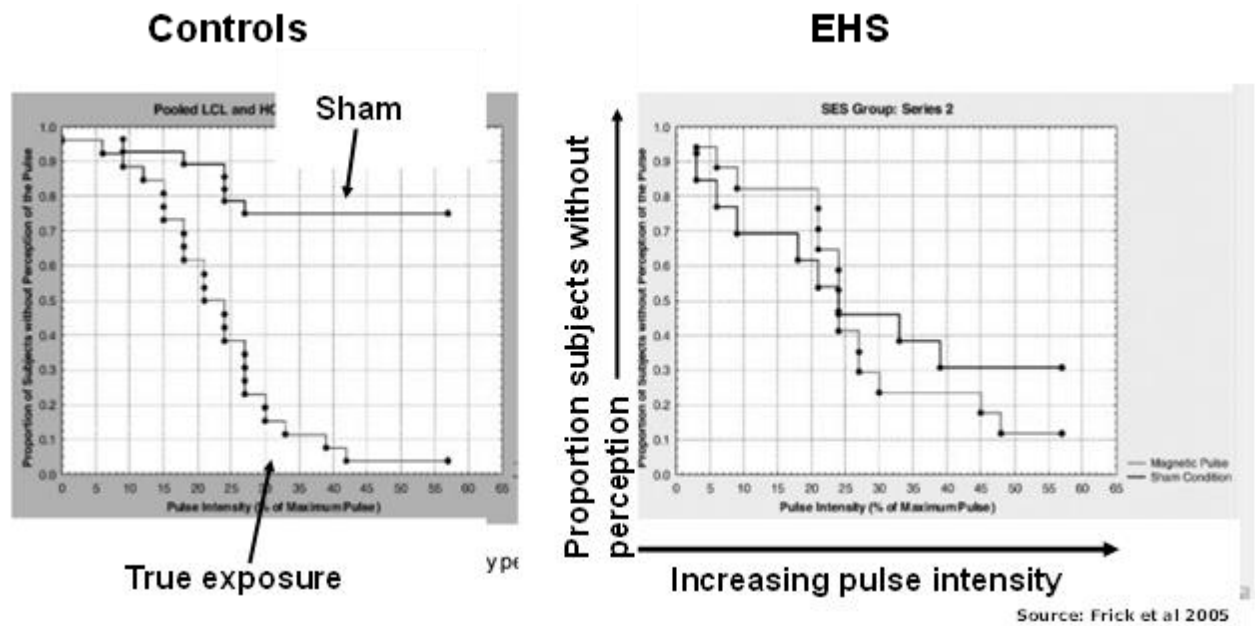


Figure 15 : comparaison entre les capacités à différencier le signal réel ou factice de personnes se déclarant EHS et non-EHS

Ce résultat s'explique du fait d'un taux élevé de faux positifs lors des expositions factices chez les personnes se déclarant EHS, alors que le seuil de détection des expositions réelles ne différait pas significativement entre les trois groupes. Par ailleurs, les trois groupes de l'étude pilote (Frick *et al.*, 2005) différaient significativement en ce qui concernait la proportion de femmes, la perception de l'état de santé, le nombre de visites médicales dans l'année écoulée, l'évaluation subjective de la qualité du sommeil, le nombre de plaintes somatiques et la fréquence des états dépressifs.

Le deuxième article (Landgrebe *et al.* 2007) donne les résultats relatifs à l'inhibition intra-corticale (ISIs = 2 ms), qui n'était pas significativement modifiée chez les personnes se déclarant EHS, et à la facilitation intracorticale (ISIs = 15 ms), qui était statistiquement diminuée chez les personnes se déclarant EHS par rapport aux deux autres groupes de participants. Pour les auteurs, la baisse de l'excitabilité neuronale reflétée par cette diminution de la facilitation corticale, pourrait atténuer la plasticité cérébrale et les capacités adaptatives des personnes. D'où l'hypothèse d'un dysfonctionnement de la régulation corticale et d'une déficience des ressources adaptatives qui pourraient rendre compte de la plus grande vulnérabilité des personnes se déclarant EHS aux influences environnementales et, en même temps, de la diminution de la capacité à discriminer les entrées sensorielles extéroceptives des perceptions internes qui expliquerait les faux positifs lors des expériences de perception.

Comme dans l'étude pilote, Landgrebe *et al.* (2008b) ont étudié les seuils de perception après stimulation magnétique transcrânienne (SMT) au niveau du cortex préfrontal dorsolatéral chez 15 personnes se déclarant EHS (6 femmes, âge moyen = $47,7 \pm 10,5$ ans) et 15 témoins appariés sur l'âge et le genre (6 femmes, âge moyen = $46,9 \pm 9,9$ ans). Le groupe de personnes se déclarant EHS représentait un sous-groupe d'une population de 89 personnes se déclarant EHS recrutées dans le cadre d'une étude épidémiologique (*cf.* Landgrebe *et al.* (2008a) analysé au § 6.1.1.2). Les seuils de perception ont été déterminés en aveugle à l'aide de protocoles standardisés. Le protocole de SMT était identique à celui de l'étude pilote. Les paramètres de l'excitabilité corticale ont été mesurés en SMT. Les résultats ont montré que :

- la capacité à discriminer les stimulations réelles et factices était plus faible chez les personnes se déclarant EHS : 40 % des EHS et 60 % des témoins ne sentaient aucune sensation pendant les stimulations factice, alors que le seuil de perception des impulsions magnétiques réelles étaient comparables dans les deux groupes (médiane à 21 % de l'intensité maximale de l'impulsion chez les personnes se déclarant EHS contre 24 % chez les témoins) ;

- la facilitation intra-corticale (temps de latence entre l'exposition et la réponse) était inférieure chez les jeunes se déclarant EHS (ce qui traduit un meilleur fonctionnement), confirmant les résultats de l'étude pilote, et plus élevée chez les plus âgés, différence que les auteurs ne peuvent expliquer (Landgrebe *et al.* 2008b).

Les auteurs ont conclu à une vulnérabilité individuelle plus élevée chez les personnes se déclarant EHS, démontrée par les altérations psychologiques et neurobiologiques.

6.2.1.2.2 Études de provocation mesurant plusieurs paramètres physiologiques et / ou biologiques

Exposition aux radiofréquences

Rea *et al.* (1991) ont réalisé une étude de provocation en environnement contrôlé pour évaluer les réactions de personnes rapportant une sensibilité aux champs électromagnétiques. Celles-ci, ainsi que des personnes non sensibles, ont été exposées en position assise à des champs générés par une bobine de 6 cm de diamètre et 16 cm de hauteur, alimentée par un générateur de signaux carrés, et placée au sol à 30 cm des pieds des participants. Les champs mesurés étaient de 2,9 μT au sol, 0,35 μT au niveau des genoux et 0,07 μT au niveau de la tête¹⁴⁵. La tension artérielle, les fréquences cardiaque et respiratoire, la température, les scores de signes et symptômes et la fonction du système nerveux autonome (enregistrement du taux de contraction / dilatation du diamètre pupillaire) ont été enregistrés avant les expositions.

Dans une première série d'essais, en simple aveugle, 100 personnes se déclarant sensibles aux champs électromagnétiques ont été exposées à des fréquences allant de 0,1 Hz à 5 MHz (21 tests) et à 5 expositions factices (soit 26 expositions par personne). La durée d'exposition était de 3 minutes par test. Les résultats ont été considérés positifs lorsque le nombre ou l'intensité des symptômes ont été de 20 % supérieurs aux niveaux de base ou lorsque le diamètre pupillaire a varié de plus de 2 écart-types. Les résultats de cette série d'essais en simple aveugle ont été les suivants :

- 50 personnes ont réagi à plusieurs expositions factices et 25 n'ont réagi à aucune des expositions réelles ou factices. Ces 75 personnes ont toutes été exclues des étapes suivantes du protocole ;
- 25 personnes ont réagi à des expositions réelles et à aucune exposition factice, et ont été sélectionnées.

Ces 25 personnes à nouveau sélectionnées ont été exposées une deuxième fois dans les mêmes conditions aux mêmes fréquences que précédemment, en double aveugle, et comparées à 25 témoins. Les résultats de cette série d'essais en double aveugle ont été les suivants :

- parmi les personnes se déclarant sensibles, 16 personnes ont à nouveau réagi à des expositions réelles, alors qu'aucun des 25 témoins n'a réagi à une exposition, qu'elle soit réelle ou factice ;
- parmi ces 16 personnes, 75 % ont réagi à une fréquence de 1 Hz, 75 % à 2,5 Hz, 69 % à 5 Hz, 69 % à 10 Hz, 69 % à 20 Hz et 69 % à 10 kHz. Aucune n'a réagi à toutes les 21 fréquences testées, la moyenne étant de 11 fréquences réactives par personne (de 1 à 19 réponses positives) ;
- les principaux symptômes observés étaient neurologiques (sommolence, céphalées, etc.), musculosquelettiques (douleurs, spasmes, fibrillations), cardiovasculaires (palpitations, tachycardie, œdème), respiratoires (oppression, dyspnée), gastrointestinaux (nausée), oculaires (brûlure) et cutanés (douleurs, démangeaison, brûlure).

¹⁴⁵ La publication originale mentionnait 70 nT au niveau de la main (*hand*), mais il s'agissait d'une erreur typographique, il fallait lire « *head* » (tête), comme indiqué par les auteurs en réponse à un commentaire de Bergqvist (Bergqvist *et al.* 1993, Rea and Fenyves 1993).

Les 16 personnes réactives ont été de nouveau exposées une troisième et une quatrième fois, à deux occasions différentes, en double aveugle, en n'utilisant que la fréquence à laquelle elles avaient montré la plus forte réaction :

- toutes ont montré une réponse à cette fréquence (notamment par une variation du diamètre pupillaire), et aucune n'a réagi aux expositions factices ;
- deux d'entre elles ont montré des réactions retardées, devenant progressivement déprimées et finalement inconscientes. Elles se sont réveillées sans traitement. Les symptômes observés ont duré de 5 heures à 3 jours (Rea *et al.* 1991).

Cette étude est l'une des rares études de provocation montrant des résultats positifs qui n'ait pas été répliquée. Dans celle-ci, sur 100 personnes se déclarant sensibles aux champs électromagnétiques, seules 16 ont montré une réaction reproductible à l'une ou l'autre des fréquences testées. Cependant, le trop faible nombre d'expositions factices (5/26) diminue la puissance statistique de l'étude. De plus, on relève des imprécisions sur le recrutement des personnes (notamment en matière d'âge et de genre), sur l'appariement des témoins, sur les méthodes de mesure, et des erreurs ou incohérences dans l'expression des résultats (ex. « *as compared to 6 positive reactions out of 60 blanks (7,5%)* », alors que $6/60 = 10\%$). En outre, il est surprenant qu'aucune réaction n'ait été observée à 650 stimulations réelles ou factices chez les 25 témoins. Ces incohérences constituent des limites importantes, qui ne permettent pas de tirer des conclusions de cette étude.

Wilén *et al.* (2006)¹⁴⁶ ont réalisé une étude de provocation, conçue pour préciser les rôles respectifs du stress et d'une exposition aux radiofréquences dans la modification de plusieurs paramètres physiologiques (fréquence cardiaque et sa variabilité, fréquence respiratoire, débit sanguin cutané, réaction électrodermale). Cette étude a été effectuée avec des personnes se déclarant sensibles au téléphone mobile (celles rapportant des symptômes lors de l'utilisation d'appareils électriques ou se déclarant EHS étaient exclues de l'étude) ($n = 20$, 16 hommes et 4 femmes, âge compris entre 32 et 64 ans) et des témoins ($n = 20$) appariés selon l'âge et le genre. Pour chaque participant, deux expositions de 30 minutes chacune, l'une réelle et l'autre factice, à un champ électromagnétique de type GSM 900 MHz ($DAS_{10g\ tête} = 0,8\text{ W/kg}$) ont été réalisées dans un ordre aléatoire à 24 heures d'intervalle. Les participants n'avaient pas connaissance de leur exposition (simple aveugle). Chaque exposition était en outre précédée et suivie d'une mesure de la fréquence de fusion critique visuelle¹⁴⁷, d'un test de mémoire à court terme, d'une évaluation du niveau d'éveil et de vigilance et d'une mesure du temps de réaction. Le test de mémoire de travail et la mesure du temps de réaction (une version adaptée pour ordinateur du *Sternberg memory test* (Sternberg, 1966)) a consisté en une tâche (*1-back*). Les tests ont été réalisés au cours de deux expériences, la première sans aucune exposition (factice ou réelle) soit la condition basale, et la seconde avant et après 30 minutes d'exposition (factice ou réelle). Ces épreuves avaient pour but de générer un stress et d'évaluer les effets de ce dernier sur les paramètres physiologiques d'une part et d'étudier les effets de l'exposition sur ces paramètres d'autre part. Au total, chaque expérimentation durait 80 minutes :

- aucune différence entre personnes se déclarant sensibles au téléphone mobile et témoins n'a été observée en ce qui concerne les mesures de base (effectuées avant toute exposition), sauf pour le temps de réaction (au test *1-back*), plus long chez les personnes

¹⁴⁶ Cet article a fait l'objet d'une récompense en 2012 par l'éditeur de *Bioelectromagnetics* en tant qu'article le plus cité et le plus influent entre 2006 et 2010. Il s'agit de la même équipe que les articles : Lyskov *et al.*, 2001 a et b ; Sandström *et al.*, 2003.

¹⁴⁷ La fréquence de fusion critique visuelle ou seuil critique de fusion du papillotement est la fréquence à laquelle un stimulus visuel discontinu est perçu comme complètement continu. Le seuil critique de fusion est lié à la persistance rétinienne. La fréquence de fusion critique visuelle a été souvent utilisée comme un indice objectif de fatigue. La revue de la littérature révèle pourtant de nombreuses divergences dans les résultats obtenus et dans leurs interprétations.

se déclarant sensibles au téléphone mobile que chez les témoins lors du premier essai (la différence disparaissait lors de la répétition du test) ;

- en condition basale, les performances aux tests de mémoire des témoins au premier jour de test étaient meilleures que celles des personnes symptomatiques (nombre de réponses correctes et incorrectes, temps mort, temps de réaction). En revanche, au deuxième jour, ces effets disparaissaient, seule subsistait une tendance statistique ($p = 0,07$) pour le nombre de réponses correctes légèrement inférieur chez les personnes symptomatiques ;
- les personnes sensibles au téléphone mobile différaient significativement des témoins en ce qui concernait la variabilité de la fréquence cardiaque pendant la réalisation des tests de fréquence de fusion visuelle et de mémoire, quelles que soient les conditions d'exposition. Cette différence, qui se traduisait par une augmentation de l'énergie des bandes basses fréquences et une diminution de celles hautes fréquences, a été interprétée comme un effet du stress, qui déclencherait un déplacement de la régulation du système nerveux autonome vers une dominance sympathique et serait à l'origine des symptômes perçus ;
- aucune autre différence significative sur les paramètres mesurés (en particulier ceux ayant trait à l'activité du SNA ou la mémoire de travail) n'a été observée, quels que soient les conditions d'exposition (factices ou réelles) ou le groupe.

Les auteurs ont conclu à une absence d'effet de l'exposition aux radiofréquences de type téléphone mobile sur les fonctions mnésiques chez les personnes symptomatiques et non symptomatiques. L'hypothèse des auteurs selon laquelle une dysrégulation du système nerveux autonome chez les personnes se déclarant sensibles au téléphone mobile serait la cause ou la conséquence de leur état est intéressante à considérer (voir § 7.4). Elle est compatible avec les résultats de l'étude clinique quantitative d'Eltiti *et al.* (2007a), dans laquelle la composante neuro-végétative était apparue comme la plus importante, rendant compte de la moitié de la variance totale expliquée.

Eltiti *et al.* (2009) ont réalisé une étude de provocation en double aveugle évaluant les effets d'une exposition entretenue de 50 minutes simulant une exposition aux radiofréquences émises par une station de base UMTS (2 020 MHz) ou GSM 900 et 1 800 MHz combinés (densité de puissance = 10 mW/m², niveau de champ = 2 V/m). Les participants étaient les mêmes que ceux d'une étude précédente (Eltiti *et al.*, 2007b) portant sur les symptômes et les réponses physiologiques spécifiques aux personnes se déclarant EHS. Tous les participants ont complété le questionnaire « *Electromagnetic Hypersensitivity* » proposé par les auteurs (Eltiti *et al.*, 2007a), avec des personnes se déclarant EHS ($n = 44$, âge moyen = 46,14 ans, 59,1 % d'hommes) et des témoins ($n = 44$, âge moyen = 46,1 ans, 54,5 % hommes) appariés pour le genre et l'âge. Les auteurs ont étudié les performances cognitives des participants. Les paramètres étudiés concernaient la mémoire à court terme et la mémoire de travail (WAIS *forward* et *backward*, DS), l'attention (DSST) et l'arithmétique mentale (MA) au cours de quatre sessions réalisées à une semaine d'intervalle, la première pour l'obtention du niveau basal. Les personnes ont passé les tests après 20 minutes d'exposition où ils se relaxaient en regardant une vidéo (Eltiti *et al.*, 2007b). Différentes versions de ces tests ont été utilisées pour minimiser l'effet de la pratique. Simultanément, des paramètres cardiovasculaires (volume sanguin pulsé, fréquence cardiaque), ainsi que les conductances électrodermales ont été mesurés selon des procédures et des techniques non décrites dans le protocole. Les résultats ont montré :

- une absence de différences lorsque l'on considèrait la cognition, les paramètres cardiovasculaires ou les conductances cutanées entre les témoins et les personnes se déclarant EHS en dehors de toute exposition aux radiofréquences ;
- une absence d'effet de l'exposition aiguë au GSM ou UMTS sur les divers paramètres cognitifs ou physiologiques (notamment cardiovasculaires), que ce soit chez les personnes se déclarant EHS ou les témoins ;
- la seule différence entre les deux groupes résidait dans une augmentation plus importante des conductances cutanées chez les personnes se déclarant EHS pendant la réalisation

des tests cognitifs, indépendamment de l'exposition. Selon les auteurs, cela pourrait être lié à un déséquilibre général au niveau de la régulation du SNA.

Il s'agit d'un travail satisfaisant sur le plan méthodologique, avec une analyse statistique adéquate. L'augmentation de la conductance cutanée pourrait traduire un état de stress plus important chez les personnes se déclarant EHS lors des tests.

Furubayashi *et al.* (2009) ont conduit une grande étude ayant pour objectif de mesurer la prévalence de l'EHS dans la population générale des femmes japonaises. Ces auteurs ont réalisé une étude de provocation portant sur la perception de l'exposition et sur l'effet de cette exposition sur le système nerveux autonome (SNA) chez des femmes attribuant des symptômes à l'utilisation de téléphones mobiles et / ou à l'exposition à des stations de base (personnes MPRS – *Mobile Phone Related Symptoms*). L'étude a été menée sur un échantillon sélectionné après envoi d'un questionnaire à 2 472 femmes : 11 femmes MPRS (âge moyen = 37 ans) et 43 témoins (âge moyen = 38 ans) ont été recrutées. Le protocole prévoyait d'exclure les participantes présentant des troubles mentaux évidents. Dans ce but, avant l'expérimentation, les personnes ont été évaluées à l'aide du *Mini-International Neuropsychiatric Interview* (MINI), qui est l'outil utilisé pour diagnostiquer les troubles mentaux dans le DSM-IV (voir Annexe 9), et leur personnalité a été évaluée à l'aide de la version abrégée de l'inventaire de personnalité à cinq facteurs (*Neo Five-Factor Inventory, NEO-FFI*), qui est un test classique de personnalité (*cf.* tests présentés en Annexe 13). Quatre types d'exposition d'une durée de 30 minutes en chambre anéchoïque (le faisceau était centré sur la tête de la personne et l'uniformité du champ était vérifiée à $\pm 1,64$ V/m pour 10 V/m incident) simulant l'exposition aux champs électromagnétiques d'une station de base (2,14 GHz, 10 V/m, W-CDMA), ont été réalisés : continue, intermittente (*on/off* par périodes de 5 minutes), factice avec ou sans bruit (65 dB(A)). L'humeur (*POMS, Profile of Mood States*, 65 items) et le temps de réaction dans le PCRT (*Precued Choice Time Task*, voir Annexe 12, p 341) ont été mesurés avant et après l'exposition. L'étude indirecte du SNA a consisté à mesurer la fréquence cardiaque, le volume sanguin par doppler infrarouge, le débit sanguin local (à l'extrémité du doigt) et la température corporelle sur trois périodes : précoce (0-5 minutes), intermédiaire (12-17 minutes) et tardive (25-30 minutes). Les résultats de l'étude ont été les suivants :

- aucune des personnes sélectionnées n'a été exclue de l'étude, car aucune ne présentait de troubles mentaux au test *MINI* ;
- le groupe sensible (MPRS) ne différait pas du groupe témoin dans son aptitude à détecter l'exposition aux champs électromagnétiques ;
- sur les 11 personnes du groupe « sensibles » (MPRS), 3 se déclaraient EHS ;
- les personnes du groupe MPRS avaient un temps de réaction significativement plus long que les témoins ($p < 0,001$). Elles ont également été plus lentes après les expositions qu'avant, sans qu'il y ait de différence entre les deux groupes sur ce point ;
- de même, l'étude n'a montré aucune différence entre les deux groupes quant aux variations induites par l'exposition au niveau du système nerveux autonome ;
- le groupe MPRS a manifesté de façon persistante plus d'inconfort, qu'il soit ou non exposé aux champs EM, ceci en dépit du manque de changements significatifs dans les fonctions du système nerveux autonome ;
- aucune différence significative n'a été observée entre les deux groupes en ce qui concernait les cinq caractéristiques de personnalité, avec cependant une légère tendance à une amabilité moindre chez les femmes symptomatiques que chez les témoins ($30,36 \pm 1,0$ versus $33,00 \pm 0,84$, $p < 0,10$) ;
- au test POMS, les femmes du groupe MPRS ont obtenu des scores significativement plus élevés que les témoins aux échelles tension-anxiété ($p < 0,005$), colère-hostilité ($p < 0,001$), fatigue ($p < 0,01$) et confusion ($p < 0,05$), ainsi qu'un score moins élevé à l'échelle de vigueur ($p < 0,05$), sans différence significative à l'échelle dépression ;
- les scores de fatigue et de confusion obtenus au test POMS, ont été significativement plus élevés et celui de vigueur significativement moins élevé après exposition qu'avant, quelles qu'aient été les conditions d'exposition et le groupe, avec un effet séquence très significatif,

ce qui suggérait que les changements d'humeur étaient dus au déroulement de l'expérimentation et non aux effets des expositions.

Le protocole est rigoureux et l'exposition est contrôlée et reproductible. Les données suggèrent que dans les conditions testées, les deux groupes n'ont pas différé quant à leurs réponses à l'exposition ou non aux champs électromagnétiques ou l'exploration de la réponse du système nerveux autonome. Le groupe MPRS ne semble pas présenter de sensibilité particulière à l'exposition aiguë aux radiofréquences. Les auteurs ont noté que leurs résultats étaient compatibles avec ceux d'autres études montrant que les personnes MPRS ne présentaient pas de sensibilité ni de capacité de détection particulière des radiofréquences, mais étaient plus sensibles au stress imposé par la performance lors de l'exécution d'une tâche (*cf.* résultats précédents de : (Rubin, Das Munshi, and Wessely 2005, Rubin *et al.* 2006b, Wilén *et al.* 2006, Hietanen, Hämäläinen, and Husman 2002, Lyskov, Sandström, and Mild 2001a)).

Les tests psychologiques sont nombreux, classiques et bien validés, ils couvrent un large champ de fonctions mentales. Ils montrent que des femmes se déclarant sensibles aux radiofréquences de la téléphonie mobile ne présentent ni trouble mental caractérisé, ni trouble de la personnalité, mais des troubles de l'humeur et un ralentissement des temps de réaction. Toutefois, en raison du petit nombre de personnes MPRS incluses dans l'étude de provocation ($n = 11$) et du fait que, comme dans les études précédentes, seuls les effets d'une exposition aiguë ont été mesurés, ces résultats doivent être considérés avec prudence. Ils demandent à être répliqués, notamment ceux obtenus avec les tests *MINI* et *NEO-FFI*.

Wallace *et al.* (2010 et 2012) ont réalisé une étude de provocation en double aveugle sur une même population, qui a donné lieu à deux articles. L'étude s'intéressait aux effets d'une exposition de courte durée à un signal d'une station de base du système TETRA¹⁴⁸ utilisé dans la police et les services d'urgence sur la santé et le bien-être de policiers. Chaque article décrit les résultats concernant des paramètres différents. L'exposition effectuée dans une chambre semi anéchoïque blindée consistait en un signal entretenu de $420 \pm 12,5$ Hz. Le DAS calculé pour une personne standard de 70 kg et de $1,9 \text{ m}^2$ de surface cutanée était de $271 \mu\text{W}/\text{kg}$. La puissance était en moyenne de $10 \text{ mW}/\text{m}^2$ sur la surface où le patient était assis. Le protocole comprenait 3 sessions d'exposition séparées chacune par au moins une semaine (session 1 : 1 x 15 minutes et 2 x 5 minutes, sessions 2 et 3 : 1 x 50 minutes). Le protocole était celui d'un test de provocation en double aveugle, évaluant les effets du signal TETRA *versus* une exposition factice chez des personnes se déclarant EHS ($n = 48$, âge moyen = 42 ± 16 ans, 29 femmes) et des témoins ($n = 132$, âge moyen = 41 ± 19 ans ; 67 femmes) comparables en ce qui concerne l'âge et le genre. Les participants ont été recrutés à travers une annonce dans la presse locale, nationale et spécialisée (santé), des lettres d'invitation, des recommandations et un site internet. Ils ont reçu un dédommagement financier pour leur participation. Toutes les personnes se déclarant EHS ont été considérées comme telles ; leur classement ne se fonde pas sur le score obtenu au questionnaire d'hypersensibilité électromagnétique d'Eltiti *et al.* (2007a). Au cours de trois sessions différentes (15 minutes d'exposition, 2 minutes de « *washout* ») les participants ont d'abord été exposés de manière « ouverte » (pas en aveugle), puis alternativement exposés ou non au signal TETRA dans un ordre aléatoire et en double aveugle.

Wallace *et al.* (2010) ont exploré la fréquence cardiaque extrapolée à partir des mesures de pression sanguine et de la conductance cutanée à l'aide de micro-capteurs fixés sur le majeur de la main non dominante. Les résultats de l'étude étaient les suivants :

- aucun groupe n'a détecté le signal TETRA autrement que par hasard (50 %, test de corrélation de Pearson) ;
- lors de la phase d'exposition « ouverte », les personnes se déclarant EHS ont dit se sentir plus mal et ont présenté des symptômes plus sévères pendant l'exposition TETRA, par comparaison à l'absence de signal ;

¹⁴⁸ Cf. note de bas de page n° 140.

- cependant, aucune différence objective n'a été enregistrée entre le groupe se déclarant EHS et le groupe témoin sur aucune des mesures réalisées pendant l'exposition au signal TETRA ou en l'absence de signal ;
- la seule différence entre les témoins et les personnes se déclarant EHS se traduisait par une fréquence cardiaque plus élevée chez ces derniers durant l'exposition. Cependant, cette différence n'a été retrouvée que pour la partie « ouverte » de l'étude et non lors de l'étude randomisée (en double aveugle) (Wallace *et al.* 2010).

L'article de Wallace *et al.* (2012) est consacré aux résultats des tests cognitifs concernant la mémoire à court terme (*WAIS-F*, *WAIS-R*, *B-span test*), la mémoire de travail (*OSPAN*) et l'attention (*Letter Cancellation Task*). Après application de critères d'exclusion, les données comportementales ont été analysées sur 36, 43 et 48 personnes se déclarant EHS et 107, 125 et 129 témoins. Les résultats de l'étude ont été les suivants :

- les résultats n'ont montré aucun effet significatif de l'exposition TETRA sur la mémoire de travail, la mémoire à court terme ou l'attention, et ceci quel que soit le groupe (témoins ou EHS) ;
- il n'y avait pas de différence de réponse de la fréquence cardiaque ou de la conductance cutanée entre les deux périodes d'exposition, tant chez les personnes se déclarant EHS que chez les témoins (Wallace *et al.* 2012).

Les auteurs ont conclu que chez les personnes se déclarant EHS, les symptômes perçus étaient davantage dus au fait d'être avertis de l'exposition qu'à l'exposition elle-même. Ces résultats sont en accord avec ceux observés par le même groupe utilisant les signaux GSM et UMTS (Eltiti *et al.*, 2009, voir ci-dessus) sur les mêmes personnes. Il convient de souligner la qualité de la méthode expérimentale et celle de l'analyse statistique avec en particulier un échantillon de taille respectable ayant fait l'objet d'un calcul *a priori*. Les groupes témoin et hypersensible sont statistiquement comparables lorsque l'on considère l'âge, le délai séparant les différentes sessions, la répartition de la population hommes/femmes et certains critères de morbidité. Seul le critère « propension au mal de tête » est jugé plus important chez les personnes hypersensibles ($p < 0,001$), quelle que soit l'exposition.

Les analyses statistiques sont menées de façon rigoureuse en utilisant des tests particulièrement résolutoires et adaptés (utilisation de la correction de Bonferroni) lors des comparaisons intra et inter groupes. À noter cependant que dans cette étude, le score symptomatique moyen des personnes se déclarant EHS était seulement de 5,92 (page 739, 2^{ème} colonne de l'article), il n'y a pas de score minimum pour sélectionner les personnes se déclarant EHS, ce qui est en contradiction avec le principe même du questionnaire d'hypersensibilité électromagnétique d'Eltiti *et al.* (2007a).

Exposition aux basses fréquences

McCarty *et al.* (2011) ont étudié les effets des basses fréquences sur les symptômes et sur différents paramètres physiologiques chez une personne se déclarant EHS. L'objectif de cet article était de rechercher des preuves directes que l'exposition aiguë à un champ électromagnétique pouvait induire des réactions somatiques. Dans cette publication, une seule personne a été exposée à deux séries de 15 ou 20 brèves expositions (100 secondes chacune) à des champs électriques 60 Hz d'intensité 300 V/m en mode entretenu (dit « continu ») ou pulsé. Cette étude de provocation a été réalisée en double aveugle et plusieurs paramètres physiologiques ont été analysés. La personne devait évaluer l'intensité de la douleur ressentie (trois niveaux : nul, moyen, fort) à différentes localisations sur le corps (mâchoire, oreilles, douleur localisée dans la tête (temporal), douleur diffuse dans la tête, contraction musculaire (cou, dos, hanche)). En parallèle, la qualité du sommeil a été analysée *via* un EEG. Une IRM et des dosages sanguins ont été effectués pour évaluer l'état de santé général de la personne participant à ces tests. Les analyses sanguines (hormones et métabolites) n'ont pas montré d'altération particulière. La personne testée ne présentait pas non plus de troubles du sommeil importants, si ce n'est un sommeil agité et fragmenté (les résultats ne sont pas détaillés dans l'article). En revanche, l'IRM a montré que la patiente présentait des troubles légers du développement au niveau du cerveau (dysplasie corticale et polygyrie). Lors de l'exposition aux champs extrêmement basses fréquences, en cas

d'apparition de symptômes, la disparition de ces derniers était attendue avant toute nouvelle session d'exposition. Les résultats obtenus ont été les suivants :

- la personne n'a pas perçu consciemment quand elle était exposée. En revanche, l'apparition des symptômes ressentis semblait être statistiquement corrélée à l'exposition ;
- les maux de tête ont été les principaux symptômes autorapportés et leur intensité augmentait lors d'une exposition aux ondes en mode pulsé par rapport à une exposition en mode entretenu ;
- la personne a également rapporté des contractions musculaires suite à l'exposition aux ondes (McCarty *et al.* 2011).

Ce travail est original, mais il ne comporte qu'une seule personne qui présente des altérations morphologiques du cortex cérébral. Il y a peu de séries d'exposition et lors de la seconde série, les chercheurs ont réalisé deux fois plus d'expositions réelles que factices, ce qui peut induire un biais statistique. En effet, la personne testée ayant tendance à se déclarer exposée (elle se trompe presque systématiquement sur une série d'expositions factices où elle déclare être exposée), le fait de la soumettre à davantage d'expositions réelles tend à augmenter artificiellement le nombre de réponses justes. Les résultats auraient mérité d'être vérifiés avec plusieurs séries d'expositions réelles et factices. Il s'agit là d'un problème de *design* expérimental, qui induit des biais et une possibilité d'artéfact lors de l'analyse statistique. En l'absence de tout travail de réplication, le fait que les données ne concernent qu'un effectif limité à une seule personne, associé à un protocole expérimental assez minimaliste ne permet pas d'exclure que le hasard puisse être impliqué dans ces résultats. Il pose néanmoins la question de la perception des champs électromagnétiques basses fréquences par l'être humain (*cf.* 5.3.2.3).

Cet article a généré une polémique entre les groupes de Rubin (Rubin, Cleare, and Wessely 2012a, 2012b) et McCarty (Marino, Carrubba, and McCarty 2012) et d'autres (Coggon 2012), *via* des lettres à l'éditeur.

Köteles *et al.* (2013a) ont réalisé une étude de provocation en double aveugle sur 29 personnes se déclarant EHS (16 hommes, 13 femmes) et 42 témoins (22 hommes, 20 femmes) d'âge compris entre 25 et 30 ans. Les personnes ont été exposées à un champ magnétique à 50 Hz (500 μ T) au niveau de la main droite au cours de 20 sessions (10 réelles et 10 factices) d'une minute, séparées par une période de « repos » de 30 secondes. Les participants ont complété plusieurs questionnaires (sur les symptômes attendus, la *SomatoSensory Amplification Scale (SSAS)*¹⁴⁹ et sur les préoccupations de santé liées à la vie moderne (*Modern Health Worries*¹⁵⁰, *MHW*)). À l'issue de chaque session, ils ont été interrogés pour savoir s'ils percevaient la présence de champs électromagnétiques. Leur rythme cardiaque et différents indices de variabilité cardiaque (fréquence cardiaque, déviation standard de la moyenne des intervalles des pics RR : SDNN, haute et basse fréquences HF et LF, et rapport LF/HF mesurant la balance sympathovagale) ont également été calculés. Un indice *d'*, calculé dans le cadre de l'application de la théorie de la détection du signal, a aussi été calculé pour mesurer la performance de détection des champs électromagnétiques. Les principaux résultats ont été les suivants :

- une meilleure perception des champs magnétiques par les personnes se déclarant EHS (nombre moyen de bonnes réponses égal à $5,97 \pm 1,72$ et celui des fausses égal à $4,90 \pm 1,21$) que par les témoins (nombre de bonnes réponses égal à $4,45 \pm 2,35$ et celui des fausses égal à $3,90 \pm 2,24$). Bien que cette différence ait été significative, les auteurs ont estimé que, dans leur ensemble, les résultats des deux groupes étaient trop proches les uns des autres (moyennes des indices *d'* égales à $0,225 \pm 0,751$ dans le groupe témoin et à $0,296 \pm 0,634$ dans le groupe se déclarant EHS) pour considérer qu'il y avait des

¹⁴⁹ Cf. Annexe 7, p314.

¹⁵⁰ Cf. Annexe 13 : p324.

différences notables dans les capacités de détection des deux groupes. De plus, ces résultats ont été obtenus après élimination d'un témoin dont les performances de détection étaient presque parfaites ($d' = 3,61$) ;

- des scores sur les symptômes attendus (SSAS) et les préoccupations de santé liées à la vie moderne (MHW) plus élevés chez les personnes se déclarant EHS ;
- en ce qui concernait la variabilité de la fréquence cardiaque :
 - il n'existait pas de différence entre les personnes se déclarant EHS et les témoins avant le début des sessions ;
 - il n'y avait pas de différence significative au niveau de la fréquence cardiaque ou de sa variabilité (HRV) entre les périodes d'expositions factices et réelles ;
 - deux paramètres de la variabilité cardiaque (à savoir la SDNN et l'énergie de la bande HF) semblaient significativement associés à la perception correcte ou non de l'exposition au champ magnétique 50 Hz reflétant, selon les auteurs, un lien direct entre la capacité à percevoir correctement les champs électromagnétiques et la modulation vagale de la fréquence cardiaque (Köteles *et al.* 2013a).

Le protocole expérimental de cette étude, qui multiplie les périodes d'exposition réelles et factices est intéressant. En revanche, la méthode d'analyse spectrale de la variabilité cardiaque (HRV) n'est pas décrite et pose *a priori* problème en raison de la faible durée de chaque session d'enregistrement des données (1 minute) ne permettant (normalement) pas une analyse fréquentielle, qui requiert habituellement chez l'être humain, selon les recommandations en vigueur, des séries d'au moins 512 valeurs consécutives et équidistantes, soit environ 4 minutes d'enregistrement. Enfin, il est impossible d'affirmer l'existence d'une relation positive entre perception et activité vagale sur la base des paramètres choisis, puisque la SDNN est une mesure globale de la variabilité cardiaque et que l'activité vagale n'est pas le seul déterminant de l'énergie de la bande HF, qui dépend également de la fréquence et du volume courant¹⁵¹ respiratoires, c'est-à-dire de paramètres non contrôlés dans cette étude. Basée à la fois sur la réponse à plusieurs questionnaires validés et des enregistrements ECG, cette étude semble bien menée. Elle aboutit à des résultats similaires à ceux déjà obtenus dans plusieurs études de provocation, à savoir l'absence de symptômes clairement imputables aux champs électromagnétiques. Elle laisse ouverte la question de la perception des champs magnétiques par les personnes se déclarant EHS (cf. 5.3.2.3).

C'est la raison pour laquelle les auteurs ont répliqué leur étude (Szemerszky *et al.* 2015). Sur la base des résultats antérieurs, le calcul préalable des effectifs nécessaires à l'obtention d'une différence significative entre les deux groupes était de 44 pour chaque groupe. En fait, 49 personnes se déclarant EHS (24 hommes et 25 femmes, âge moyen = 34,8 ans) et 57 témoins (32 hommes et 25 femmes, âge moyen = 35,4 ans) ont été inclus et soumis au même protocole que dans l'étude précédente :

- dans le groupe se déclarant EHS, le nombre moyen de bonnes réponses a été de $5,61 \pm 1,97$, celui des fausses de $4,71 \pm 2,27$ et l'indice d' a été significativement différent de zéro ($p = 0,038$) ;
- dans le groupe témoin, le nombre de bonnes réponses a été de $4,16 \pm 2,02$, celui des fausses de $3,84 \pm 2,14$ et l'indice d' n'a pas été significativement différent de zéro ($p = 0,20$) ;
- par ailleurs, les symptômes des personnes se déclarant EHS étaient associés aux résultats des tests concernant les préoccupations de santé liées à la vie moderne (MHW) et l'amplification somatosensorielle (SSAS), mais n'étaient pas corrélés aux performances de détection.

¹⁵¹ Le volume courant est le volume d'air qui entre dans les poumons lors d'une inspiration.

Après avoir analysé soigneusement les limites de leur étude, les auteurs ont conclu que les personnes se déclarant EHS pourraient être capables, dans une faible mesure, de détecter les champs magnétiques.

6.2.1.2.3 Études de provocation s'intéressant spécifiquement au système nerveux autonome

Exposition aux radiofréquences

Nam *et al.* (2009) ont réalisé une étude de provocation en simple aveugle sur les effets de l'émission d'un téléphone mobile (exposition factice ou réelle : DAS constructeur = 1,22 W/kg, signal entretenu sinusoïdal, fréquence 835 MHz, puissance max : 300 mW, temps réel d'exposition de 31 minutes), chez 37 personnes, dont 18 se déclarant sensibles aux téléphones mobiles de type CDMA et 19 témoins d'âge et de genre comparables. De nombreux paramètres ont été mesurés (ECG, variabilité sinusale, fréquence respiratoire, réponses sympathiques cutanées (RSC), ainsi que le recueil de 9 symptômes toutes les 5 minutes durant l'exposition). Les résultats ont montré :

- une absence d'effet de l'exposition aux radiofréquences sur les fréquences cardiaque et respiratoire ;
- une absence d'effet spécifique de l'exposition aux radiofréquences sur la variabilité sinusale et en particulier sur le rapport LF/HF mesurant la balance sympathovagale ;
- une augmentation régulière du rapport LF/HF dans les deux groupes (EHS et non-EHS) lors de l'exposition factice, plus instable que lors de l'exposition réelle, mais sans différence entre les deux périodes d'exposition ;
- que le taux de réponses exactes en ce qui concerne la perception des champs électromagnétiques était plus élevé chez les personnes se déclarant EHS que chez les témoins lors de l'exposition réelle, alors que l'inverse est observé lors de l'exposition factice, ce qui suggère que les personnes se déclarant EHS sont davantage enclines à se croire exposées (Nam *et al.* 2009).

Il est dommage qu'il ne soit pas possible de connaître les éventuelles différences entre les personnes se déclarant EHS et les témoins pour le rapport LF/HF avant le début de l'exposition réelle ou factice puisque les valeurs absolues du rapport ne sont pas fournies et ont fait l'objet d'une normalisation. La méthodologie est très satisfaisante, bien détaillée, et comporte l'enregistrement de nombreux paramètres. Les données de réponses sympathiques cutanées ne sont pas analysables, car elles sont influencées par la réponse aux questionnaires multiples durant les deux séquences d'exposition (factice et réelle). Les auteurs soulignent d'ailleurs l'inadéquation de l'usage de la RSC pour mettre en évidence un effet des radiofréquences sur le système nerveux autonome (méthode hautement variable et non reproductible).

Kwon *et al.* (2011) ont réalisé une étude croisée, en double aveugle, en exposant aux radiofréquences deux populations de petite taille : 10 personnes se déclarant EHS (sélectionnées selon un score minimum de 26/227 sur l'échelle de Eltiti *et al.*, 2007a) et 10 témoins d'âge comparable. Les participants ont été exposés à deux sessions d'exposition (réelle et factice) de 32 minutes aux radiofréquences (signal WCDMA dans des conditions d'exposition bien contrôlées, $DAS_{1g} = 1,57$ W/kg). Il s'agissait d'étudier les effets de l'exposition sur le système cardiovasculaire et le système nerveux autonome (SNA). La fréquence respiratoire et la fréquence cardiaque (ECG) ont été enregistrées pendant l'exposition. Pour le SNA, la technique utilisée est l'analyse fréquentielle de la variabilité sinusale à partir de l'ECG. Les principaux résultats ont été les suivants :

- il n'existait pas de différence entre témoins et personnes se déclarant EHS lors des deux sessions ;
- il existait des variations significatives du rapport LF/HF de la fréquence cardiaque au cours des deux périodes d'exposition (réelle ou factice), mais uniquement chez les témoins et elles n'étaient pas liées à l'exposition aux radiofréquences (Kwon *et al.* 2011).

Il s'agit d'un bon travail sur le plan méthodologique, mais dont la présentation reste un peu trop simplifiée du fait d'un format adapté à la publication d'une communication réalisée dans le cadre d'un congrès. L'analyse fréquentielle de la variabilité sinusale à partir de l'ECG par exemple, la largeur et le positionnement des bandes d'intérêt, ainsi que la méthode d'analyse ne sont pas précisées. Le délai entre les deux sessions n'est pas précisé, un éventuel effet de report (« *carry-over* ») n'a pas été étudié. Les résultats sont correctement analysés sur le plan statistique. Cependant, la normalisation des valeurs ne permet pas de repérer d'éventuelles différences dans les niveaux de base du rapport LF/HF entre personnes se déclarant EHS et témoins. Par ailleurs, on ne peut s'assurer de la comparabilité des participants au début de chaque session.

Kwon *et al.* (2012b)¹⁵² ont étudié les effets de l'émission de téléphones mobiles de type WCDMA chez des personnes se déclarant EHS (n = 17, âge moyen = 30 ans, 8 hommes/9 femmes) et des témoins (n = 20, âge moyen = 29 ans, 11 hommes/9 femmes) comparables pour le genre et l'âge. Il s'agit d'une étude de provocation comportant une exposition factice et une exposition réelle, d'une durée de 32 minutes, en double aveugle. Le choix initial des personnes se déclarant EHS s'est fait selon le protocole de Eltiti (Eltiti *et al.* 2007b) : une personne se déclarant EHS étant considérée comme telle lorsque son score était supérieur à 26. Dans cette étude, la moyenne des scores était de 54 pour ces personnes et de 9 pour les témoins. L'expérience a été conduite avec un téléphone factice contenant un module WCDMA (puissance moyenne : 24 dBm à 1 950 MHz, DAS = 1,57 W/kg) placé à 3 mm de l'oreille et fixé par un bandeau élastique ; l'exposition était contrôlée. Chacune des deux sessions de test (espacées de 1 à 10 jours) durait 64 minutes (dont 15 minutes de pré-exposition, 32 minutes d'exposition aux champs électromagnétiques ou exposition factice, 16 minutes post-exposition). Les paramètres étudiés étaient les fréquences cardiaque et respiratoire, la variabilité sinusale (enregistrées avant, pendant et après l'exposition), ainsi que huit symptômes subjectifs (vomissements, démangeaisons, chaleur, fatigue, maux de tête, nausées, étourdissements, palpitations) et la perception des radiofréquences pendant l'exposition réelle ou factice. Les résultats ont été les suivants :

- aucune différence n'a été observée entre les réponses des personnes se déclarant EHS et les témoins, tant en ce qui concerne la symptomatologie fonctionnelle que la perception de l'exposition, et ce, quelle que soit la nature de l'exposition (réelle ou factice) ;
- une absence de différence entre personnes se déclarant EHS et témoins pour la fréquence cardiaque et la fréquence respiratoire avant l'exposition ;
- une absence de variation de la fréquence cardiaque ou respiratoire pendant l'exposition réelle ou factice pour les personnes se déclarant EHS et témoins ;
- une augmentation significative pendant les deux périodes expérimentales de la variabilité sinusale (rapport LF/HF), qui n'est pas différente en fonction du type d'exposition (réelle ou factice) ou selon le groupe (EHS et témoins), suggérant qu'il s'agirait d'un effet non spécifique, lié au protocole expérimental.

Les auteurs ont conclu que ni les témoins ni les personnes se déclarant EHS ne percevaient les champs électromagnétiques et que les effets des champs électromagnétiques sur les paramètres mesurés au cours de cette expérience étaient inexistantes (Kwon *et al.* 2012b).

Il s'agit d'une expérience très bien menée, en double aveugle, avec un effectif correct bien que limité. Le protocole est clair et bien décrit. La principale limite réside dans la sélection des personnes se déclarant EHS, qui a bien été faite selon le protocole d'Eltiti, mais sans recherche d'une éventuelle corrélation entre l'ampleur de l'électrohypersensibilité et les éventuels troubles physiologiques. Il est impossible de savoir s'il existe des différences de variabilité sinusale entre les deux groupes avant l'exposition, car les valeurs absolues du seul paramètre étudié (rapport LF/HF) ne sont pas disponibles.

Havas *et al.* (2010) ont réalisé une étude de provocation bicentrique visant à étudier les effets d'un téléphone sans fil (2,4 GHz) sur la pression artérielle, l'électrocardiogramme et la variabilité

¹⁵² Ce travail a fait l'objet d'une publication dans les actes d'un congrès (Kwon *et al.* 2012c).

sinusale chez 25 volontaires (80 % de femmes et environ 50 % de personnes obèses ou en surcharge pondérale), dont 40 % se déclarent EHS. L'idée générale défendue par les auteurs est que la mesure des capacités d'adaptation lors d'un test simple comme l'orthostatisme permettrait de prédire l'existence d'une EHS. Ainsi, les personnes ayant les capacités d'adaptation faibles seraient plus susceptibles de ressentir les champs électromagnétiques et de présenter des modifications physiologiques notables lors d'une exposition (Havas *et al.* 2010).

L'analyse des résultats, difficilement compréhensible, mêle un score de prédiction incluant les réponses physiologiques à l'orthostatisme et les modifications de ces mêmes paramètres lors de l'exposition aux champs électromagnétiques. L'ensemble fait appel à des scores et à des catégories qui n'ont jamais fait l'objet d'une validation. Les valeurs absolues des paramètres mesurés ne sont pas disponibles. Par ailleurs, l'absence d'objectif clair, d'analyse statistique adaptée et de validation éthique rendent les résultats discutables d'autant plus que les méthodes employées, en particulier pour l'analyse de la variabilité sinusale, sont obscures. Certains participants inclus dans ce travail souffrent d'affections diverses, dont certaines (diabète, hypertension artérielle, anxiété, dépression, etc.) sont connues pour être associées à des anomalies du SNA et reçoivent sans doute des médicaments non décrits mais susceptibles de modifier l'activité de ce dernier. Enfin, il s'agit d'un article non référencé dans *PubMed*, publié dans une monographie consacrée aux effets des champs électromagnétiques sur les organismes vivants. Il n'y a pas de comité de lecture pour les articles de cette publication.

Havas *et al.* (2013) ont ensuite publié un article qui ne sera pas commenté (Havas and Marrongelle 2013), car il a fait l'objet d'une rétractation¹⁵³ par l'éditeur du journal pour non-respect des règles de conformité administrative (Havas and Marrongelle 2014).

Les experts du groupe de travail de l'Anses ont également pris connaissance de l'étude iranienne de Mortazavi *et al.* (2011a) sur l'effet des champs électromagnétiques émise par les téléphones mobiles. Dans un premier temps, 700 étudiants (18-35 ans) en médecine ont reçu une information leur indiquant que l'utilisation du téléphone mobile pouvait être associée à des problèmes de concentration et des maux de dos. Ils ont ensuite répondu à un questionnaire auto-administré sur les symptômes qu'ils pouvaient parfois ressentir (vertiges, maux de tête, etc.), en précisant leur fréquence (jamais, de temps en temps, souvent, toujours). Cinquante-deux étudiants se sont déclarés sensibles aux champs électromagnétiques. Ceux qui avaient des symptômes potentiellement attribuables au téléphone mobile d'après les auteurs de l'étude (problèmes de concentration et douleurs dorsale), ont ensuite été considérés EHS. Parmi ces derniers (n = 28), 20 ont accepté de remplir le formulaire de consentement éclairé pour participer à l'étude de provocation (Mortazavi *et al.* 2011a). L'article ne détaille pas le protocole d'exposition (fréquence, niveau, banc de test, etc.) ni les tests réalisés (pression sanguine, respiration et rythme cardiaque). Le nombre de personnes considérées EHS incluses dans l'expérience (n = 20) est faible, et les analyses statistiques ne mettent pas en évidence de résultat significatif. Au final, l'article n'est pas informatif.

L'article de Tuengler *et al.* (2013) ne présente pas de réels résultats scientifiques étayés par des expériences méthodologiquement rigoureuses, mais analyse les résultats négatifs obtenus par d'autres auteurs, formule une hypothèse et propose des critères phénotypiques sensés permettre de caractériser l'EHS. Parmi ces critères figure la quantification simultanée des harmoniques lors d'une analyse fréquentielle de la variabilité sinusale en utilisant la transformée rapide de Fourier (FFT), de l'amplitude des variations de conductances électrodermales et de la fréquence des oscillations de la microcirculation. Ainsi, l'hypothèse des auteurs est qu'en l'absence de l'exposition aux champs électromagnétiques, il n'y a pas de différence entre personnes se déclarant EHS et témoins. En revanche, les modifications surviendraient lors de l'exposition avec, chez les personnes se déclarant EHS, une augmentation du nombre d'harmoniques sur l'analyse par FFT de l'ECG, une réduction de l'amplitude des variations de la fréquence cardiaque dans le

¹⁵³ Le détail de cette rétractation peut être consulté sur le lien :

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25356664>.

domaine temporel et une réduction des oscillations de basse fréquence de la microcirculation. L'ensemble de ces modifications phénotypiques reflèterait un impact particulier des champs électromagnétiques sur l'activité du système nerveux autonome.

En soi, l'hypothèse mérite d'être examinée, surtout en l'absence de méthode validée pour le diagnostic de l'EHS. Cependant, il convient de faire un certain nombre de remarques portant sur les critères choisis et leurs rapports avec le SNA, ainsi que sur les éléments manquants permettant de valider l'hypothèse. Concernant le premier point, la quantification des harmoniques sur l'analyse par FFT de la variabilité sinusale n'a jamais été validée comme un paramètre qui traduit le fonctionnement du SNA. D'ailleurs, le positionnement de ces harmoniques sur les tracés présentés dans l'article (entre 1 et 12 Hz) sort totalement des gammes fréquentielles attribuées au SNA¹⁵⁴. En fait, il s'agit d'harmoniques du signal cardiaque (pic spectral normal autour de 1 Hz pour la composante principale), sans relation avec la modulation de la variabilité sinusale par le SNA. L'analyse de la variabilité dans le domaine temporel des séries d'intervalles R-R de la fréquence cardiaque indiquerait une réduction des capacités adaptatives de la réponse cardiaque à une stimulation. Proposer l'utilisation de ces paramètres pour poser le diagnostic d'EHS suppose un minimum de validation clinimétrique¹⁵⁵ de ces outils diagnostiques, ce qui n'a jamais été réalisé.

Exposition à un champ magnétique basse fréquence

Lyskov *et al.* (2001a) ont réalisé une étude de provocation chez des personnes se déclarant EHS (n = 20) et des témoins (n = 20) d'âge (environ 45 ans) et de genre (15 hommes et 5 femmes dans chaque groupe) comparables (voir aussi Lyskov *et al.* (2001b) présentée au § 7.4.3). Les participants étaient soumis de façon randomisée, mais en simple aveugle, à une exposition intermittente avec des cycles de 15 secondes à un champ magnétique : (60 Hz, 10 µT), en 4 séquences : exposition réelle ou factice au repos et lors d'une épreuve de calcul mental. De multiples paramètres étaient enregistrés : EEG, potentiels évoqués visuels, conductances cutanées, pression artérielle, fréquence cardiaque et variabilité sinusale. Les résultats ont indiqué :

- des différences entre les personnes se déclarant EHS et les témoins, au repos en dehors de toute exposition aux radiofréquences. Ces différences étaient les suivantes :
 - une fréquence cardiaque plus élevée chez les personnes se déclarant EHS que chez les témoins ;
 - une valeur du rapport entre les basses et hautes fréquences (LF/HF) de la variabilité sinusale de la fréquence cardiaque plus petite chez les personnes se déclarant EHS que chez les témoins ;
- l'absence d'effet différentiel d'une exposition aux radiofréquences sur ces paramètres, tant au repos que lors du calcul mental, entre les deux groupes (Lyskov, Sandström, and Mild 2001a).

Si le protocole expérimental est intéressant, il est à noter plusieurs imperfections. La variabilité sinusale a été analysée dans le domaine spectral, mais en utilisant des bandes d'analyse non standard et sans vérification de la stabilité du signal. Il est impossible de savoir à quoi attribuer les différences du rapport LF/HF en l'absence de données quantifiées de l'énergie des bandes HF et LF. Par ailleurs, il est paradoxal que la valeur du rapport LF/HF diminue lors du calcul mental, alors qu'il s'agit d'un test d'activation sympathique donc sensé aboutir à une augmentation de ce rapport. Cette activation sympathique est d'ailleurs visible sur les données de conductance électrodermale, qui est au moins doublée lors du calcul mental. Quoi qu'il en soit, la pertinence des

¹⁵⁴ Gammes fréquentielles attribuées au SNA : 0,15-150 mHz pour la bande des basses fréquences reflétant à la fois la modulation sympathique et parasympathique sur le nœud sinusal et 150-400 mHz pour les bandes de hautes fréquences reflétant l'activité parasympathique et dont le positionnement dépend de la fréquence respiratoire.

¹⁵⁵ Une validation clinimétrique nécessite une évaluation statistique et métrologique des performances cliniques (répétabilité, sensibilité, spécificité, valeurs prédictives positives et négatives, etc.).

différences montrées entre les personnes se déclarant EHS et les témoins s'avère limitée par la faible taille de l'échantillon et l'absence de calcul *a priori* du nombre de participants nécessaires pour avoir une puissance statistique calculée suffisante. Enfin, l'environnement radioélectrique général est insuffisamment précisé.

Kim *et al.* (2012) ont évalué, en double aveugle, les effets de l'exposition à un champ magnétique (12,5 μ T) pendant 30 minutes chez des personnes se déclarant EHS sensibles au téléphone mobile et aux extrêmement basses fréquences ($n = 15$) et des témoins ($n = 16$). Les fréquences respiratoire et cardiaque, ainsi que la variabilité sinusale, ont été enregistrées en utilisant des méthodes appropriées. Les valeurs du rapport LF/HF ont été normalisées pour évaluer l'impact de l'exposition au champ magnétique.

- les données basales des fréquences respiratoire et cardiaque, ainsi que du rapport LF/HF ne différaient pas entre les groupes ;
- l'exposition réelle ou factice au champ magnétique ne provoquait, ni chez les personnes se déclarant EHS, ni chez les témoins, de modification significative des fréquences cardiaque et respiratoire ;
- il existait une augmentation identique du rapport LF/HF chez les personnes se déclarant EHS et les témoins au cours de l'exposition réelle ou factice (Kim *et al.* 2012).

Cette étude, qui inclut un échantillon de petite taille, est bien menée. Elle met en évidence le fait que le champ magnétique ne provoque pas de modification spécifique des constantes physiologiques reflétant l'activité du système nerveux autonome chez des personnes se déclarant EHS.

6.2.1.2.4 Études de provocation s'intéressant spécifiquement aux fonctions cognitives

Les fonctions cognitives, au sens restrictif du terme, peuvent être classées en quatre catégories : attention, mémoire, fonctions instrumentales et fonctions exécutives. Parmi les plaintes et symptômes évoqués par les personnes se déclarant EHS, les troubles de l'attention et de la mémoire sont très fréquemment rapportés et ont fait l'objet de quelques d'études cliniques, à ce jour peu nombreuses.

La première étude à s'intéresser aux fonctions cognitives des personnes se déclarant EHS dans le cadre d'un travail sur les effets d'une exposition à une station de base sur le bien-être et la cognition, est celle de Zwamborn *et al.* (2003), appelée l'étude « TNO » (*Netherlands Organization for Applied Scientific Research, Physics and Electronics Laboratory*). Elle était novatrice, dans le sens où elle s'intéressait aux effets d'une exposition environnementale (en champ lointain) qui correspondait à la plainte des personnes se déclarant sensibles, alors que les études précédentes s'étaient attachées à modéliser une exposition aux téléphones mobiles, donc en champ proche. Il s'agissait d'une étude de provocation comparant deux groupes de personnes (âge : 18-75 ans), l'un rapportant des plaintes concernant les radiofréquences ($n = 24$, âge moyen = $55,7 \pm 12,0$ ans) et l'autre non ($n = 24$, âge moyen = $46,6 \pm 16,4$ ans). Deux types d'exposition ont été testés : un signal GSM (900 et 1 800 MHz, 0,7 V/m) et un signal de type UMTS (2 100 MHz, 1 V/m) qui était en développement à cette période. Pour l'exposition au signal UMTS, le DAS mesuré au niveau de la tête était de 0,068 mW/kg (0,078 mW/kg moyenné sur 10 g de tissu). Les fonctions cognitives ont été évaluées à l'aide d'une batterie de 5 tests (*Taskomat test*) mesurant le temps de réaction simple, la mémoire de travail (test de comparaison), l'attention visuelle sélective (*VERSUSAT*), l'attention auditive sélective et la capacité à filtrer des informations non pertinentes.

Aucun effet sur les fonctions cognitives n'a été observé quel que soit le signal RF. Les auteurs ont également conduit un questionnaire de bien-être (*well-being*) et un test de personnalité (*Big Five*, présenté en Annexe 13). L'exposition au signal UMTS a affecté le bien-être dans les deux groupes de personnes de manière significativement plus marquée chez celles se déclarant EHS après exposition au signal UMTS, ce qui n'a pas été le cas lors de l'exposition aux signaux GSM.

Ce rapport, clair et détaillé, a, de prime abord, l'apparence d'un bon travail scientifique. Cependant, il présente plusieurs défauts méthodologiques : utilisation sans justification d'une partie non validée d'un questionnaire de bien-être classique, nombre insuffisant de participants dans les deux groupes ($n = 24$, alors que les calculs préalables en prévoyaient 36), non

appariement des deux groupes pour l'âge, le genre, l'attention visuelle, etc. Les deux groupes diffèrent en âge, les témoins étant plus jeunes (groupe se déclarant EHS : âge moyen = 55 ans ; groupe non-EHS : âge moyen = 46 ans) et selon le genre (groupe se déclarant EHS : majorité de femmes, groupe non-EHS : majorité d'hommes), ce qui a pu influencer les résultats, notamment pour les réponses aux tests cognitifs qui varient clairement en fonction de l'âge.

Une étude destinée à confirmer ou infirmer ces résultats a été effectuée en Suisse quelques années plus tard (Regel *et al.* 2006), aboutissant à des résultats divergents. Regel *et al.* (2006) ont répliqué cette expérience en étudiant les effets d'un signal UMTS émis d'une station de base (exposition de 45 minutes, à 0, 1 ou 10 V/m) sur le bien-être et les performances cognitives en utilisant plusieurs tâches (SRT : *Simple Reaction Time Task* et CRT : *Two-Choice Reaction Time Task* (Koivisto *et al.* 2000a, Preece *et al.* 1999) ; 1-, 2-, 3- *back Task*, *N-back task* (Koivisto *et al.* 2000b) ; *VERSUSAT : Visual Selective Attention Task*, Zwamborn *et al.*, 2003, les 6 tâches étant toujours explorées dans le même ordre). Ces auteurs ont également proposé des questionnaires similaires à ceux de l'étude TNO (le questionnaire de qualité de vie modifié par Zwamborn *et al.*, 2003), en y ajoutant d'autres questionnaires (un questionnaire « maison » pour inclure d'autres facteurs potentiellement liés au bien-être tels que la durée de sommeil, la consommation d'alcool, etc.). Regel *et al.* ont inclus 33 personnes se déclarant EHS (*versus* 24 dans l'étude TNO) et 84 témoins (*versus* 24 dans l'étude TNO), avec autant d'hommes que de femmes dans chaque groupe et appariés pour l'âge et le genre entre les deux groupes. De plus, Regel *et al.* ont contrôlé la période de la journée où les tests et les questionnaires avaient lieu pour permettre d'éliminer les éventuels effets des rythmes circadiens (Waterhouse 2010) et l'effet cumulatif des expositions sur les performances et / ou les réponses des personnes (soit 4 sessions à une semaine d'intervalle), alors que dans l'étude TNO, les tests ont été réalisés sur un seul jour.

- Comme dans le rapport TNO, aucun effet significatif sur les performances cognitives n'a été rapporté. Seuls deux effets ont été observés pour l'exposition à 10 V/m :
 - une diminution du temps de réaction lors d'un test à deux choix au fil des sessions pour l'une des 6 tâches cognitives explorées (CRT: *Two-Choice Reaction Time Task*) chez les personnes se déclarant EHS (-20 ms ; $p = 0,005$), contrairement à ce qui était observé à 0 V/m et 1 V/m ;
 - une légère augmentation du nombre d'erreurs à l'épreuve *1-back task* (97,3 % de réponses justes *versus* 98,2 % pendant l'exposition factice ; $p = 0,046$) chez les témoins exposés par rapport aux non-exposés.

Cependant, d'après les auteurs, ces effets disparaissaient après ajustements statistiques multiples. Ainsi, l'étude de Regel *et al.* (2006) n'a mis en évidence aucun effet significatif d'un signal UMTS sur le bien-être :

- l'étude de Regel *et al.* n'a donc pas confirmé les résultats précédemment observés dans l'étude TNO. En effet, aucune relation entre le bien-être (QCD : *Questionnaire on Current Disposition*, 6 items; TNO-q ; QOF : *Questionnaire to include Other Factors*) et le niveau d'exposition n'a été observée, aussi bien chez les personnes se déclarant EHS que chez les témoins.

Le rapport 2009 de l'Anses avait déjà analysé l'étude de Regel *et al.* (2006) et l'avait considérée plus convaincante que le rapport TNO. Interrogé à ce sujet par l'Anses, la réponse de Zwamborn (du 20/03/2015) a été la suivante (traduction)¹⁵⁶ :

« Comme je l'ai déclaré moi-même à plusieurs reprises à l'époque, je considère que la recherche de 2003 [i.e. le rapport TNO] a été au mieux génératrice d'hypothèses. Je crois que mes efforts

¹⁵⁶ Citation originale de Zwamborn (du 20/03/2015): "As stated many times by myself in that period, I think that the 2003 research was hypothesis-generating at best. I do believe that my efforts to be open and engage in scientific debate at that time has been positive to others, like Regel *et al.*, to improve their research design. Without disregarding my own 2003-research, the follow-up research is scientifically improved as it should be in conducting science and therefore has more scientific value".

pour être ouvert et engagé dans un débat scientifique à ce moment-là ont été positifs pour d'autres, comme Regel et al., afin d'améliorer leur conception de la recherche. Sans négliger mes propres travaux de 2003, l'étude qui a suivi est scientifiquement meilleure, comme il se doit en sciences, et a donc plus de valeur scientifique ».

Depuis ces deux analyses, cinq nouvelles études de provocation se sont intéressées aux effets d'une exposition aux radiofréquences sur la cognition de personnes se déclarant EHS ou présentant des symptômes en lien avec une exposition au téléphone mobile. Les quatre premières sont présentées au § 6.2.1.2.2. Il s'agit des études de Wilén *et al.* (2006) ; Eltiti *et al.* (2009) ; Furubayashi *et al.* (2009) et Wallace *et al.* (2012).

Dans une dernière étude, Wiholm *et al.* (2009) ont exposé 19 témoins et 23 personnes présentant des symptômes spécifiques en lien avec l'usage du téléphone mobile (maux de tête, vertiges, douleurs ou inconfort au niveau de la tête), à l'aide d'une antenne émettrice placée à quelques centimètres du côté gauche de la tête (GSM 884 MHz, DAS_{10g} = 1,4 W/kg) pendant 2h30. Les participants (âge moyen = 29 ans, compris entre 18 et 45 ans) ont réalisé une tâche de navigation spatiale dans un test de piscine de Morris virtuelle avant et après l'exposition aux radiofréquences ou sans exposition (exposition factice). Dans cette étude en double aveugle et en *cross-over*, le paramètre mesuré était la distance parcourue pour rejoindre la plateforme invisible au cours de sept essais consécutifs d'apprentissage :

- aucune différence n'a été observée entre les groupes lorsque le test était réalisé avant l'exposition (factice ou réelle) ;
- en revanche, les auteurs ont observé une diminution significative de la distance traversée pour rejoindre la plateforme (amélioration des performances) après l'exposition aux radiofréquences par rapport à la condition sans exposition, uniquement chez les personnes symptomatiques. Ces dernières, qui présentaient un déficit léger en condition d'exposition factice, retrouvaient ainsi les valeurs des témoins (en conditions d'exposition factice ou réelle) après l'exposition aux radiofréquences.

Les auteurs ne fournissent aucune explication sur ce résultat qui évoque une amélioration de la mémoire spatiale dans le groupe symptomatique sous l'effet de l'exposition aux radiofréquences. Il est à noter que le groupe symptomatique comprenait plus de femmes (61 %) que le groupe témoin (37 %) : leurs performances dans ce type de test ont souvent été rapportées comme moins bonnes que celles des hommes (Driscoll *et al.* 2005, Nowak *et al.* 2014, Woolley *et al.* 2010, Sneider *et al.* 2015), ce qui pourrait expliquer les résultats obtenus en condition d'exposition factice dans le groupe symptomatique. Enfin, on ne peut pas exclure que l'absence d'effet de l'exposition aux radiofréquences chez les témoins soit liée à la facilité de la tâche et donc au protocole ne permettant pas de mettre en évidence une amélioration des performances (« effet plafond »).

Ainsi, ces études ont abordé divers aspects de la cognition, comme la mémoire de travail, la mémoire à court terme, la mémoire spatiale, l'attention, l'arithmétique mentale ou encore le temps de réaction. Les cinq études analysées, dont deux sont issues de la même équipe, montrent peu (Wiholm *et al.*, 2009) ou pas d'effet (Wilén *et al.*, 2006 ; Eltiti *et al.*, 2009 ; Furubayashi *et al.*, 2009 ; Wallace *et al.*, 2012) d'une exposition aiguë à des radiofréquences de type GSM, UMTS, W-CDMA et TETRA sur l'attention, la mémoire à court terme et la mémoire de travail, ainsi que la mémoire spatiale.

Cependant, le rapport de l'Anses sur l'exposition aux radiofréquences et la santé des enfants publié en 2016 avait conclu à un effet possible des radiofréquences sur les fonctions cognitives sur la base d'effets limités chez l'enfant et l'adolescent. Ainsi, deux études épidémiologiques rapportaient une amélioration de certaines fonctions cognitives après exposition au téléphone mobile et deux études expérimentales montraient des modifications de l'EEG associées à l'éveil actif, aux capacités d'attention et à des comportements focalisés (ondes *béta*), ainsi qu'à la mémoire, aux émotions et aux sensations (ondes *théta*).

En conclusion, ces résultats, cohérents avec ceux obtenus chez des témoins, semblent indiquer qu'il n'existerait pas de sensibilité particulière chez les personnes se déclarant EHS en ce qui concerne les effets d'une exposition aiguë aux radiofréquences sur les fonctions cognitives. Ainsi,

aucune donnée de la littérature ayant exploré de manière objective diverses fonctions cognitives après une exposition aiguë aux radiofréquences ne permet d'expliquer les plaintes des personnes se déclarant EHS concernant notamment la mémoire et l'attention. Par ailleurs, l'absence d'études scientifiques pour évaluer les effets d'une exposition prolongée ne permet pas de répondre à la question des effets chroniques potentiels des radiofréquences.

6.2.1.2.5 Études de provocation avec enregistrement EEG du sommeil

Arnetz *et al.* (2007) ont étudié les effets d'une exposition à un signal GSM à 884 MHz sur un enregistrement EEG du sommeil pratiqué une heure après la fin de l'exposition. Au total, 71 personnes âgées de 18 à 45 ans, dont 38 se déclarant EHS (22 femmes et 16 hommes) et 33 témoins (14 femmes et 19 hommes) ont été exposés à trois sessions de 3 heures : une session d'habituation, suivie de deux sessions d'exposition (réelle et factice, randomisées). Le dispositif d'exposition a été bien détaillé (assurant une exposition reproductible de 1,4 W/kg de l'hémisphère gauche). Après l'exposition, un enregistrement EEG a été effectué pendant leur sommeil. Pour l'ensemble des volontaires de l'étude, les résultats ont été les suivants :

- le temps de latence d'apparition du sommeil à ondes lentes delta (δ) caractérisant le stade 3 était plus long après exposition réelle qu'après exposition factice ($0,37 \pm 0,33$ heures *versus* $0,27 \pm 0,12$, $p = 0,0037$) ;
- la quantité (ou durée) de sommeil à ondes lentes caractérisant le stade 4 était plus petite après exposition réelle, qu'après exposition factice ($37,2 \pm 28$ *versus* $45,5 \pm 28$, $p = 0,0019$) (Arnetz *et al.* 2007).

Dans cette étude préliminaire un soin particulier a été apporté au recrutement des participants et les conditions d'exposition aux radiofréquences ont été bien contrôlées. Cependant, les conditions d'enregistrement ne sont pas précisées : température, humidité relative de l'air, activité des participants avant de se coucher, etc. *A posteriori*, les modifications de la macrostructure du sommeil mises en évidence pour l'ensemble des volontaires de cette étude n'ont pas été retrouvées chez des témoins dans des études ultérieures citées au § 7.5.6.2 (Danker-Hopfe *et al.* 2011, Loughran *et al.* 2012, Schmid *et al.* 2012), dans des conditions d'exposition qui ne sont toutefois pas strictement identiques (mais qui sont mieux contrôlées). Ceci ne permet pas de conclure quant au fait que ces modifications soient propres aux personnes se déclarant EHS ou pas et suggère qu'il est possible que les personnes se déclarant EHS soient les seules à présenter ces modifications. En effet, si l'on veut comparer des témoins et des personnes se déclarant EHS, il faut être certain que les conditions environnementales (température d'air, de rayonnement, vitesse de l'air, humidité de l'air, bruit, activité précédent l'heure du coucher, alimentation, etc.) soient rigoureusement contrôlées et identiques entre les groupes. C'est l'une des difficultés majeures dans les études concernant l'analyse du sommeil. En effet, l'impact de ces facteurs est connu et démontré et n'est plus scientifiquement remis en question. Or, rien n'est dit sur la comparaison des EEG de sommeil entre les personnes se déclarant EHS et les témoins. On ne peut exclure le fait que, dans cette étude, les personnes se déclarant EHS ne différaient pas des témoins quant aux effets des radiofréquences sur la macrostructure du sommeil. Les insuffisances de cette étude ne permettent pas de répondre à la question de savoir si les personnes EHS sont plus sujettes aux modifications du sommeil que les témoins et de choisir entre deux conclusions opposées, c'est-à-dire : i) contrairement aux témoins, les personnes se déclarant EHS présenteraient des modifications de la macrostructure du sommeil et ; ii) les personnes se déclarant EHS ne différaient pas des témoins en ce qui concerne la qualité de leur sommeil après exposition aux radiofréquences.

L'importance des modifications de l'EEG de sommeil justifie de nouvelles études comparant, avant tout, les résultats obtenus chez des personnes se déclarant EHS et chez des témoins.

Lowden *et al.* (2011) ont exposé des personnes déclarant des symptômes liés aux signaux GSM de la téléphonie mobile ($n = 23$, 8 hommes / 15 femmes) et des témoins ($n = 25$, 13 hommes / 12 femmes) dans le cadre d'une étude de provocation en double aveugle (Lowden *et al.* 2011). Il s'agit d'un second article tiré d'un protocole unique dont les participants sont les mêmes que ceux

d'une précédente étude de Hillert (Hillert *et al.* 2008). La veille de leur exposition, les participants ne devaient pas consommer de café, thé, alcool ou drogue. Le jour où démarrait l'expérience, ils ont été exposés pendant trois heures à un téléphone émettant un signal GSM à 884 MHz ($DAS_{\text{moy}} \text{ tête} = 1,4 \text{ W/kg}$ et $DAS_{\text{max}} \text{ 1 g matière grise} = 1,8 \text{ W/kg}$) à partir de 19h30. Durant l'exposition, les personnes se reposaient, lisaient et exécutaient des tests de performance évaluant, par exemple, leur temps de réaction, leur orientation spatiale ou leur vigilance. L'exposition se terminait à 22h30, une heure avant une nuit de sommeil de sept heures. Deux expositions, réelle ou factice, ont été réalisées à une semaine au moins d'intervalle (14 jours en moyenne). Les enregistrements EEG ont eu lieu dans une chambre privée en conditions contrôlées (en ce qui concerne la température, le bruit, la lumière, les vibrations et les champs extrêmement basses fréquences). Le sommeil a été évalué cliniquement par i) la mesure de sa durée pendant trois jours avant l'exposition et celle des stades de sommeil (polysomnographie : étude macroscopique du sommeil sur l'EEG), ii) l'évaluation de la somnolence avant, pendant et après l'exposition jusqu'à l'endormissement et au réveil (questionnaires d'auto-évaluation de la somnolence : *Karolinska sleep diary* ou KSD et *Karolinska sleepiness scale* ou KSS), iii) l'évaluation de la qualité du sommeil nocturne. Ces évaluations ont été complétées par une analyse spectrale. De manière inattendue, seules les comparaisons entre exposition réelle et factice pour les 48 participants sont présentées et aucune comparaison entre personnes se déclarant sensibles et non sensibles n'est donnée. Les résultats ont été les suivants :

- sur le plan clinique, il n'y avait pas de différence entre les sessions d'exposition réelle ou factice sur la durée du sommeil, l'utilisation du téléphone au cours des trois jours précédents les expositions, sur la somnolence avant et pendant les expositions et la qualité du sommeil, excellente dans les deux cas ;
- sur l'EEG, des modifications significatives de l'organisation du sommeil après exposition réelle : durée plus longue du stade 2 de sommeil, latence de survenue du stade 3 plus longue et celle du stade 4 plus courte. En ce qui concerne la latence de survenue du stade 3, ce résultat est similaire à celui obtenu dans l'étude d'Arnetz *et al.* (2007) décrite ci-dessus ;
- l'analyse spectrale des tracés du stade 2 de sommeil a montré des augmentations de puissance dans les bandes de fréquences 0,5-1,5 Hz dans les 30 premières minutes, dans les fréquences 7,5-11,75 Hz dans la première heure et dans les fréquences 4,75-8,25 Hz dans la seconde heure.

Ainsi, cette étude retrouve les augmentations de puissance dans les fréquences alpha et les fréquences basses des fuseaux de sommeil déjà rapportées dans des études antérieures (voir rapport Anses 2013). Cette étude montre également des augmentations de puissance dans les bandes delta et thêta, ainsi que des modifications dans l'organisation générale du sommeil qui n'ont pas été décrites précédemment chez les témoins. La présentation des résultats ne permet pas de dire si les modifications sont plutôt observées chez les personnes se déclarant EHS ou aussi chez les témoins, tout comme l'étude précédente de la même équipe (Arnetz *et al.*, 2007). Malgré la qualité du recrutement des participants et de l'expérimentation, cette étude ne répond donc pas davantage à la question annoncée dans le titre de l'article, qui est de savoir si les effets d'une exposition au GSM sur l'EEG de sommeil sont plus prononcés chez les personnes se déclarant EHS que chez les témoins.

6.2.1.2.6 Études de provocation centrées sur la place de l'effet nocebo dans l'EHS

Oftedal *et al.* (2007) et Stovner *et al.* (2008) ont été les premiers à réaliser une étude, qui a fait l'objet de deux publications, centrée sur la place de l'effet *nocebo* (voir définition au § 7.7) dans l'EHS. Leur étude se distingue à la fois par des critères d'inclusion et d'exclusion très stricts et par le nombre d'expositions (4 réelles et 4 factices par personne). Pour l'essentiel, la méthodologie de cette étude est décrite dans le premier article (Oftedal *et al.* 2007). Le critère d'inclusion principal a été la perception d'une douleur ou d'un inconfort dans la tête pendant ou peu de temps après un appel avec un téléphone mobile d'une durée comprise entre 15 et 30 min. Les personnes

présentant des maux de tête fréquents ou une altération de leur état de santé, ainsi que celles se déclarant sensibles à d'autres sources de champs électromagnétiques ont été exclues. Un deuxième critère d'inclusion a été l'apparition, lors d'un test de provocation ouvert, de symptômes similaires à ceux ressentis lors de l'utilisation d'un téléphone mobile. Sur 36 candidats ayant passé ce test, 24 ont rempli ce critère, mais 17 seulement ont accepté de participer à l'étude complète. Il s'agissait de 5 femmes et de 12 hommes, âgés de 20 à 58 ans, qui se sont prêtés à une étude de provocation randomisée, en double aveugle et *cross-over*. Un signal de type GSM 900, émis par une antenne placée à 8,5 cm de la tête, a été utilisé pour l'exposition réelle ($DAS_{1g} = 1,0$ W/kg, $DAS_{10g} = 0,8$ W/kg). Toutes les personnes, sauf deux, ont participé à quatre paires de deux sessions, l'une avec exposition réelle et l'autre avec exposition factice, réalisées selon un ordre préétabli. Un délai d'au moins deux jours a été observé entre chaque session. Celles-ci, d'une durée de 2 heures, comportaient trois périodes : une d'adaptation et de repos de 20 minutes, avec un premier recueil des symptômes suivi de l'enregistrement du pouls et de la pression sanguine pendant 10 minutes, puis une période d'exposition (réelle ou factice) de 30 minutes, au cours de laquelle l'enregistrement du pouls et de la pression artérielle a été poursuivie, et, enfin, une période post-exposition, au cours de laquelle l'enregistrement du pouls et de la pression artérielle a été poursuivie pendant 5 minutes et les symptômes recueillis 5 minutes après la fin de l'exposition, puis quatre fois à 15 minutes d'intervalle. Le recueil des symptômes a été poursuivi toutes les heures pendant sept heures après la sortie du laboratoire. Ce recueil a porté sur deux variables (mal de tête et douleur ou inconfort dans la tête, ce dernier étant appelé « autres symptômes » par la suite). L'intensité des scores symptomatiques était évaluée à l'aide d'une échelle visuelle analogique (de 0 à 100 mm). Une troisième variable, appelée douleur et / ou inconfort dans la tête, a été créée en ne retenant que la valeur maximale de l'une des variables mesurées directement. Rapidement après la fin de l'exposition, les participants étaient invités à dire s'ils pensaient avoir été exposés aux radiofréquences ou non, et à dire pourquoi.

Pour l'article de Stovner *et al.* (2008), les personnes ont eu à remplir un questionnaire supplémentaire sur les maux de tête, attribués ou non à l'usage d'un téléphone mobile. Elles ont ensuite été interrogées et examinées par un neurologue pour un diagnostic précis de leurs maux de tête selon la classification internationale (*International Classification of Headache Disorders, ICHD-2*).

Les résultats ont été les suivants :

- les participants ont présenté une augmentation des trois variables symptomatiques pendant la plupart des sessions (68 %), sans effet significatif, ni de l'ordre des essais, ni de la nature de l'exposition, réelle ou factice (Oftedal *et al.* 2007) ;
- les scores symptomatiques moyens ont été :
 - pour la douleur et / ou l'inconfort dans la tête, de 10,1 sous exposition réelle et de 12,6 sous exposition factice ($p = 0,30$) ;
 - pour le mal de tête, de 7,4 sous exposition réelle et de 10,3 sous exposition factice ($p = 0,22$) ;
 - pour les autres symptômes, de 8,1 sous exposition réelle et 11,6 sous exposition factice ($p = 0,19$) ;

avec une répartition équilibrée entre les cas pour lesquels les scores avec exposition réelle étaient supérieurs, égaux ou inférieurs aux scores avec exposition factice. Les scores avec exposition réelle inférieurs aux scores avec exposition factice étaient systématiquement, mais de peu, les plus nombreux (Oftedal *et al.* 2007) ;

- les personnes ont déclaré avoir été exposées après 38 (58 %) des 65 expositions réelles et après 31 (48 %) des 65 expositions factices et n'avoir pas été exposées après 14 (22 %) des expositions réelles ou factices. La différence entre le type d'exposition et ce que les participants en ont pensé n'a pas été significative ($p = 0,27$) (Oftedal *et al.* 2007) ;
- aucun changement de fréquence cardiaque ou de pression sanguine (systolique et diastolique) n'a été observé entre la période de pré-exposition et la période d'exposition, ni

entre la fin de la période d'exposition et la période post-exposition, 5 minutes après la fin de l'exposition (Oftedal *et al.* 2007) ;

- pour les maux de tête attribués avant l'étude à l'usage d'un téléphone mobile, le diagnostic posé par le neurologue a été celui de céphalées de tension (2.2 *Tension-type headache* (TTH) de la classification ICHD-2) chez 16 personnes, la 17^{ème} ne décrivant qu'un son étrange et déplaisant dans l'oreille. La douleur était localisée dans l'oreille ou juste au-dessus pour 10 personnes et dans la tempe pour 3 autres, les 3 dernières la situant soit dans le front, soit dans l'occiput, soit à l'intérieur de la tête. Cette localisation était unilatérale dans tous les cas sauf deux. Les douleurs survenaient, dans un cas 2 à 4 secondes après le début de l'entretien téléphonique, dans neuf cas en moins de 5 minutes, dans deux cas en moins de 30 minutes, et dans quatre cas le temps d'apparition était variable (Stovner *et al.* 2008) ;
- des maux de tête non attribués à l'usage du téléphone mobile ont été retrouvés chez 11 (65 %) des 17 participants. Le diagnostic du neurologue a été celui de migraine sans aura dans 4 cas (avec aussi des migraines avec aura dans un cas), de céphalées de tension dans 8 cas (associées à des migraines dans trois cas) et de céphalées induites par l'alcool dans un cas (Stovner *et al.*, 2008) ;
- bien que le diagnostic de céphalées de tension ait été porté par le neurologue aussi bien pour les maux de tête attribués à l'usage d'un téléphone mobile qu'à ceux non attribués, la plupart des participants a déclaré que les premiers étaient différents des seconds, essentiellement en raison de leur caractère unilatéral. Toutefois, pendant l'étude de provocation, le côté de la douleur n'était pas corrélé à celui de l'exposition (Stovner *et al.*, 2008).

Cette étude repose sur une méthodologie complexe, mais exposée de façon très claire, très détaillée et très rigoureuse. Il en est de même des tests statistiques. Le test de provocation ouvert a comporté une période d'exposition réelle au téléphone mobile. Cette étude apporte plusieurs arguments sérieux en faveur d'un rôle de l'effet *nocebo* dans la survenue des maux de tête chez les personnes qui se déclarent sensibles aux téléphones mobiles. Ces résultats ne peuvent cependant pas être généralisés, car ils ne concernent qu'un petit nombre de personnes particulières se déclarant sensibles uniquement aux téléphones mobiles.

Szemerszky *et al.* (2010) ont également réalisé une étude centrée sur l'effet *nocebo* sur les symptômes physiques rapportés lors d'une exposition à des champs extrêmement basses fréquences 50 Hz et les facteurs psychologiques qui pourraient prédisposer à l'EHS. Cette étude a été doublement originale : les auteurs ont cherché à provoquer cet effet par deux expositions factices successives et, parallèlement, ont étudié, d'une part, les corrélations entre les réponses à ces expositions et, d'autre part, le niveau de perception du risque, l'état d'anxiété à chaque phase de l'étude et certains traits de personnalité. Quarante étudiants hongrois (11 hommes et 29 femmes, âge moyen = 22,80 ± 3,20 ans) ont accepté de participer à l'étude, sans être rémunérés. Même si cela n'est pas clairement formulé, cette étude a inclus des personnes se déclarant EHS et des témoins. Les candidats présentant une affection médicale majeure ou un problème de santé aigu ont été exclus. L'expérimentation a comporté trois phases au cours desquelles les étudiants ont été testés un par un dans une pièce où, assis sur une chaise, face à un ordinateur, ils ont eu à répondre à des questionnaires. Ces trois phases étaient décrites comme étant successivement des phases d'exposition factice, faible et forte. En réalité, le système d'exposition situé sous la chaise n'était pas raccordé au générateur installé dans la pièce (et ce, quelle que soit la phase d'exposition). Au cours de la phase 1 (T₀), il a été demandé aux participants d'auto-évaluer leur sensibilité aux champs électromagnétiques (ou niveau d'EHS), d'indiquer les symptômes (sur une liste de 20) qu'ils s'attendaient à ressentir s'ils étaient exposés à des champs électromagnétiques et d'en évaluer l'intensité sur une échelle à 5 niveaux, puis de répondre à l'inventaire de l'état d'anxiété du moment (STAI-S). Toujours au cours de la phase 1, les participants avaient à remplir des questionnaires de personnalité (LOT-R sur l'optimisme, présenté en Annexe 13, PHQ-15 sur la somatisation et SSAS sur l'amplification somato-sensorielle, présentés en Annexe 7, ainsi qu'une échelle de motivation à coopérer). Au début de la phase 2 (T₁), les personnes étaient

informées qu'elles allaient être exposées à une « faible » exposition à des champs électromagnétiques. Puis, après avoir répondu à nouveau à l'inventaire de l'état d'anxiété du moment, elles étaient invitées à déclencher elles-mêmes l'exposition pendant 10 minutes et à indiquer et à évaluer les symptômes ressentis au cours de cette période. La phase 3 (T_2) était identique à la phase 2, à l'exception de l'information préalable qui était celle d'une exposition « forte », mais dans les limites d'exposition réglementaires : réponse à l'inventaire de l'état d'anxiété du moment, autodéclenchement de l'exposition pendant 10 minutes et évaluation des symptômes ressentis. À la fin de la phase 3, les participants devaient dire dans quelle mesure, sur une échelle à 5 niveaux, ils avaient perçu la présence des champs électromagnétiques au cours des deux périodes de pseudo exposition.

Les résultats ont été les suivants :

- les étudiants ont ressenti plus de symptômes pendant l'exposition factice « forte » ($n = 10,4 \pm 3,7$; écart : 3-19), que pendant l'exposition factice « faible » ($n = 7,1 \pm 3,6$; écart : 1-15). De plus, leurs scores symptomatiques globaux ($13,10 \pm 5,94$ versus $7,72 \pm 4,40$; $p < 0,001$) et leurs scores moyens de perception des champs électromagnétiques ($1,23 \pm 1,29$ versus $0,75 \pm 1,13$; $p < 0,005$) ont été significativement plus élevés pendant l'exposition factice « forte » que pendant l'exposition factice « faible » ;
- les scores symptomatiques globaux obtenus pendant les périodes factices « fortes » et « faibles » ont été fortement corrélés entre eux ($r = 0,93$; $p < 0,001$), mais plus faiblement corrélés avec le score symptomatique global attendu en cas d'exposition ($r = 0,42$ et $0,49$; $p < 0,01$) ;
- il n'y a pas eu de changement significatif de l'état d'anxiété (évalué par les différences $T_1 - T_0$ et $T_2 - T_0$) entre les trois phases de l'étude ;
- le score de motivation coopérative a été inversement et faiblement corrélé aux scores symptomatiques globaux obtenus pour l'exposition factice « forte » ($r = -0,39$; $p < 0,05$) et l'exposition factice « faible » ($r = -0,44$; $p < 0,01$) ;
- parmi les traits de caractère, les plus fortement corrélés aux scores symptomatiques globaux ont été :
 - la tendance à la somatisation (*PHQ-15*) : $r = 0,68$ ($p < 0,001$) pour l'exposition factice « forte » et $r = 0,71$ ($p < 0,001$) pour l'exposition factice « faible » ;
 - l'amplification somatosensorielle de la perception des symptômes (*SSAS*) : $r = 0,48$ ($p < 0,01$) pour l'exposition factice « forte » et $r = 0,53$ ($p < 0,001$) pour l'exposition factice « faible ».
- en revanche, l'optimisme (*LOT-R*) est faiblement et inversement corrélé avec les scores symptomatiques globaux : $r = -0,39$ ($p < 0,05$) pour l'exposition factice « forte » et $r = -0,40$ ($p < 0,05$) pour l'exposition factice « faible » ;
- des analyses de régression linéaire multiples complémentaires ont confirmé ces résultats et ont montré, en outre, que l'amplification somatosensorielle (*SSAS*) était le seul prédicteur significatif du degré de sévérité de l'EHS autoévalué en début d'étude.

Dans la discussion, les auteurs ont analysé l'apport de leur étude aux hypothèses concernant les relations entre l'autodiagnostic de l'EHS et la symptomatologie fonctionnelle, les effets de l'augmentation de la perception des risques et l'association des traits de personnalité avec la façon de rapporter les symptômes. Ils ont aussi discuté l'hypothèse selon laquelle certains traits de caractère, comme l'amplification somatosensorielle mesurée par l'échelle *SSAS*, seraient responsables de l'EHS. À chaque étape, ils ont montré la cohérence de la plupart de leurs résultats avec ceux de certaines études antérieures, mais aussi leur discordance en ce qui concerne la disposition à l'optimisme (*LOT-R*) et l'état d'anxiété du moment. Ce dernier point est particulièrement important, dans la mesure où de nombreuses études ont mis en évidence une augmentation de l'anxiété chez les personnes se déclarant EHS, alors que la présente étude ne montre pas cette augmentation lors des expositions. Pour expliquer cette discordance, les auteurs ont évoqué la possibilité d'un effet plafond, mais n'ont pas fourni les données brutes qui auraient

permis de vérifier cette hypothèse. D'une manière générale, on peut regretter que les auteurs n'aient donné aucune valeur brute (ex : histogramme du nombre de personnes en fonction de la note qu'ils ont attribuée à l'item IEI-CEM, ou à défaut, le score moyen et l'écart-type obtenu à cet item et le nombre de personnes lui ayant attribué la note 0). Les auteurs ont par ailleurs reconnu des limites à leur étude : non représentativité du groupe étudié (composé d'un petit nombre de personnes jeunes, se déclarant EHS et non-EHS, ce qui interdit la généralisation des résultats à des groupes plus âgés et / ou présentant une symptomatologie fonctionnelle plus sévère), absence d'équilibre dans l'ordre des expositions (la « faible » précédant systématiquement la « forte ») et absence de prise en considération des effets biophysiques et de leur interaction possible avec les influences psychosociales. Malgré ses limites et quelques imprécisions rédactionnelles, cette étude peut être considérée comme étant de bonne qualité scientifique : les nombreux paramètres mesurés sont pertinents et, à deux exceptions près (échelle de motivation et évaluation de l'anxiété), fiables ; le protocole n'appelle que des critiques de détail, le traitement statistique des données a été rigoureux et la discussion bien argumentée. Au final, elle représente une contribution intéressante à l'étude de l'effet *nocebo*, sans toutefois permettre de dire si celui-ci est différent chez les personnes se déclarant EHS et chez les non-EHS.

Witthöft *et al.* (2013) ont cherché à déterminer si les médias pouvaient avoir un rôle de suggestion dans la perception et l'autodiagnostic de l'EHS. L'expérience a été réalisée sur 147 volontaires sains, persuadés qu'ils participaient à une expérience sur le Wi-Fi. Les personnes ont été séparées en deux groupes, l'un visionnant un film décrivant les méfaits du Wi-Fi, l'autre visionnant un film neutre sur les champs électromagnétiques. Après le film, les personnes ont été soumises à une exposition factice et ont répondu à plusieurs questionnaires (évaluation du niveau d'inquiétude, du niveau d'anxiété, symptômes de la vie quotidienne). Il ressort de cette expérience :

- que le degré d'inquiétude au sujet des champs électromagnétiques des personnes ayant vu le film sur le danger du Wi-Fi a augmenté ;
- que le score des symptômes a augmenté davantage pour les personnes ayant vu le film sur le danger du Wi-Fi que pour les autres après l'exposition factice ;
- qu'une relation entre le niveau d'anxiété générale et l'augmentation des scores après l'exposition factice a été mise en évidence.

Cette étude laisse supposer que la teneur d'un message diffusé par les médias joue un certain rôle dans la perception négative de l'effet des champs électromagnétiques (effet *nocebo*), rôle pouvant varier en fonction du caractère (plus ou moins anxieux) des personnes.

Szemerszky *et al.* (2016) ont testé l'hypothèse selon laquelle les effets *nocebo* imputés aux champs électromagnétiques seraient dus à un phénomène d'attribution erronée, par une étude au protocole original. Celle-ci comparait les effets d'un comprimé *placebo* présenté comme sédatif et ceux d'une exposition factice à des champs électromagnétiques présentés comme ayant de légers effets négatifs sur les performances cognitives et sur l'interprétation de symptômes somatiques (Szemerszky *et al.* 2016). Ce travail est fondé sur la théorie psychologique de l'attribution causale et de son application à l'attribution de symptômes à des médicaments ou à des facteurs environnementaux. Les auteurs ont recruté 132 étudiants volontaires (50 % d'hommes), âgés de $20,4 \pm 2,4$ ans, qui ont été répartis au hasard en trois groupes comparables : témoins ($n = 44$), comprimé *placebo* ($n = 45$) et simulation d'une exposition à des champs électromagnétiques ($n = 43$). Le protocole a comporté trois étapes : 1) des enregistrements de base de 2 minutes de l'ECG (calcul de la fréquence cardiaque et de sa variabilité) et des conductances cutanées, suivis du remplissage de questionnaires numériques [échelle des inquiétudes de santé liées à la vie moderne (*Modern Health Worries – MHW*, voir Annexe 13, p343, échelle d'amplification somatosensorielle (SSAS, voir Annexe 7, p333), court inventaire d'anxiété pour la santé (SHAI, (Salkovskis *et al.* 2002), échelle de motivation à coopérer (CoMotiv) élaborée par les auteurs et une liste de 26 symptômes] ; 2) les participants ont reçu soit un comprimé *placebo*, soit une exposition factice aux champs électromagnétiques, soit un verre d'eau ; 3) dix minutes plus tard, l'ECG et les conductances cutanées ont à nouveau été enregistrés, puis les participants ont effectué une tâche cognitive « de vigilance » pendant 14 minutes, utilisée comme distracteur

(résultats non enregistrés) avant de remplir à nouveau la liste de symptômes et d'indiquer à quoi ils attribuaient chaque symptôme. De plus, les personnes des groupes *placebo* et champs électromagnétiques simulés ont dû préciser, sur une échelle de 4 (1 = pas du tout, 2 = légèrement, 3 = nettement, 4 = fortement), dans quelle mesure le comprimé ou l'exposition avait gêné leurs performances pendant la tâche cognitive. Les résultats ont été les suivants :

- avant l'intervention (comprimé, exposition ou verre d'eau), les valeurs de la fréquence cardiaque et de sa variabilité, des conductances cutanées, ainsi que le score symptomatique ne différaient pas entre les trois groupes ;
- après l'intervention, les symptômes rapportés, les valeurs de la fréquence cardiaque, de la variabilité sinusale et des conductances cutanées étaient inchangées, quel que soit le groupe considéré ;
- un impact significatif sur la performance cognitive a été faussement attribué à l'intervention, qu'il s'agisse de la prise du comprimé *placebo* ($1,53 \pm 0,74$, $p < 0,001$) ou de l'exposition factice aux champs électromagnétiques ($1,64 \pm 0,54$, $p < 0,001$) ;
- la médiane des scores de symptômes attribués au comprimé *placebo* et à l'exposition factice aux champs électromagnétiques ne différait pas entre les deux groupes ;
- l'impact sur les performances cognitives faussement attribué à l'intervention a été positivement corrélé au score des inquiétudes sanitaires liées à la vie moderne ($r = 0,30$, $p < 0,01$) et négativement aux changements de conductance cutanée ($r = -0,26$, $p < 0,05$). Aucune relation n'a été observée entre les attributions de symptômes à l'intervention et les différentes variables psychologiques ou physiologiques mesurées. Les deux attributions (de symptômes et d'affaiblissement de la performance cognitive) étaient significativement corrélées entre elles ($r = 0,30$, $p < 0,01$).

Cette étude présente plusieurs faiblesses méthodologiques reconnues par les auteurs : 1) tous les volontaires étaient des étudiants âgés d'une vingtaine d'années, recevant en échange de leur participation un crédit de points à valoir sur leurs évaluations. Toutefois, le fait que ces résultats aient été obtenus chez de telles personnes est, *a contrario*, un argument fort en faveur de l'hypothèse selon laquelle l'effet *nocebo* résulterait « naturellement » d'une attribution causale erronée (dans la mesure, bien sûr, où l'existence de ce mécanisme serait démontrée dans d'autres groupes) ; 2) demander à ces étudiants, après l'intervention et la tâche cognitive, à quoi ils attribuaient leurs symptômes et leurs difficultés cognitives a pu jouer un rôle dans le processus d'attribution (il est regrettable que ces questions n'aient pas été posées au groupe témoin. Ceci aurait permis de préciser les causes de l'attribution), 3) le protocole a été conçu pour minimiser l'anxiété et l'attente d'effets indésirables, ce qui pourrait expliquer l'absence de changement des symptômes et des paramètres physiologiques, mais donne plus de poids au fait que le processus d'attribution ait été mesurable dans trois occasions sur quatre ; 4) les auteurs n'ont pas donné les résultats de la tâche de vigilance, ce qui introduit un doute sur la validité de l'hypothèse selon laquelle cette tâche hautement exigeante pouvait difficilement être exécutée sans erreur et qu'en conséquence, certains participants ont pu essayer de trouver une excuse externe à leurs performances. Si tel n'était pas le cas, l'interprétation globale de cette étude devrait être reconsidérée. Toutefois, ces critiques ne remettent pas en cause l'originalité et l'intérêt des hypothèses ou la conception générale de l'étude, ainsi que les résultats montrant (1) des réponses presque identiques des groupes *placebo* et champs électromagnétiques pour ce qui concerne la fausse attribution à l'intervention des difficultés cognitives rencontrées lors de la tâche de vigilance et (2) la corrélation significative de cette attribution avec le score des inquiétudes sanitaires liées à la vie moderne. En conséquence, cette étude est un travail préliminaire qui, en raison des progrès récents accomplis dans la connaissance des mécanismes neurobiologiques de l'effet *nocebo* imputé aux médicaments, ouvre des perspectives de recherche intéressantes sur les mécanismes neurobiologiques imputés aux champs électromagnétiques. Pour l'instant, la conclusion selon laquelle l'effet *nocebo* attribué à un médicament ou à des facteurs environnementaux serait un effet indésirable inévitable du fonctionnement cognitivo-affectif reste une hypothèse qui mérite d'être validée par des futures études inspirées du présent travail.

6.2.1.2.7 Étude de provocation de symptômes attribués à l'EHS par d'autres facteurs que les champs électromagnétiques

L'hypothèse qu'une exposition à d'autres facteurs que les champs électromagnétiques serait nécessaire, en association ou non avec ces derniers, pour provoquer les symptômes dont se plaignent les personnes qui se déclarent EHS a été émise par des personnes se déclarant EHS ou des associations les représentant (cf. § 7.8). Cette hypothèse permettrait d'expliquer que, dans les conditions expérimentales exposées précédemment, ces personnes ont été, dans l'immense majorité des cas, incapables de démontrer leur aptitude à différencier la présence et l'absence de champs électromagnétiques, et n'ont pas présenté plus de symptômes fonctionnels pendant les périodes d'exposition que pendant les périodes de non exposition.

Sandström *et al.* (1997) ont testé cette hypothèse, en exposant 10 personnes se déclarant EHS (3 hommes et 7 femmes ; âge moyen = 47 ans) et 10 témoins (4 hommes et 6 femmes ; âge moyen = 37 ans) soit à une lampe stroboscopique émettant des flash lumineux à des fréquences comprises entre 20 Hz et 75 Hz (durée d'un flash environ 10 μ s), soit à 2 projecteurs de diapositives induisant différentes profondeurs de la modulation d'amplitude lumineuse (fréquence de 45 Hz). Ces expositions avaient une durée de 1,5 à 2 minutes et étaient séparées par des périodes de repos de 2 minutes. L'étude a porté sur l'électrorétinogramme (ERG) et les potentiels évoqués visuels (PEV). De plus, avant la présentation de la lumière, un électrocardiogramme a été enregistré (mesure des intervalles du pouls « *interbeat intervals* » ou IBI) sur une période de 10 minutes comprenant 5 minutes de communication active avec un membre du personnel et 5 minutes de période de relaxation dans l'obscurité.

Les résultats ont été les suivants :

- dans les deux groupes, les potentiels évoqués visuels avaient une forme sinusoïdale dont la fréquence fondamentale était égale à la fréquence de stimulation, et leur amplitude a diminué avec l'augmentation de cette fréquence. Ces résultats sont conformes aux données de la littérature ;
- chez les personnes se déclarant EHS, la courbe des amplitudes moyennes des potentiels évoqués visuels (PEV) en fonction des fréquences de stimulation était significativement supérieure à celle observée chez les témoins ($p < 0,05$), sans qu'il y ait de différence entre les pentes de ces courbes ;
- de même, pour une fréquence de stimulation de 45 Hz, l'amplitude moyenne des PEV a augmenté, dans les deux groupes, avec la modulation de l'intensité lumineuse. À nouveau, la courbe des amplitudes moyennes des PEV en fonction du degré de modulation était significativement plus élevée chez les personnes se déclarant EHS que chez les témoins ($p < 0,05$) ;
- en ce qui concerne les ERG, les courbes d'amplitude moyenne avaient la même disposition générale que celles des PEV, à savoir (1) diminution des amplitudes avec la fréquence de stimulation et augmentation avec le degré de modulation de l'intensité lumineuse, et (2) amplitudes moyennes des ERG des personnes se déclarant EHS constamment supérieures à celles des témoins, mais sans que ces différences soient significatives ;
- chez les personnes se déclarant EHS, l'intervalle moyen entre battements cardiaques (l'inverse de la fréquence cardiaque) augmentait significativement ($p < 0,05$) pendant la période de relaxation ($0,75 \pm 0,08$ sec) par rapport à la période de communication active ($0,72 \pm 0,09$), alors qu'il était stable chez les témoins ($0,85 \pm 0,09$ versus $0,84 \pm 0,10$ sec), la différence entre les deux groupes étant significative (Sandström *et al.* 1997).

Comme les auteurs le laissent entendre dans la discussion, cette étude doit être considérée comme préliminaire. Elle porte sur un petit nombre de personnes dont les critères de sélection ne sont pas précisés. Les différences observées entre personnes se déclarant EHS et témoins sont faibles, même si certaines sont significatives. De plus, l'étude n'aborde pas le problème des relations entre données physiologiques et symptômes cliniques, ce qui pose le problème de la significativité réelle des différences observées. Néanmoins, par la pertinence de son protocole

expérimental et la cohérence de ses résultats, elle suggère que les personnes se déclarant EHS pourraient avoir une sensibilité cérébrale accrue à la lumière, sensibilité qui pourrait avoir un effet sur le système nerveux autonome (accélération significative du rythme cardiaque), hypothèses qui mériteraient d'être explorées de façon plus approfondie selon les pistes proposées par les auteurs.

6.2.1.2.8 *Étude de provocation couplant le paradigme de provocation par champs électromagnétiques et le paradigme d'activation cérébrale*

Landgrebe *et al.* (2008a) ont réalisé une étude de provocation complexe qui a déjà été analysée dans le rapport Afsset (2009). Une demande de réexamen ayant été formulée dans le cadre de la consultation publique du pré-rapport d'expertise, une analyse complémentaire est présentée ci-après.

Rappel de l'analyse de 2009

« Ce travail couple pour la première fois le paradigme de provocation par champs électromagnétiques et le paradigme d'activation cérébrale sur lequel a reposé les grands progrès accomplis ces 20 dernières années dans la connaissance des bases cérébrales des grandes fonctions psychiques. L'originalité de l'étude réside dans le choix des critères (activation des cortex cingulaire antérieur et insulaire) de réponse à une exposition factice à des radiofréquences de type téléphonie mobile. Le protocole utilisé n'appelle aucune réserve méthodologique : comparaison de 15 sujets EHS et de 15 témoins sains appariés en âge et en genre, comparaison d'une exposition factice à des radiofréquences et d'une exposition à la chaleur. Pendant l'anticipation et l'exposition factice aux radiofréquences de type téléphonie mobile, les cortex cingulaire antérieur et insulaire ainsi que le gyrus fusiforme ont été activés chez les sujets EHS et non chez les témoins, alors que la stimulation calorifique provoquait une stimulation similaire dans les deux groupes. Une relation entre les symptômes ressentis pendant l'exposition factice et l'activation spécifique des cortex cingulaire antérieur et insulaire chez les sujets EHS constitue un argument fort en faveur de l'implication de ces aires corticales dans les perceptions désagréables et la génération de symptômes fonctionnels somatiques. Ce travail, qui demande à être reproduit, ouvre de réelles perspectives de démonstration de l'effet nocebo dans la genèse de l'EHS. »

Nouvelle analyse

L'étude de Landgrebe *et al.* (2008a) n'a pas été répliquée. Il n'est donc pas possible de conclure sur l'implication des structures cérébrales dans la symptomatologie des personnes se déclarant EHS. Cependant, en raison de l'importance de cet article dans la discussion sur le rôle éventuel d'un effet *nocebo* dans l'EHS, il est parfaitement légitime d'en réexaminer soigneusement ses fondements scientifiques, sa méthodologie et ses résultats.

L'étude est fondée sur le « paradigme d'activation » qui consistait à étudier à l'aide de techniques d'imagerie fonctionnelle cérébrale les réponses à des *stimuli* sensitifs ou sensoriel ou à des tâches motrices ou cognitives. Ce paradigme consiste à enregistrer des séries d'images obtenues pendant un seul temps expérimental, les unes pendant des périodes de « repos » et les autres dans des conditions expérimentales différentes, puis à effectuer des soustractions entre ces différentes images pour faire apparaître les structures cérébrales impliquées dans une condition expérimentale donnée. Mis en œuvre depuis le début des années 1970 (Olesen 1971), ce paradigme a donné lieu à des milliers d'études, qui ont permis de constituer un corpus de connaissances solides sur les bases cérébrales des fonctions sensitivo-motrices et cognitives. Il est évident que l'usage de ce paradigme exige une grande rigueur méthodologique dans la sélection des participants, dans la conception du protocole expérimental et des tests d'activation, ainsi que dans l'acquisition et le traitement des images fonctionnelles.

Dans l'étude de Landgrebe *et al.* (2008), les deux groupes de personnes incluses dans l'étude ont été parfaitement appariés selon l'âge et le genre (15 personnes se déclarant EHS (6 femmes, âge moyen = 47,7 ± 10,5 ans) et 15 témoins (6 femmes, âge moyen = 46,9 ± 9,9 ans)), ainsi que selon leurs lieux de vie ou de travail. Ces effectifs ont été de l'ordre de ceux qui sont habituellement inclus dans les études basées sur le paradigme d'activation. Toutes les personnes avaient déjà participé à une autre étude (Landgrebe *et al.* 2008b). Toutes les personnes se déclarant EHS

avaient un score symptomatique élevé (> 19 sur l'échelle de Ratisbonne, cf. § 3.4.2). Le groupe témoin ne comprenait que des personnes n'ayant jamais ressenti le moindre symptôme en relation avec les expositions aux radiofréquences.

Le protocole a comporté 48 tests d'une durée de 24 secondes chacun (24 expositions factices à un téléphone mobile et 24 expositions à des températures de 42°C, 45°C et 48°C). Chaque test a eu un déroulement identique : (1) la condition de stimulation a été annoncée, pendant 2 à 8 secondes, par une icône représentant soit un téléphone mobile, soit un thermomètre apparaissant sur un fond blanc ; (2) cet indice a été suivi d'une période d'exposition de 8 secondes, pendant laquelle le fond apparaissait en rouge ; (3) puis, pendant 6 secondes, les participants étaient invités à évaluer, sur une échelle de 5 points, le degré de désagrément occasionné par le stimulus ; (4) enfin, une période de repos de 2 à 8 secondes était observée. Les deux conditions (température ou exposition factice à un téléphone mobile) ont été présentées dans un ordre pseudo-aléatoire.

Les stimuli thermiques locaux (42°C, 45°C et 48°C) ont été appliqués à l'aide d'une thermode¹⁵⁷ fixée au poignet gauche. Les expositions factices au téléphone mobile ont été délivrées à l'aide d'un appareil présenté comme spécialement construit pour fonctionner dans un scanner IRM (aucun doute n'a été émis sur la faisabilité du dispositif expérimental) et fixé sur la surface supéro-interne droite de la bobine de tête. L'information standardisée préalable au recueil du consentement mentionnait seulement qu'il s'agissait d'investiguer l'activation cérébrale associée aux perceptions désagréables induites soit par une stimulation thermique, soit par une exposition à un téléphone mobile. À la fin de l'expérience, les participants ont été informés que le téléphone utilisé était factice. Ces modalités d'information sont parfaitement conformes aux règles internationales et françaises de protection des personnes dans la recherche médicale. Elles sont d'usage courant dans le vaste champ des recherches étudiant les effets des croyances sur les perceptions, les interprétations et les comportements des personnes.

La technique IRM d'imagerie fonctionnelle cérébrale a utilisé des images pondérées en T2 acquises par un appareil 3 Tesla selon la technique de référence à l'époque où l'étude a été réalisée¹⁵⁸. Pour les comparaisons entre personnes se déclarant EHS et témoins, seules les premières ayant eu un score de désagrément $\geq 1,5$ ($n=11$) ont été retenues (tous les témoins ont eu un score de désagrément < 1,5). Les cartes de T (*T-maps*) ont été calculées en unités de contraste pour les différences « stimulation thermique *versus baseline* », « stimulation par téléphone mobile *versus baseline* ». Une analyse de la variance à deux facteurs (EHS *versus* témoins et exposition thermique *versus* exposition au téléphone mobile) a été utilisée pour tester les principaux effets, l'interaction, les effets dans un groupe et les différences de groupes. Toutes ces procédures sont très classiques et décrites avec précision ;

Cette analyse de la variance, appliquée aux données d'imagerie, a mis en évidence une interaction significative entre les facteurs « groupe » et « type de stimulation », avec des activations significatives ($p < 0,001$) dans les cortex cingulaires et de l'insula (aires corticales dont l'activation accompagne la perception de la douleur) et les gyri frontaux inférieur et moyen, indiquant que les personnes se déclarant EHS réagissaient plus fortement à l'exposition au téléphone mobile que les témoins. Des analyses *post-hoc* ont permis d'apporter les précisions suivantes :

¹⁵⁷ Il s'agit du terme employé par les auteurs pour désigner un appareil du commerce, Thermal Sensory Analyser, Medoc Inc., Israël.

¹⁵⁸ Il s'agit de la méthode d'écho planar (EPI) avec une résolution spatiale de 3 x 3 x 3 mm par voxel.

- stimulation thermique :
 - avant (anticipation) et pendant la stimulation, des activations significatives (augmentation du contraste par rapport à la condition de repos) ont été observées dans les deux groupes dans des aires cérébrales à peu près superposables ;
 - après la stimulation, le degré de désagrément moyen a augmenté significativement ($p < 0,05$) en fonction de la température (42, 45 et 48°C), aussi bien dans le groupe témoin (2,24, 2,98, 4,3), que dans le groupe de personnes se déclarant EHS (2,05, 2,95, 3,41), sans qu'il y ait de différence significative entre les deux groupes ;
- stimulation factice au téléphone mobile (seuls les 11 personnes se déclarant EHS qui ont eu un score de désagrément $\geq 1,5$ ont été retenues pour ces comparaisons) ;
 - avant la stimulation (anticipation), les personnes se déclarant EHS ont présenté des activations très significatives ($p < 0,001$) du gyrus fusiforme, des gyri temporaux inférieur et moyen et du cervelet du côté droit, alors que les témoins n'ont présenté aucune activation ;
 - pendant la stimulation (exposition factice au téléphone mobile *versus baseline*), les personnes se déclarant EHS ont présenté des activations significatives ($p < 0,05$) ainsi que dans les aires corticales dont l'activation accompagne la perception de la douleur (cortex cingulaires antérieurs et insulaires), alors que les témoins n'ont présenté aucune activation. Une comparaison entre les deux groupes a montré une activation significativement plus élevée chez les personnes se déclarant EHS que chez les témoins ($p < 0,001$) dans le gyrus frontal inférieur et le cortex insulaire antérieur du côté droit, ainsi que dans les deux gyri frontaux moyen et supérieur et dans les deux gyri cingulaires ;
 - après la stimulation, la comparaison entre les scores de désagrément moyens obtenus chez les 11 personnes se déclarant EHS ayant un score $> 1,5$ et le groupe témoin a fait apparaître une différence significative ($p < 0,021$) entre les deux groupes (Landgrebe *et al.* 2008a).

Dans la discussion, les auteurs ont comparé leurs résultats avec ceux obtenus antérieurement avec le paradigme d'activation dans des situations d'anticipation de la douleur et de perception de douleurs induites par des stimuli réels et simulés. Cette comparaison a fait ressortir le rôle du gyrus fusiforme dans les processus d'anticipation, et celui des deux cortex cingulaires antérieurs et des deux cortex insulaires antérieurs dans la perception du désagrément et de la douleur, ainsi que dans la génération des syndromes fonctionnels. La très faible durée des étapes de chaque test et l'enchaînement de ces derniers ne permet pas de mettre en doute la validité des résultats, car cette procédure a permis de retrouver les données de la littérature quand elle a été mise en œuvre pour étudier les effets d'une stimulation thermique. Toutefois, comme les auteurs ont tenu à le préciser, ces données n'expliquent pas comment ces altérations du cortex cérébral sont impliquées dans la génération de symptômes chez les personnes se déclarant EHS.

Cette analyse représente un travail rigoureux, n'appelant aucune réserve méthodologique et produisant des résultats cohérents entre eux et avec les données de la littérature. Il n'y a pas lieu de modifier l'analyse plus succincte qui en avait été faite dans le rapport publié par l'Afsset en 2009.

6.2.2 Discussion sur les études déclarant s'intéresser au « bien-être » chez les personnes se déclarant EHS

Quelques études de provocation incluant des personnes se déclarant EHS utilisent l'expression « bien-être », et sont discutées ci-après.

6.2.2.1 Introduction sur le « bien-être »

« La santé est un état complet de bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité » (définition OMS, 1946). En juin 2012, s'est

tenue à Paris la deuxième réunion du groupe d'experts du Bureau régional pour l'Europe de l'OMS dans le cadre de la politique de santé européenne à horizon 2020. Son but était de définir le concept de bien-être dans le contexte de « Santé 2020 » et de déterminer quels travaux étaient nécessaires pour développer des indicateurs de bien-être, ainsi que les cibles à atteindre. Le groupe d'experts a proposé du bien-être la définition de travail suivante : « Le bien-être a deux dimensions, subjective et objective. Il comprend l'expérience de la vie qu'ont les personnes, ainsi que la comparaison des conditions de vie en fonction de normes et valeurs sociales ». De ces travaux, on doit retenir que le bien-être est multidimensionnel, que la santé contribue au bien-être et le bien-être à la santé, que le bien-être peut être vu comme un concept et une entité en lui-même et se compose de différents éléments (objectifs et subjectifs) (voir quelques exemples de questionnaires explorant la notion de bien-être en Annexe 9).

6.2.2.2 Réflexion au sujet des études déclarant s'intéresser au « bien-être » chez les personnes se déclarant EHS

L'origine du débat concernant la question du bien-être chez les EHS trouve sa source dans un rapport du laboratoire néerlandais TNO publié en 2003 (*the Netherlands Organisation for Applied Scientific Research, Physics and Electronics Laboratory, Zwamborn et al., 2003*), décrivant une étude conjointe des effets des champs électromagnétiques sur le bien-être et la cognition (cette étude est présentée et analysée au § 6.2.1.2.4, p 176). Au total, quatre articles relatifs à des personnes se déclarant EHS s'intéressent à leur « bien-être » (Zwamborn *et al.*, 2003 ; Regel *et al.*, 2006 ; Augner *et al.*, 2009a, Eltiti *et al.*, 2015), ainsi que deux revues (Augner *et al.* 2012, Kundi and Hutter 2009). Ces études, qui traitent des effets de l'exposition aux radiofréquences sur le bien-être et la santé, sont basées sur le recueil de symptômes subjectifs (voir Annexe 7) et de questionnaires explorant la notion de bien-être (voir Annexe 9).

Comme pour les autres études, les groupes de personnes se déclarant EHS sont constitués sur la base d'auto-déclarations et, parfois, après réponse à des questionnaires qui permettent d'apprécier leur état de santé et dans quelle mesure ils attribuent leurs symptômes aux champs électromagnétiques.

L'utilisation de questionnaires et d'échelles de somatisation validés peut seule permettre d'objectiver les résultats. Cependant, aucune échelle n'intègre à la fois la notion d'intensité et de durée des symptômes. Les symptômes les plus fréquemment pris en compte dans les questionnaires sont les maux de tête, la fatigue, le stress, l'irritabilité, les troubles du sommeil et les acouphènes, ne donnant qu'une vision partielle du bien-être des personnes.

Au final, le groupe de travail de l'Anses considère que l'usage du terme « bien-être » est inapproprié pour ce genre d'étude. En effet, il n'y est en fait pas question de bien-être, mais de symptômes subjectifs et d'analyses de personnalité (test du *Big-Five* par exemple, présenté en Annexe 13).

6.2.3 **Réflexion sur les limites des études de provocation**

Les études de provocation étudient le lien de causalité éventuel entre l'exposition aux champs électromagnétiques et l'EHS. Elles peuvent avoir trois objectifs distincts :

- 1) la recherche de la capacité des personnes à percevoir ou non les champs électromagnétiques, c'est-à-dire à identifier s'ils sont soumis à une exposition réelle ou factice ;
- 2) l'identification de symptômes spécifiques liés à l'exposition, tant en ce qui concerne la nature des symptômes que leur sévérité ;
- 3) la mise en évidence d'effets spécifiques sur des fonctions précises : cognition, sommeil, système nerveux autonome, etc.

Ces trois types d'études de provocation méritent une analyse globale, car quel que soit leur objectif, elles utilisent une méthodologie similaire qui peut comporter un certain nombre de limites, mises en avant notamment par certaines associations de personnes se déclarant EHS, qui affirment que les études de provocation ne prennent pas en compte les spécificités de l'EHS (*cf.* le

document non publié intitulé « Lorsque les études de provocation ne prennent pas en compte les spécificités de l'hypersensibilité électromagnétique » rédigé et transmis par l'association Électrosensibles de France/Priartem).

Il faut toutefois noter que les expérimentations donnant lieu à publications subissent toutes une expertise (revue par les pairs) quant aux protocoles, au choix des participants, aux analyses statistiques utilisées et que, même si cet examen n'est pas infaillible, il permet d'éliminer la plupart des études présentant des défauts méthodologiques majeurs. De plus, le groupe de travail a procédé à une évaluation critique de ces publications.

Ainsi, le recrutement et la sélection des participants, la conduite de l'expérimentation (lieux, sources, protocoles d'exposition) et l'analyse des résultats sont susceptibles d'impacter significativement les résultats des études de provocation.

Recrutement et sélection des sujets

Le recrutement des participants représente une première condition limitante des études de provocation. Un échantillon de sujets recrutés en population générale (par annonces dans la presse, ou auprès de médecins généralistes) a de fortes chances d'être différent d'un échantillon recruté par le truchement d'une association de malades (cf. Van Dongen *et al.* (2014) par exemple, décrit au § 6.1.1.2). Les conditions de réalisation de l'étude, en laboratoire, peuvent décourager les personnes se déclarant EHS dont les symptômes sont les plus sévères, d'y participer, et, à moins que l'étude ne soit conduite dans un environnement très faiblement exposé, aboutir au recrutement de personnes peu ou moyennement sensibles. À titre d'exemple, une association de malades a encouragé ses adhérents à participer à une étude de caractérisation de l'EHS, dans la mesure où cette étude se déroulait dans un lieu faiblement exposé et n'était pas une étude de provocation¹⁵⁹. Pour contourner cette difficulté et atteindre des personnes qui craindraient de devoir se rendre dans un lieu fortement exposé, des études sont actuellement en cours pour réaliser des essais de provocation dans un lieu familier, le domicile de la personne se déclarant EHS (comme dans l'étude de : (Huss *et al.* 2016) ou dans un environnement contrôlé (cf. les projets Else et Presense financés par l'Anses). En tout état de cause, il apparaît important que s'établisse une relation de confiance entre les personnes recrutées et les expérimentateurs¹⁶⁰.

La sélection des participants est un autre point crucial. L'inclusion des personnes se déclarant EHS varie d'une étude à l'autre (auto-déclaration, questionnaires, etc.). L'absence de caractérisation clinique de l'EHS pourrait avoir entraîné une hétérogénéité des groupes de participants, -à supposer qu'une telle hétérogénéité existe réellement-, qui se sont prêtés à des études de provocation ou à des études portant sur les facteurs biologiques associés. Cette hétérogénéité pourrait, par exemple, être due à l'inclusion possible de personnes non réellement EHS et/ou présentant des états de gravité très différents. Le contexte des essais cliniques, imposant une sélection souvent drastique des volontaires de façon à limiter les biais d'interprétation, conduit inmanquablement à inclure dans les essais de provocation des personnes non représentatives de la population se déclarant EHS.

Comment définir ce qu'est une personne se déclarant EHS ? Est-ce une personne qui est en permanence touchée par ses symptômes, ou y-a-t-il des périodes de crises ? Autrement dit, une personnes se déclarant EHS est-elle toujours sensible de la même façon ? Aujourd'hui, la définition d'une personne se déclarant EHS est toujours difficile à décrire. Schröttner et Leitgeb (2007) pointent du doigt l'importance que peut avoir la sélection des personnes se déclarant EHS dans une étude et montrent qu'en fonction des critères utilisés pour les sélectionner, les résultats expérimentaux peuvent complètement changer. Et ce, d'autant plus que selon certaines

¹⁵⁹ <http://www.electrosensible.org/b2/index.php/accueil/lancement-d-une-etude-scientifique>

¹⁶⁰ L'absence de cette relation de confiance a conduit une grande étude nationale, l'étude « Cochin », à rencontrer des difficultés de recrutement (cf. les notes de bas de page n° 46 et 47, p42 sur le sujet.

associations, la sensibilité des personnes se déclarant EHS aux champs électromagnétiques évolue au cours du temps. Au début de l'apparition des troubles décrits par les personnes se déclarant EHS (phase aiguë), elles seraient, d'après certains témoignages, plus enclines à une réponse immédiate à une exposition aux champs électromagnétiques et seraient donc de « bons sujets » pour des essais de provocation, alors que parmi celles présentant des symptômes plus anciens, certaines n'auraient plus de sensibilité immédiate (phase chronique).

Faut-il tenir compte dans les critères de sélection des personnes se déclarant EHS de leur exposition aux champs électromagnétiques dans les jours précédant l'étude (« période d'exclusion » ; effet rémanent ?). Les questionnaires de certaines études font en effet mention de l'utilisation de téléphone mobile par ces personnes et les témoins. Dans les études comportant un groupe témoin, il est important que les personnes incluses dans ce groupe soient les plus proches possible de celles du groupe EHS.

Cependant, à trop vouloir homogénéiser les groupes entre témoins et personnes se déclarant EHS, n'élimine-t-on pas les « vraies » personnes EHS parce qu'elles ont des troubles cardiaques ou des troubles du sommeil, par exemple ? Ces symptômes étant peut-être liés à l'état EHS ? Certaines de ces questions sont reprises dans la publication de Schröttner et Leitgeb (2006) qui insistent sur l'importance d'une sélection adéquate des participants à ce genre d'étude.

En particulier, plusieurs études indiquent qu'une proportion notable de personnes se déclarant EHS déclarent également souffrir de SIOC (voir § 3.8 sur les relations possibles entre EHS et d'autres syndromes). Faut-il exclure ces personnes ou seulement en tenir compte dans les analyses ? Il n'est pas possible de répondre à cette question dans l'état actuel des connaissances.

Taille des échantillons

Un autre défaut méthodologique constaté est la taille souvent très réduite des échantillons et l'absence de calcul *a priori* du nombre de sujets à inclure en fonction de l'hypothèse formulée et donc une très faible puissance statistique des études.

De plus, il est parfois observé dans les études l'utilisation de tests statistiques à mauvais escient, qui ne permettent pas d'accorder confiance aux résultats et ce, quels qu'ils soient. À titre d'exemple, pour démontrer une variation d'au moins 15 % de la valeur du coefficient de Lyapounov sous l'effet d'une exposition aux radiofréquences avec un risque *alpha* de 5 % et une puissance de 80 %, sur la base des données de l'étude de Yimaz & Yildiz (2010), le nombre de personnes à inclure est d'environ 200. Or, dans cet essai, seulement 16 personnes ont été incluses (Yimaz & Yildiz, 2010). Seule une (ou plusieurs) étude(s) multicentrique(s) serai(en)t à même de fournir la puissance statistique nécessaire.

Il est à noter que des stratégies alternatives, telles que la méta-analyse, semblent difficilement applicables dans le domaine de l'étude des effets des champs électromagnétiques du fait de la disparité très importante des sources d'exposition utilisées et de l'hétérogénéité des protocoles expérimentaux.

Conduite de l'expérimentation

Le schéma conceptuel de l'étude est d'une importance primordiale. Un protocole des plus convaincants est une étude d'intervention randomisée en double aveugle. Le protocole expérimental des études de provocation avec un schéma croisé dans lequel le même sujet est exposé de façon randomisée à plusieurs périodes d'expositions réelles ou factices, en simple ou double aveugle, a l'avantage de réduire la variabilité des mesures, puisque chaque sujet est son propre témoin. Cependant, il impose un certain nombre de vérifications et le respect de critères précis pour que leurs résultats soient considérés comme acceptables. Ces éléments de contrôle sont rarement présents dans les études publiées à ce jour sur l'effet des champs électromagnétiques :

- ce type d'étude est habituellement utilisé pour évaluer l'impact d'une intervention par rapport à une situation de référence et il faut donc impérativement que les groupes de participants formés par la randomisation soient strictement comparables, non seulement

pour les critères classiquement analysés (tels que l'âge, le genre, la masse corporelle, etc.), mais aussi en matière de sévérité des symptômes ou de la maladie étudiée ;

- le critère précédent rend compte du fait que mêler dans le même essai croisé des personnes se déclarant EHS et des témoins conduit à poser simultanément deux questions : 1) les champs électromagnétiques ont-ils des effets ? et 2) ces effets sont-ils comparables entre EHS et non-EHS ? Or, un critère méthodologique d'un essai, quel que soit son objectif est de répondre à une seule question (objectif principal) ;
- la comparabilité doit être vérifiée au moment de l'inclusion dans l'étude mais également avant chaque période d'exposition. Concrètement, pour le cas d'une étude de provocation étudiant l'effet d'une exposition aux champs électromagnétiques *versus* une exposition factice, la randomisation doit aboutir à deux groupes qui subiront deux périodes d'expérimentation : un groupe avec une exposition réelle, puis factice, et un groupe avec une exposition factice, puis réelle. En l'absence de comparabilité avant le début de chaque période, l'essai sera non recevable. Cela peut signifier que l'intervention subie durant la première période a des effets rémanents, qui vont biaiser les résultats de la seconde période. De ce fait, l'analyse statistique doit comporter une analyse séparée pour chaque période, avec la recherche d'un effet période avant de regrouper les données pour en faire l'analyse de l'effet de l'intervention. La rémanence éventuelle de l'effet de l'intervention subie pendant la période 1 peut être prévenue par le respect d'une fenêtre suffisamment longue entre les deux périodes. La durée de cette fenêtre dépend des situations cliniques, mais peut obliger à des études cinétiques spécifiques ;
- la stabilité de la maladie pendant toute la durée de l'essai. Ce critère découle du précédent, car si la maladie n'est pas stable, le critère de comparabilité ne sera pas respecté. Concernant les personnes se déclarant EHS, outre les difficultés liées au diagnostic qui ne seront pas reprises ici, les études de provocation ne font jamais état du mode évolutif des symptômes dans le temps (symptômes chroniques stables, évolution par crises, etc.). Ce critère n'est donc pas respecté dans les études publiées à ce jour ;
- les personnes incluses doivent constituer des groupes homogènes en matière d'ancienneté des symptômes, de leur sévérité, etc. Ceci pose la question du caractère optimal du recrutement des personnes se déclarant EHS dans ces études. Cette hétérogénéité potentielle est peut-être responsable d'un manque de discrimination n'ayant pas permis de mettre en évidence d'éventuels effets de faible ampleur ;
- au cours d'un essai croisé, les mesures constituant les critères de jugement sont effectuées à plusieurs reprises. Elles doivent donc être reproductibles avec une variabilité faible et surtout ne pas être influencées par la répétition des tests.

Les lieux où sont réalisés ces études de provocation et les protocoles d'exposition doivent être adaptés. La plupart des études de provocation ont été réalisées en cage de Faraday anéchoïque dans des conditions d'exposition normalisées et, de fait, non parfaitement représentatives de l'environnement réel (condition thermique ambiante, lumière, champs électromagnétiques, humidité, etc.). Dans des conditions plus proches de la réalité quotidienne des personnes, il est important de caractériser les sources et le bruit de fond, et de vérifier notamment que des émissions résiduelles d'appareils ne viennent pas perturber les expositions factices.

Il est à noter que la plupart des études de provocation portent sur un petit nombre de stimulations (de courte durée), et que la chronologie des réponses a rarement été étudiée en détail : délai entre deux stimulations, latence de la réponse, temps de récupération. Il semble en effet que la réponse des personnes se déclarant EHS à une exposition à des champs électromagnétiques présente d'importantes variations interindividuelles, en matière de sensibilité aux extrêmement basses fréquences ou aux radiofréquences, de latence d'apparition (immédiate ou différée, voire même très différée, par exemple dans la nuit suivant une exposition en journée).

Un point particulier à considérer est l'existence d'un phénomène d'habituation voire d'apprentissage : l'étude de Wilén *et al.* (2006) met en évidence le fait que les personnes se déclarant EHS présentent davantage de déficits de mémoire de travail accompagnés d'altérations

du système nerveux autonome que les témoins lors de la première session d'exposition. Cependant, il n'y a plus de différence significative entre les deux groupes lors de la répétition du test, ce qui suggère l'existence d'un phénomène d'habituation ou d'apprentissage. Ceci pourrait également s'expliquer par un effet possible du stress qui s'atténuerait avec l'habituation.

Expositions

Comme mentionné plus haut (cf. § 5.4), plusieurs paramètres fréquentiels et temporels doivent être analysés (séparément ou simultanément) :

- le niveau instantané du champ électrique dans les bandes de fréquences correspondant aux applications de télécommunications et de radio-télédiffusion ;
- le découpage des signaux en différentes bandes fréquentielles, et les différentes modulations (GSM, DECT, Wi-Fi, par exemple) ;
- l'influence des variations temporelles rapides (ou non) du champ électrique (inhérentes à la forme du signal, ou simulant le déplacement du sujet dans des zones d'ombre du signal) ;
- la possibilité d'effets cumulés dus à la répétition des expositions (très peu d'études ont utilisé un protocole où l'exposition aux champs électromagnétiques est répétée).

En effet, les personnes se déclarant EHS rapportent qu'elles répondent à certains types de signaux ou variation de signaux, plutôt qu'à un niveau d'exposition moyen, tel que cela est simulé dans la plupart des études de provocations publiées à ce jour. Et de fait, ces personnes sont généralement exposées à des niveaux bien inférieurs aux valeurs limites autorisées pour le public (cf. valeurs limites et recommandations présentées en Annexe 6)¹⁶¹.

Enfin, il s'avère que l'on n'a pas testé toutes les possibilités d'exposition de l'environnement électromagnétique réel auquel sont soumises quotidiennement les personnes se déclarant EHS, par ailleurs en évolution permanente.

Analyse des résultats

L'analyse des résultats est souvent limitée par la faiblesse des effectifs. De nombreuses études incluses dans la revue de Rubin *et al.* (2010) étaient réalisées sur des effectifs relativement petits : médiane du nombre de personnes se déclarant EHS égale à 19 (Rubin, Nieto-Hernandez, and Wessely 2010). On ne peut alors exclure l'hypothèse qu'un petit nombre de participants « véritablement capables de percevoir les champs radiofréquences de faible niveau, mais que ces sujets n'ont pas encore été identifiés » (Röösli 2008a). Deux approches ont été réalisées pour pallier ce manque de puissance des études. D'une part, Eltiti et Wallace (2015) ont effectué une analyse *poolée* de deux de leurs études (Eltiti *et al.*, 2007, et Wallace *et al.*, 2010), mais n'ont pas pour autant montré de relation de causalité, malgré un effectif plus grand. D'autre part, une méta-analyse incluant 5 études sur l'exposition au téléphone mobile (n = 180) n'a pas non plus identifié d'effet significatif de l'exposition (Röösli 2008a).

Enfin, il faut prendre garde au fait que l'exclusion des analyses de certaines données ou de certaines personnes, si elle est scientifiquement justifiée, doit être solidement expliquée et argumentée (ex. : non prise en compte de valeurs extrêmes non reproductibles), et peut même illustrer la difficulté de maintenir l'insu au cours de l'étude.

Par exemple, dans une étude où 43 participants ont dormi à leur domicile, trois nuits sous un voile protecteur (cage de Faraday), trois nuits sous un voile non protecteur et trois nuits sans voile, trois participants ont bénéficié d'une amélioration significative de la qualité subjective de leur sommeil sous le voile protecteur, mais la vérification des appareils de mesure des champs

¹⁶¹ À titre d'exemple, les travaux du Copic (Comité opérationnel sur les ondes de téléphonie mobile) (rapport du 31 juillet 2013) ont montré, par simulation des antennes-relais de la téléphonie mobile, que 90 % des niveaux d'exposition modélisés sont inférieurs à 0,7 V/m et 99 % à 2,7 V/m, alors que les valeurs limites réglementaires pour le public sont comprises entre environ 40 V/m et 61 V/m pour les fréquences utilisées par la téléphonie mobile.

électromagnétiques installés a permis de penser que chacun de ces trois volontaires avait pu vérifier si le voile était protecteur ou factice (Leitgeb *et al.* 2008), influençant ainsi leur comportement.

6.2.4 Conclusion des études de provocation

Provoquer l'apparition de la symptomatologie des personnes se déclarant EHS par une exposition expérimentale, en double aveugle, aux champs électromagnétiques, apparaît comme un moyen simple de vérifier leur capacité, à travers les symptômes qu'elles déclarent ressentir lorsqu'elles sont exposées, à percevoir indirectement les champs électromagnétiques.

Ces études ont été suffisamment nombreuses pour justifier deux revues systématiques (Rubin *et al.*, 2005 ; Rössli *et al.*, 2008a) analysées dans le rapport publié par l'Afsset en 2009. La revue de Rubin *et al.* portait sur 31 articles et celle de Rössli *et al.*, limitée aux radiofréquences de la téléphonie mobile, sur deux articles inclus dans le travail de Rubin *et al.*, et sur dix nouveaux articles, publiés entre 2005 et 2007, auxquels ont été ajoutés quatre articles en population générale.

Les résultats de la méta-analyse de Rubin *et al.* (2005) avaient conduit les auteurs à conclure que l'EHS était sans rapport avec la présence de champs électromagnétiques, bien que davantage de recherches dans ce domaine soient nécessaires.

La méta-analyse de Rössli *et al.* (2008a) concluait ainsi : « *La différence relative globale entre les réponses correctes observées et attendues est de 0,042 [IC 95 % : -0,021 - 0,105]. Le taux de détection correcte du champ a été légèrement plus élevé dans les études portant sur des personnes se déclarant EHS que dans les études portant sur des sujets non-EHS, sans que la différence soit statistiquement significative. Dans la discussion, les auteurs disent qu'on ne peut pas exclure complètement que cette différence soit due à un petit nombre de sujets véritablement capables de percevoir les champs radiofréquences de faible niveau, mais que ces sujets n'ont pas encore été identifiés. S'ils existaient vraiment, il serait toutefois important qu'ils puissent être reconnus, d'une part, parce qu'ils traduiraient l'existence d'un mécanisme biologique pour l'instant inconnu et, d'autre part, parce que cette notion pourrait être utile dans la prise en charge des personnes se déclarant EHS* » (p295, Afsset 2009).

Depuis cette date, 8 articles publiés ont été présentés dans le rapport de l'Afsset de 2009 (Arnetz *et al.* (2007) et Hillert *et al.* (2008) donnant des résultats complémentaires obtenus lors de la même étude ; (Cinel *et al.* 2008, Boutry *et al.* 2008, Johansson *et al.* 2008, Landgrebe *et al.* 2008b, Augner *et al.* 2009a, Kwon *et al.* 2008)) et près d'une trentaine d'études de provocation ont été analysées dans le présent rapport (Landgrebe *et al.*, 2008a ; Nam *et al.*, 2009 ; Furubayashi *et al.*, 2009 ; Wallace *et al.*, 2010 ; Mortazavi *et al.*, 2011a ; Kwon *et al.*, 2012b ; etc.).

Sur la base des articles originaux ainsi répertoriés, on peut dire que, dans des conditions expérimentales, les personnes se déclarant EHS ont été, dans l'immense majorité des cas, incapables de démontrer leur aptitude à différencier la présence et l'absence de champs électromagnétiques, et n'ont pas présenté plus de symptômes fonctionnels pendant les périodes d'exposition que pendant les périodes de non exposition.

La question de savoir si l'hypothèse de Rössli *et al.* (2008a), selon laquelle il pourrait exister de rares personnes réellement sensibles aux radiofréquences, mérite encore notre attention.

Cette hypothèse a été à nouveau soulevée par l'étude de McCarty *et al.* (2011). Cette étude est la seule analysée dans le présent rapport qui semblerait mettre en évidence un résultat positif. Cependant, en l'absence de toute réplication, le fait que les données ne concernent qu'un effectif limité à une seule personne, associé à un protocole expérimental assez minimaliste, ne permet pas d'exclure que le hasard puisse être impliqué dans ces résultats. Cette étude pose néanmoins la question de la perception des champs électromagnétiques basses fréquences par l'être humain. Cette étude nécessite donc d'être répliquée avec un protocole amélioré et un nombre de sujets plus conséquent.

L'étude de Kwon *et al.* (2008)¹⁶² (analysée dans le rapport (Afsset, 2009) est, à la connaissance du groupe de travail, la seule ayant retesté des personnes qui s'étaient distinguées pour avoir détecté les champs électromagnétiques et qui a montré que les résultats n'étaient pas reproductibles.

Plus récemment, Van Moorselaar *et al.* (2017) ont réalisé des tests de provocation individualisés au domicile de personnes se déclarant EHS, au moyen d'un appareil d'exposition mobile, mais aucun des participants n'a été en mesure d'indiquer de manière fiable s'il était exposé ou non à la fréquence d'exposition qu'il avait lui-même choisie et qu'il déclarait être capable de détecter dans un intervalle de quelques minutes.

Au final, les résultats des études de provocation s'intéressant à la perception des champs électromagnétiques par les personnes se déclarant EHS semblent donc être en contradiction avec les témoignages (Ofstedal 2012), ce qui ne remet pas en question la réalité des symptômes ressentis par celles-ci (et présentés au § 6.1).

Un effet *nocebo*¹⁶³ est observé par plusieurs auteurs (notamment Rubin *et al.*, 2005 ; Stovner *et al.*, 2008, Szermersky *et al.*, 2010 et 2016 ; Witthöft *et al.*, 2013 ; Eltiti *et al.*, 2015). Cet effet est discuté au § 7.7.

Par ailleurs, certaines études de provocation ont cherché à objectiver des anomalies biologiques et / ou physiologiques en présence d'une exposition aux champs électromagnétiques chez des personnes se déclarant EHS (voir études analysées au § 6.2.1.2) :

- certaines études de provocation semblent mettre en évidence un phénotype différent au niveau basal (c'est-à-dire en l'absence d'exposition) entre les personnes se déclarant EHS et les témoins, concernant l'activité du système nerveux autonome (Lyskov *et al.*, 2001a ; Wilén *et al.*, 2006, Wallace *et al.* (2010), voir aussi Eltiti *et al.*, 2009). Cependant, les résultats sont divergents (voir discussion au § 7.4.4). Ainsi, l'hypothèse selon laquelle les personnes se déclarant EHS souffriraient d'un dysfonctionnement basal du SNA ne peut être ni validée ni exclue.
- concernant les variables hypniques, les travaux d'Arnetz *et al.* (2007) et de Lowden *et al.* (2011) analysent les modifications du sommeil à ondes lentes, qui est un stade fortement impliqué dans la récupération des fonctions homéostasiques de l'organisme et qui est particulièrement modifié par les activités physiques et les expositions environnementales qui précèdent l'heure du coucher. La structure globale du sommeil, la durée, ainsi que la latence de survenue du sommeil à ondes lentes sont également fortement influencées par les conditions ambiantes nocturnes dans lesquelles les enregistrements EEG sont réalisés. Celles-ci n'étant pas définies dans ces deux études (il faudrait qu'elles soient identiques entre les personnes se déclarant EHS et les témoins), la cause de ces modifications est très difficile à interpréter et à relier à un effet spécifique de l'exposition aux ondes. L'étude de Lowden *et al.* (2011) peut présenter un intérêt particulier, dans la mesure où elle confirme l'augmentation des fréquences *alpha* et des fuseaux de sommeil déjà décrites dans le rapport de l'Anses de 2013 et qui semble maintenant faire l'objet d'un consensus dans la littérature scientifique. L'impact de ces modifications sur la santé n'est pas connu et reste à démontrer le cas échéant ;
- l'analyse des études montre que l'exposition n'affecte pas le temps de réaction (Furubayashi *et al.*, 2009), les processus de mémorisation et l'attention (Wallace *et al.*, 2012), ainsi qu'une tâche de navigation spatiale (Wiholm *et al.*, 2009). Seule l'étude de Wilén *et al.* (2006) met en évidence davantage de déficits de mémoire de travail accompagnés d'altérations du système

¹⁶² Kwon *et al.* (2008) : cette étude est particulièrement intéressante par le nombre de sujets inclus (n = 84), le nombre d'essais réalisés pour chaque sujet (n = 600). Deux sujets ont réussi une performance lors d'une série de 100 essais, avec un taux de réponse correcte de 97 et de 94 % respectivement, mais ils n'ont pas pu obtenir le même résultat lors de l'épreuve renouvelée, effectuée dans les mêmes conditions, un mois plus tard.

¹⁶³ Cf. définition de l'effet *nocebo* au § 7.7.

nerveux autonome chez les personnes se déclarant EHS par rapport aux témoins lors de la première session d'exposition. Cependant, il n'y a plus de différence significative entre les deux groupes lors de la répétition du test, suggérant un effet possible du stress, plus important chez les personnes se déclarant EHS, qui s'atténuerait avec l'habituation (*cf.* discussion § 6.2.3).

En conclusion, les études de provocation n'ont pas permis d'objectiver d'anomalies biologiques ou physiologiques spécifiques aux personnes se déclarant EHS en condition d'exposition ; ceci suggère deux hypothèses distinctes :

- soit il n'existe pas d'anomalie biologique ou physiologique objectivable chez les personnes se déclarant EHS ;
- soit l'absence de résultat est due aux limites des études de provocation, qui ne sont pas spécifiques à l'étude de la perception des champs électromagnétiques (*cf.* discussion du § 6.2.3).

7 Recherche des raisons pour expliquer les symptômes des personnes se déclarant EHS

Les personnes se déclarant EHS souffrent d'un grand nombre de symptômes (troubles du sommeil, maux de tête, fatigue, etc., cf. § 6.1.1.3) et aucun auteur n'a contesté la réalité du vécu de ces personnes.

Pour essayer d'expliquer ces différents symptômes, un grand nombre d'hypothèses ont été formulées par les scientifiques, par les médecins prenant en charge des personnes se déclarant EHS ou directement par ces personnes elles-mêmes. Les experts du groupe de travail de l'Anses ont recensé ces hypothèses à travers les auditions de nombreuses parties prenantes (cf. liste des personnes auditionnées dans le Tableau 1, p6) et de l'analyse de la littérature scientifique. Le chapitre ci-après présente les hypothèses¹⁶⁴ identifiées et les discute, chaque fois que cela est possible, à la lumière des données de la littérature scientifique.

7.1 Les biomarqueurs

Classiquement, la notion de biomarqueur¹⁶⁵ s'applique à une caractéristique biologique mesurable, qui est représentative d'un état normal ou pathologique. Souvent, cela correspond à rechercher et doser une molécule précise, ou estimer des niveaux d'activité enzymatique. Les biomarqueurs (enzymes, protéines, antigènes, etc.) sont souvent recherchés pour répondre à la subjectivité et au manque de spécificité des données cliniques afin, le plus souvent, d'établir un diagnostic. Il faut préciser que l'utilisation d'un biomarqueur est un test diagnostic, mais il ne le remplace pas. Leur utilisation peut permettre la recherche d'une signature biologique d'un impact ou de la présence d'un xénobiotique dans l'organisme (biomarqueur d'exposition) ; elle peut aussi s'appliquer à l'effet induit d'un changement ou stress environnemental (biomarqueur d'effet). Une variation du milieu extérieur peut constituer pour l'organisme une contrainte qui se répercute par des modifications physico-chimiques du milieu intérieur et sur l'activité des organes. Il est cependant important de noter que des mécanismes correctifs d'adaptation ou d'ajustement peuvent permettre de diminuer ou de compenser ces modifications du milieu intérieur limitant, voire annulant, la stimulation environnementale et les réponses de l'organisme. Ces modifications n'induisent pas obligatoirement de troubles fonctionnels, mais elles peuvent permettre de maintenir les différentes constantes biologiques du milieu intérieur entre des valeurs normales compatibles avec le fonctionnement optimal de l'organisme. Les troubles fonctionnels avérés pour lesquels l'organisme souffre d'un dommage plus ou moins réversible et qui sont le signe d'une atteinte pathologique ne surviennent, le plus souvent, que pour des contraintes intenses, en fonction de leur durée et de leur intensité. L'étude des biomarqueurs pourrait constituer une piste de recherche intéressante pour essayer de prouver l'organicité de l'EHS. La détection de biomarqueurs d'effet spécifiques des personnes se déclarant EHS pourrait aussi mettre sur la piste de mécanismes biologiques éventuels.

¹⁶⁴ Les hypothèses n° 3 à 17 sont discutées dans le chapitre 6. Les hypothèses n°1 et 2 ont été discutées respectivement aux pages 96 et 101.

¹⁶⁵ Un biomarqueur peut être défini comme une substance chimique ou ses produits de dégradation présents dans le corps humain (biomarqueur d'exposition). Il peut être aussi une réponse biologique vis-à-vis de cette substance (biomarqueur d'effet).

7.1.1 Études phénotypiques sur les différences biologiques entre personnes se déclarant EHS et population générale

Hypothèse 4 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : une différence biologique ou des modifications physico-chimiques ?

L'hypothèse selon laquelle la survenue de l'EHS serait liée à des corrélats biologiques a été soulevée lors de l'audition des D^s Tournesac, Rosa, et Choucroun. Ces médecins, dans leurs pratiques, font faire un certain nombre de dosages (vitamines, acides gras, oligo-éléments, etc.), mais les résultats de ces analyses n'ont pas fait l'objet de publication à ce jour.

7.1.1.1 Rappel des conclusions des rapports précédents

Le rapport publié par l'Afsset en 2009 avait conclu que certaines études montraient quelques différences biologiques entre les personnes se déclarant EHS et la population générale. Aucune de ces différences n'avait été confirmée par au moins deux équipes indépendantes. Les études analysées avaient permis de décrire trois grandes pistes de recherche :

- l'augmentation des mastocytes cutanés proposée par Gangi et Johansson (2000) (Gangi and Johansson 2000), mais contredite depuis (Lonne-Rahm *et al.* 2000, Johansson 2006, Johansson *et al.* 2001) ;
- le système de réparation de l'ADN lors de stress génotoxique chez des lymphocytes de personnes se déclarant EHS (Belayev *et al.*, 2005 et 2009) ;
- les dysfonctionnements thyroïdiens et hépatiques, ainsi que des processus inflammatoires chroniques chez certaines personnes se déclarant EHS (Dahmen, Ghezal-Ahmadi, and Engel 2009).

Ces pistes ont été présentées dans le rapport (Afsset, 2009) et, à notre connaissance, aucune étude ne s'est intéressée depuis à ces questions.

7.1.1.2 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion

L'article de Belpomme *et al.* (2015) (analysé au § 6.1.3 et en Annexe 4) teste l'hypothèse de marqueurs biologiques de l'EHS. Les auteurs ont dosé jusqu'à 11 biomarqueurs (la protéine C réactive (hs-CRP), la vitamine D2-D3, l'histamine, les IgE, la protéine de liaison du calcium S100B, la nitrotyrosine (NTT), les protéines chaperones (HSP70 et HSP27), les anti-corps anti-O-myéline, le 6-hydroxy-melatonin sulfate (6-OHMS), la créatinine) chez 727 personnes se déclarant EHS et / ou SIOC. Les auteurs ont cependant reconnu qu'aucun de ces biomarqueurs n'était spécifique de l'EHS (*cf.* p. 259 de l'article).

Jusqu'à présent, aucun test biologique n'est apparu comme pouvant entrer dans la constitution d'un ensemble de critères de diagnostic de l'EHS (ce point est discuté au § 3.4.1).

7.1.2 Étude du stress oxydant chez les personnes se déclarant EHS

Le stress oxydant est une agression des molécules intra- ou extra-cellulaires, liée à la production d'espèces radicalaires autrement nommées radicaux libres¹⁶⁶. Il existe de nombreuses pathologies associées à un stress oxydant chronique.

L'hypothèse d'une relation entre l'exposition aux radiofréquences ou aux extrêmement basses fréquences et le déclenchement d'un stress oxydant est souvent avancée dans la littérature, qu'elle soit scientifique ou non. Cette hypothèse a justifié la réalisation d'un essai clinique thérapeutique à base d'anti-oxydants (vitamine C et E, sélénium) chez 16 personnes se déclarant EHS, mais les résultats n'ont pas mis en évidence d'effet bénéfique (Hillert *et al.* 2001).

Hypothèse 5 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : un stress oxydant chronique ?

L'hypothèse selon laquelle la survenue de l'EHS serait liée à un stress oxydant a été soulevée lors de l'audition d'Électrosensibles de France / Priartem

Très récemment, cette hypothèse a été à nouveau privilégiée par Pall, *via* la publication d'une série de revues de synthèse (Pall 2013, 2014). Ce chercheur s'est appuyé sur certaines publications pour postuler que l'évènement déclencheur de l'EHS serait dû au fait que les champs électromagnétiques seraient capables de modifier la conformation des canaux ioniques voltage-dépendants. Cette hypothèse de départ se base principalement sur des travaux de modélisation (Panagopoulos *et al.* 2000) :

1. l'ouverture de ces canaux induirait une entrée d'ions calcium dans la cellule, ce qui activerait la synthèse de Monoxyde d'azote (NO) (hypothèse étayée par les travaux de (Pilla 2012)) ;
2. la production de NO provoquerait l'apparition d'ions ONOO⁻ (peroxynitrite), ce qui conduirait à la production de radicaux libres induisant un stress oxydant dans les cellules.

L'ouverture de ces canaux ioniques voltage-dépendants a plusieurs conséquences ou effets, car ces protéines sont impliquées dans de nombreuses fonctions physiologiques. De plus, le cycle NO/ONOO⁻ est au centre de plusieurs phénomènes : stress oxydant chronique, capacité réduite pour détoxifier, phénomènes auto-immuns et pro-inflammatoires chroniques, qui pourraient être impliqués dans certaines pathologies fonctionnelles. Ainsi, Pall pense que l'EHS pourrait être expliquée par ce mécanisme d'action, même s'il reconnaît¹⁶⁷ que, pour l'instant, aucune donnée scientifique ne permet d'étayer cette hypothèse.

7.1.2.1 Personnes non-EHS : rappel des conclusions des précédents rapports

Longtemps avant l'élaboration de l'hypothèse de Pall, la possibilité que les champs électromagnétiques aient un impact sur le stress oxydant avait déjà été évoquée. Cette piste a été analysée et commentée dans les précédents rapports d'expertise de l'Agence. Pour rappel, le rapport (Afsset 2009) avait conclu qu'aucune étude de qualité ne mettait en évidence d'effet des radiofréquences sur les divers marqueurs du stress oxydant testés. Les nouvelles études analysées dans le rapport (Anses, 2013) laissaient entrevoir qu'une exposition aux radiofréquences pouvait, dans certains cas, entraîner une augmentation du stress oxydant, ou un

¹⁶⁶ cf. notamment encadré sur le stress oxydant p 139 du rapport sur les radiofréquences publié par l'Anses en 2013.

¹⁶⁷ Conférence du 23 octobre 2014: "Integrative Solutions for 21st Century Medicine" in Albuquerque, New Mexico, USA.

dérèglement des systèmes de protection. Toutefois, il faut souligner que les résultats publiés étaient très hétérogènes et semblaient dépendre du type de modèle biologique utilisé. Comme aucune donnée chez l'être humain n'avait été publiée, il était difficile d'extrapoler quant aux effets des radiofréquences sur la santé humaine (Anses, 2013).

7.1.2.2 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion

Étant donné que certaines publications récentes (Esmekaya, Ozer, and Seyhan 2011, Ozgur, Guler, and Seyhan 2010, Tomruk, Guler, and Dincel 2010, Xu *et al.* 2010) suggèrent un effet possible des radiofréquences sur le stress oxydant en fonction du modèle biologique, on peut s'interroger sur une éventuelle prédisposition à développer un stress oxydant sous exposition électromagnétique chez les personnes se déclarant EHS.

Pour répondre à cette question, il est primordial d'analyser le niveau de stress oxydant chez les personnes se déclarant EHS et non plus dans la population générale. Très peu d'études ont utilisé cette stratégie.

Les travaux de Belyaev *et al.* (Belyaev *et al.* 2005, Belyaev *et al.* 2009) et Markova *et al.* (2005), de la même équipe, font partie des très rares études utilisant des échantillons biologiques issus de personnes se déclarant EHS. Ces chercheurs n'ont pas directement étudié le stress oxydant mais plutôt le stress génotoxique. Néanmoins, ces deux types de stress cellulaires sont très étroitement liés, car un stress oxydant prolongé provoque systématiquement un stress génotoxique. Belyaev *et al.* ont travaillé sur des lymphocytes issus de donneurs se déclarant EHS en les comparant à des cellules issues de témoins. Ils ont ensuite analysé l'impact des expositions aux radiofréquences sur l'apparition de marqueurs cytologiques liés à la réparation de l'ADN. Le détail des résultats publiés par cette équipe a déjà été analysé dans le rapport (Afsset, 2009). Pour rappel, les deux premières études de cette équipe (Belyaev *et al.* 2005, Markovà *et al.* 2005) n'avaient pas montré de différences significatives entre les échantillons, qu'ils proviennent de personnes se déclarant EHS ou non. Dans leur troisième publication (Belyaev *et al.*, 2009), les auteurs soulignent qu'ils ont observé des différences entre témoins et personnes se déclarant EHS, mais les résultats expérimentaux ne sont pas présentés et sont très peu discutés. Il ressort de cette série d'études que les échantillons cellulaires venant de personnes se déclarant EHS ne semblent pas présenter plus de stress oxydant que ceux des témoins. Néanmoins, il faut souligner que très peu d'échantillons de personnes se déclarant EHS ont été analysés (entre 5 et 7 suivant les publications), et que les tests utilisés ne sont pas les plus sensibles en ce qui concerne le stress oxydant.

Les travaux publiés par De Luca *et al.* (2014) se sont intéressés aux paramètres d'oxydo-réduction dans le sang de personnes se déclarant EHS (également SIOC à 95 %) (*cf.* analyse de l'article au § 6.1.2). Cependant, ils ne permettent pas de déterminer si l'augmentation du stress oxydant observée chez ces personnes a pour origine la sensibilité aux produits chimiques ou l'EHS elle-même. En fait, cette étude permet uniquement d'affirmer que les personnes SIOC présentent un stress oxydant, qu'elles se déclarent EHS ou non.

En conclusion, les études sont rares et insuffisamment bien conduites par rapport à la problématique de l'EHS pour conclure à l'existence d'une éventuelle particularité des personnes se déclarant EHS vis-à-vis du stress oxydant (Belyaev *et al.* 2005, Markovà *et al.* 2005, Belyaev *et al.* 2009, De Luca *et al.* 2014, Belpomme, Campagnac, and Irigaray 2015). Dans ce domaine, tout reste à faire.

7.1.3 Étude des concentrations en métaux lourds et autres polluants chez les personnes se déclarant EHS

7.1.3.1 Introduction

Hypothèse 6 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : une intoxication chimique (métaux lourds, etc.) ?

L'hypothèse selon laquelle la survenue de l'EHS serait liée à une intoxication aux métaux lourds (éventuellement liée à la problématique des amalgames dentaires) ou à une capacité de détoxification réduite a été évoquée lors des auditions des associations Électrosensibles de France / Priartem et Zone blanche, ainsi que dans le courrier de Générations futures.

L'hypothèse selon laquelle l'EHS serait due à une intoxication aux métaux lourds ou à une capacité réduite de détoxification est souvent avancée dans la littérature, qu'elle soit scientifique (Genuis and Lipp 2012) ou non. D'après Ghezel-Ahmadi *et al.* (2010a), les métaux lourds pourraient interférer avec les champs électromagnétiques en accroissant la réponse inflammatoire, notamment par l'intermédiaire d'oxydations et la production de radicaux libres oxygénés (espèces réactives de l'oxygène - *Reactive Oxygen Species* : ROS). Certains métaux lourds diminueraient la protection radicalaire des cellules de l'organisme, ce qui favoriserait le stress oxydant. Cet aspect pourrait être exacerbé chez les personnes à sensibilité accrue aux stimuli de l'environnement.

Les métaux lourds tels que le mercure, le plomb, le cadmium peuvent s'accumuler¹⁶⁸ dans les tissus et les organes du corps en cas d'exposition de longue durée même à des concentrations très faibles. Le mercure s'accumule dans différents organes, en particulier le cerveau. La demi-vie d'élimination de ce toxique est très longue, atteignant 1 à 18 ans respectivement dans le cerveau et les os (Mutter *et al.* 2005). Cette accumulation peut être à l'origine de troubles dont les signes cliniques non spécifiques sont très proches de ceux rapportés par les personnes se déclarant EHS : perturbations du sommeil, migraine, fibromyalgie, paresthésie, maladies neurodégénératives, troubles comportementaux, déficit de l'attention, dépression et perturbations du système immunitaire (Mutter *et al.* 2005, Gardner *et al.* 2009, Costa *et al.* 2010).

Selon Miller (1997), une sensibilité chimique pourrait se développer suite à une diminution de la tolérance (sensibilisation) consécutive à une exposition prolongée aux agents chimiques, qui provoquerait dans un second temps la survenue de symptômes lors d'expositions à de faibles doses de ces agents (hypersensibilité) (*cf.* théorie du « *TILT* » ou *Toxicant-Induced Loss of Tolerance*). Selon cette théorie, il existerait des seuils de tolérance variant dans le temps et en fonction des personnes (Miller 1997).

7.1.3.2 Analyse des articles chez des personnes se déclarant EHS

Intoxication aux métaux lourds

Il existe peu d'études scientifiques sur le lien qui pourrait exister entre l'état d'une personne se déclarant EHS et la présence d'éléments-traces métalliques (ETM)¹⁶⁹ dans l'organisme. Une seule étude observationnelle s'est intéressée aux différences de concentrations en métaux lourds (cadmium, mercure et plomb) dans le sang entre une population se déclarant EHS et la population générale (Ghezel-Ahmadi *et al.* 2010a) (*cf.* analyse détaillée au § 6.1.3). Les résultats n'ont pas

¹⁶⁸ L'élimination des métaux lourds peut se faire par chélation. Dans l'organisme, la métallothionéine est une protéine chélatrice qui présente une grande affinité pour le mercure, le cadmium, le zinc, l'argent, le sélénium et l'arsenic. La métallothionéine présente dans la membrane de l'appareil de Golgi permet une détoxification naturelle de l'organisme et une protection contre le stress oxydant.

¹⁶⁹ La notion d'éléments-traces métalliques (ETM) tend à remplacer celle de « métaux lourds » mais reste un concept mal défini car associant des éléments toxiques à d'autres l'étant moins. Selon les éléments et le contexte, ils sont plus ou moins assimilables et peuvent être concentrés dans la chaîne alimentaire.

montré de différence significative pour le plomb et le mercure entre les deux populations. La concentration en cadmium était plus faible chez les personnes se déclarant EHS, hommes ($p < 0,05$) ou femmes ($p < 0,001$), comparée à celle du groupe témoin. Les valeurs des concentrations sanguines de cadmium, plomb et mercure mesurées dans cette étude sont toujours largement inférieures aux valeurs limites définies par l'Agence fédérale allemande de l'environnement auxquelles les auteurs les compare et au-delà desquelles il existe un risque pour la santé.

Costa *et al.* (2010) ont souligné les limites de cet article, notamment en ce qui concerne la mesure des concentrations sanguines de métaux lourds sans mesurer leur immunotoxicité. Costa *et al.* concluent qu'une telle approche démontrant l'absence d'augmentation des niveaux de concentrations de plomb, mercure et cadmium¹⁷⁰ dans le sang n'est pas suffisante pour écarter l'hypothèse que ces métaux jouent un rôle important dans l'EHS. Selon eux, l'étude devrait être complétée par une analyse des effets immunotoxiques de ces métaux. Les auteurs proposent un dosage tissulaire des métaux lourds, notamment du cadmium. Costa *et al.* avancent également l'idée que la mesure de la concentration urinaire du cadmium serait un marqueur plus représentatif de l'intoxication globale de l'organisme que celle effectuée par Ghezal-Ahmadi *et al.* au niveau sanguin.

En réponse à ces critiques, Ghezal-Ahmadi *et al.* (2010b) ont souligné que leur étude était la première à mesurer les concentrations de métaux lourds chez les personnes se déclarant EHS. « *Nous tenons à remercier le Dr Costa et ses collègues pour la suggestion de considérer les interactions du système immunitaire avec les métaux lourds. En fait, nous avons réalisé une batterie de tests immunologiques chez les patients et ces données sont en cours d'analyse* » (Ghezal-Ahmadi 2010b).

À la connaissance du groupe de travail de l'Anses, ces résultats n'ont toujours pas été publiés au moment de la finalisation du présent rapport. Le résultat principal de cette étude concerne les concentrations de plomb, mercure et cadmium mesurées dans le sang, qui n'étaient pas significativement plus élevées chez les personnes se déclarant EHS que chez les témoins.

Intoxication aux polluants organiques

Une autre étude, plus ancienne, de Hardell *et al.* (2008) a porté sur la relation qui pourrait exister entre les polluants organiques persistant dans l'organisme et l'EHS (*cf.* analyse détaillée au § 6.1.3). Les auteurs considèrent cette analyse comme une étude préliminaire. L'intérêt de ce travail est essentiellement de soulever une hypothèse sur la relation qui pourrait exister entre l'EHS et l'exposition aux polluants organiques, tels que le diphenyl éther polybromé présent dans les habitations et les lieux de travail et les pesticides organophosphorés. Cette hypothèse est intéressante dans la mesure où elle pose le problème des co-expositions, en particulier aux pesticides organophosphorés comme le chlordane. Ceux-ci agissent comme des inhibiteurs de l'acétylcholinestérase, ce qui provoque des anomalies de la transmission nerveuse au niveau synaptique à la fois au niveau du système nerveux central et périphérique (cœur, vaisseaux sanguins, muscles, etc.). Ces anomalies sont responsables de fatigue musculaire, en particulier au niveaux des muscles striés comme le diaphragme, et peuvent provoquer des symptômes similaires à ceux que rapportent les personnes EHS (notamment troubles du sommeil, migraines, etc.).

7.1.3.3 Conclusion

Il n'existe actuellement aucune étude scientifique sur les concentrations tissulaires des métaux lourds et leur élimination urinaire chez les personnes se déclarant EHS. Les résultats de la seule étude analysée sur les concentrations sanguines en métaux lourds (Ghezal-Ahmadi *et al.*, 2010a)

¹⁷⁰ Le cadmium est dosé habituellement dans l'urine car, chez l'adulte, sa concentration urinaire est corrélée à la charge rénale (en l'absence d'altération rénale importante) et donc traduit bien l'exposition cumulée au cours du temps. Le cadmium dosé dans le sang reflète surtout l'exposition récente.

ne sont pas suffisants pour conclure à une association (ou pas) entre une intoxication aux métaux lourds et la survenue de l'EHS.

La réponse critique de Costa *et al.* (2010), ainsi que d'autres travaux comme ceux de Gardner *et al.* (2009), Miller *et al.* (1997) et (Johansson 2009) ouvrent de nouvelles pistes de recherche en proposant une orientation des études sur l'immunotoxicité des métaux lourds.

L'étude de Hardell *et al.* (2008) soulève une autre hypothèse sur la relation qui pourrait exister entre l'exposition aux polluants organiques et la survenue de l'EHS, qui mériterait d'être investiguée.

7.2 Marqueurs génétiques ou épigénétiques

Hypothèse 7 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : un génotype ou phénotype prédisposant ?

L'hypothèse d'une sensibilité individuelle génétique ou épigénétique a notamment été soulevée par le Collectif EHS et Priartem lors de leur audition du 6 novembre 2014.

7.2.1 Préd disposition génétique et EHS

7.2.1.1 Introduction

Si l'on tient compte de toutes les formes de variations possibles (mutations ponctuelles, délétion, insertion, séquences répétées, etc.), le génome de tous les êtres humains est identique à 99,6 % environ. Ces 0,4 % de différence entre l'ADN de deux personnes ont cependant une grande importance, car c'est ce qui explique en partie la diversité des phénotypes (l'autre partie importante étant due à l'épigénétique). Avec le développement du séquençage haut-débit, ces dernières années ont vu fleurir de nombreuses études pour essayer de relier les variations inter-individuelles au sein des gènes et le risque de développer une maladie. À l'heure actuelle, les efforts se sont surtout concentrés sur les polymorphismes nucléotidiques (SNP, *single nucleotide polymorphisms*). Le génome d'une personne contient, en moyenne, trois millions de SNP (0,1 %). Ces petites variations au sein de la séquence génique peuvent, dans certains cas, modifier des séquences régulatrices contrôlant l'expression des gènes, ou encore modifier un codon¹⁷¹ et générer une autre version de protéine. Il arrive parfois que l'une de ces altérations soit suffisamment grave pour impacter directement le bon fonctionnement de l'organisme et générer une maladie. En général, il faut la présence simultanée de plusieurs versions de gènes variants (appelés allèles) pour aboutir à l'apparition d'une maladie. Par ailleurs, des modifications de la transcription et de la régulation de la maturation des ARNm peuvent pérenniser des modifications dans l'expression de gènes clés de fonctions cellulaires essentielles.

Dans la majorité des cas, il est question de « maladie génétique complexe » ou de « déterminisme polygénique ». Dans ce contexte, l'apparition de certaines maladies peut résulter d'une combinaison défavorable entre environnement (au sens large) et susceptibilité génétique exacerbée. C'est l'exemple du cas bien documenté de l'obésité, où s'entremêlent les effets des habitudes alimentaires et des prédispositions métaboliques personnelles. Plusieurs études ont recherché si la présence d'allèles particuliers pouvait expliquer la susceptibilité à certains agents présents dans l'environnement. La plupart de ces études portent sur la susceptibilité de développer des cancers suite à une exposition (ex : UV et cancer de la peau, ou tabac et cancer, etc.). Grâce à ces travaux, on sait maintenant que certaines versions de gènes peuvent favoriser le développement de pathologies dans un contexte environnemental particulier.

¹⁷¹ Codon : séquence composée de trois nucléotides consécutifs sur l'acide désoxyribonucléique (ADN), ou sur sa transcription en acide ribonucléique messager (ARNm), codant pour la synthèse de l'un des 20 acides aminés.

Parmi les troubles fonctionnels, seule la sensibilité aux produits chimiques (SIOC) a été réellement étudiée sous l'angle de la génétique (Hetherington and Battershill 2013), des travaux pionniers ont également été récemment publiés au sujet de la fibromyalgie ou du syndrome de fatigue chronique (Feng *et al.* 2013, Shimosako and Kerr 2014).

7.2.1.2 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion

En ce qui concerne les personnes se déclarant EHS, à notre connaissance, seuls De Luca *et al.* se sont intéressés au polymorphisme génétique dans cette population (De Luca *et al.*, 2014). À l'origine, ce groupe s'est spécialisé dans le domaine du SIOC (Caccamo *et al.* 2013, De Luca *et al.* 2015). Par la suite, il a aussi étendu son expertise aux autres types de sensibilité environnementale.

Lors de travaux précédents (Caccamo *et al.*, 2013), ces auteurs avaient examiné la possibilité que des personnes souffrant de SIOC puissent posséder des versions particulières de gènes codant des enzymes impliquées dans le métabolisme et l'élimination des produits chimiques. Ils avaient ainsi démontré que certaines variantes génétiques rares, codant des formes altérées de cytochrome P450¹⁷², étaient plus fréquemment présentes chez ces patients.

Suite à ces travaux, De Luca *et al.* (2014) ont étudié l'hypothèse selon laquelle ces mêmes allèles pourraient également être surreprésentés chez les personnes se déclarant EHS (*cf.* présentation détaillée de l'article au § 6.1.3). La justification première de cette stratégie « gène candidat » est la forte comorbidité entre les deux pathologies, les personnes se déclarant EHS souffrant souvent également de SIOC, et *vice versa*. La publication de De Luca *et al.* (2014) donne une première indication montrant que l'hypothèse d'une susceptibilité génétique à l'EHS et / ou au SIOC est une piste plausible, bien qu'encore non démontrée. Cette conclusion est valable pour la plupart des maladies polygéniques.

Enfin, il faut signaler que vu la forte hétérogénéité de la sous-population des EHS, la mise en évidence de combinaisons d'allèles statistiquement surreprésentés chez certaines personnes se déclarant EHS sera d'un faible pouvoir prédictif et ne pourra vraisemblablement pas servir d'outil de diagnostic.

7.2.2 Une composante épigénétique pour expliquer l'EHS ?

7.2.2.1 Introduction

La génétique moderne a mis en évidence l'importance de l'organisation de la chromatine dans l'expression des gènes. Celle-ci est très régulée grâce à un code ou système moléculaire complexe qui relève du domaine de l'épigénétique. La notion d'épigénétique a évolué au cours de l'histoire des sciences biologiques. Aujourd'hui, ce terme fait référence aux modifications chimiques enzymatiques de l'ADN (méthylation notamment) et à l'identité des protéines qui l'entourent. Ces protéines empaquettent l'ADN pour former la chromatine et sont elles-mêmes sujettes à de nombreuses modifications post-traductionnelles. Toutes ces modifications servent de tremplin au recrutement de différents facteurs, ce qui a pour conséquence de modifier la façon dont les gènes pourront être lus et exprimés. Les recherches effectuées ont pu mettre en évidence le fait que ces modifications épigénétiques peuvent être en partie influencées par l'environnement et par l'histoire individuelle des cellules ou de l'organisme. L'importance de l'épigénétique n'est plus à démontrer dans de nombreux cancers et de nombreuses études montrent notamment que l'épigénétique joue un rôle-clé dans la plasticité cérébrale (Encadré 3) et dans toute maladie multifactorielle où l'environnement est impliqué.

¹⁷² Les cytochromes P450 (CYP) correspondent à une famille d'enzymes assurant le métabolisme de certaines de molécules chimiques, endogènes ou exogènes (xénobiotiques).

Encadré 3 : la neuroépigénétique : cognition, mémoire et plasticité cérébrale - Effets du milieu enrichi

Si l'importance de l'épigénétique est depuis longtemps reconnue dans les domaines du cancer, de la biologie développementale et des recherches sur les cellules souches, ce n'est que plus récemment que son implication a été démontrée dans le cerveau. En effet, les mécanismes épigénétiques sont critiques pour les processus cellulaires cérébraux, par exemple la plasticité synaptique, et pour les comportements complexes comme l'apprentissage et la mémoire : ils jouent un rôle essentiel dans les fonctions neuronales (Rudenko and Tsai 2014). Ainsi, l'épigénétique joue un rôle-clé dans la plasticité synaptique, c'est-à-dire la capacité des neurones à renforcer ou affaiblir leurs connexions, mais aussi en créer de nouvelles, suite à une activation neuronale. Cette plasticité synaptique est proposée comme le corrélat cellulaire de l'apprentissage et de la mémoire. De nombreuses études ont démontré le rôle des modifications épigénétiques, en particulier au niveau des histones (« *histone code* » ou « *histone language* »), dans la mémoire par la régulation des programmes transcriptionnels liés à la consolidation d'un souvenir. Ils impliquent en particulier des gènes précoces, des facteurs de transcription ou encore le facteur neurotrophique BDNF. De plus, ces mécanismes épigénétiques (acétylation des histones, méthylation de l'ADN) jouent un rôle important dans les dysfonctionnements cognitifs observés dans certaines pathologies neurologiques ou psychiatriques chez l'être humain (Gräff and Mansuy 2008, Peixoto and Abel 2013). Enfin, l'impact de l'environnement, essentiellement étudié au travers de l'enrichissement du milieu de vie, a permis de montrer que l'augmentation des stimulations sensorielles, cognitives et motrices a un effet bénéfique sur le cerveau, notamment sur les apprentissages et la mémoire, et il retarde l'apparition de symptômes dans divers modèles de pathologies neurodégénératives ainsi qu'au cours du vieillissement normal. Fischer *et al.* (2007) montrent ainsi, dans un modèle de souris transgénique CK-p25, une protéine impliquée dans diverses maladies neurodégénératives chez l'être humain, que l'exposition à un environnement enrichi pendant 4 semaines permet la récupération des capacités d'apprentissage et de mémoire, ainsi que la plasticité cérébrale associée. Ces auteurs démontrent le rôle clé du remodelage de la chromatine par l'augmentation de l'acétylation des histones chez les animaux enrichis (Fischer *et al.* 2007). Ces découvertes ouvrent la voie pour de nouvelles pistes thérapeutiques visant à « manipuler » l'épigénome à l'aide d'agents pharmacologiques ou d'autres stratégies comme l'enrichissement du milieu de vie.

Un dernier point concerne le fait que les marques épigénétiques peuvent être transmises de manière stable au travers de la mitose et de la méiose, et donc sous tendre la transmission trans-générationnelle non-génomique des traits comportementaux ou de sensibilité à diverses pathologies, appelée « *soft inheritance* » ou « hérédité douce » (Jirtle and Skinner 2007, Gräff and Mansuy 2008, Richards 2006). Ainsi, les effets de l'environnement (enrichi) peuvent être transmis aux générations futures *via* les modifications de l'expression de gènes spécifiques « marqués » épigénétiquement (Arai *et al.* 2009).

7.2.2.2 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion

En ce qui concerne les personnes se déclarant EHS et l'épigénétique, aucune étude scientifique n'a été publiée à ce jour. D'une manière plus générale, les effets des radiofréquences sur la santé n'ont pas été étudiés dans le domaine de l'épigénétique.

En l'absence de données pouvant étayer ou infirmer l'hypothèse épigénétique, aucune conclusion ne peut être formulée sur ce thème à l'heure actuelle.

7.3 Système immunitaire

Parmi les possibles pistes permettant d'expliquer l'origine de l'EHS, l'hypothèse d'une origine immunitaire est parfois évoquée.

Hypothèse 8 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : des phénomènes auto-immuns et un état pro-inflammatoire chronique ?

L'hypothèse selon laquelle la survenue de l'EHS serait liée à un problème immunitaire a été évoquée lors des auditions du Criirem, des Électrosensibles de France et de Priartem, du D' Choucroun et dans le courrier de Générations Futures.

Les marqueurs suivants ont été cités par le Criirem : Lymphocytes (natural killers), IgG.

Diverses infections latentes ont été évoquées : la maladie de Lyme¹⁷³, bartonellose et babésiose.

Cette hypothèse s'appuie, d'une part sur le constat de l'existence d'une incidence élevée d'allergies déclarées chez les personnes se déclarant EHS (Hetherington and Battershill 2013) et, d'autre part, sur l'existence de témoignages de personnes se déclarant EHS évoquant une amélioration de leur état général lors de la prise d'anti-inflammatoires [cf. notamment Audition d'Agnès Fontana, Robin des Toits], ce traitement ayant pour effet de diminuer la réponse immunitaire (cf. Encadré 4).

Encadré 4 : le système immunitaire

Le système immunitaire est le système de défense de l'organisme contre les substances étrangères ou les agents infectieux, mais aussi contre ses propres constituants altérés (tels que les cellules cancéreuses). La réponse immunitaire est finement régulée par une intense communication intercellulaire directe (réaction récepteur / ligand) et par l'intermédiaire de cytokines. L'atteinte des systèmes de régulation peut entraîner une immunodépression favorisant les infections ou, au contraire, une hyper activation du système immunitaire pouvant conduire à un état allergique ou pro inflammatoire chronique.

Un modèle physiopathologique expliquant la survenue de l'EHS au travers d'un effet immunitaire a été proposé dès le début des années 2000. Dans leurs travaux théoriques, Gangi et Johansson (2000) ont construit une hypothèse, suite à plusieurs recoupements, selon laquelle les champs électromagnétiques pourraient conduire à la dégranulation des mastocytes. Ces cellules libèrent un large spectre de médiateurs chimiques, dont l'histamine, qui est un médiateur spécifiquement libéré en cas de crise allergique. Cette voie n'a cependant pas été validée expérimentalement.

Dans leur revue d'articles portant sur l'électrohypersensibilité, Genius *et al.* (2012) évoquent également la possibilité d'une origine immunitaire de l'EHS et rattachent celle-ci aux syndromes d'hypersensibilités. Pour ces auteurs, le mécanisme par lequel le corps devient hypersensible aux champs électromagnétiques pourrait être induit par une exposition toxique environnementale autre que celle liée aux rayonnements. Par la suite, après avoir dépassé un point limite de bioaccumulation, le système immunitaire perdrait sa capacité normale d'adaptation et son immunotolérance. Cette perte conduirait l'organisme à être sensibilisé à des signaux de très faible amplitude et sans relation avec le stimulus d'origine comme les rayonnements électromagnétiques.

¹⁷³ À propos de la maladie de Lyme, ou « borréliose de Lyme », il s'agit d'une maladie bactérienne (zoonose et parasitose) transmise à l'Homme et à certains animaux par des bactéries du genre *Borrelia* transmises par des morsures de tiques. 27 000 personnes sont officiellement touchées chaque année par la maladie de Lyme, son diagnostic étant difficile à effectuer, elles pourraient être bien plus nombreuses. La controverse autour de la maladie de Lyme et de son diagnostic est présentée dans une thèse de sociologie (Massart, 2013) (<https://halshs.archives-ouvertes.fr/PACTE-THESE/tel-01155064v1>).

L'hypothèse d'une origine de l'EHS due à un affaiblissement des défenses immunitaires par une infection chronique telle que la maladie de Lyme est parfois avancée dans la littérature non scientifique (témoignages, forum, etc.). Elle est alimentée par la controverse autour du diagnostic de la maladie de Lyme. À ce jour, aucun article scientifique ne s'est intéressé à cette hypothèse qui ne repose sur aucun élément scientifique ; le groupe de travail de l'Anses n'a donc pas pu l'étudier.

7.3.1 Sujets non-EHS : rappel des conclusions des rapports précédents

L'hypothèse d'un effet potentiel des radiofréquences sur le système immunitaire a fait l'objet d'une analyse attentive au cours des précédents rapports publiés par l'Afsset en 2009 et par l'Anses en 2013.

En 2009, l'analyse de neuf articles de bonne qualité avait amené les experts à conclure à « l'absence de preuve montrant l'existence d'un effet délétère des radiofréquences (essentiellement à 900 et 1 800 MHz) sur les cellules du système immunitaire ».

En 2013, l'analyse des six articles de qualité traitant de cette thématique avait mis en évidence « un niveau de preuve insuffisant pour conclure à un éventuel effet des radiofréquences sur le système immunitaire chez l'être humain » chez des personnes non-EHS.

7.3.2 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion

L'hypothèse d'une origine de l'EHS liée à une perturbation du système immunitaire a été évoquée, cependant, en l'absence d'étude réalisée chez des personnes se déclarant EHS, aucun élément ne permet d'étayer cette hypothèse.

Dans l'état actuel des connaissances, les études réalisées sur modèles *in vitro* et *in vivo* ou chez des personnes non-EHS ne suggèrent pas de mécanisme d'action des radiofréquences sur le système immunitaire.

7.4 Système nerveux autonome

L'objectif de ce chapitre est de faire un point actualisé sur les données cliniques expérimentales concernant les effets des radiofréquences sur l'activité du système nerveux autonome (SNA). En effet, l'analyse de l'activité de ce système a été proposée comme un outil pertinent pour le diagnostic positif de l'hypersensibilité aux radiofréquences et la compréhension des effets de celles-ci sur l'organisme humain. Après un rappel sur le fonctionnement et les méthodes d'études du SNA, l'analyse objective de la qualité et des résultats de ces études sera détaillée.

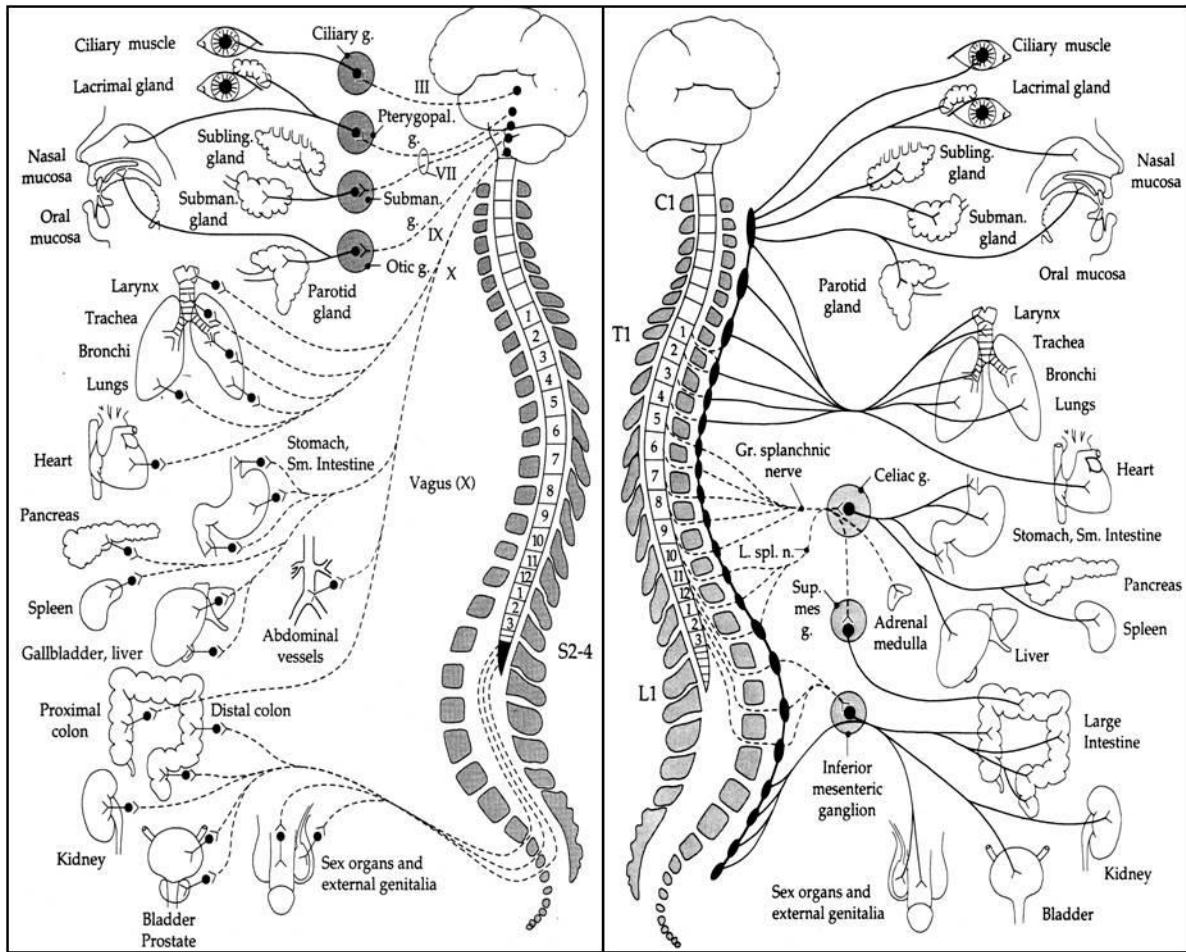
7.4.1 Introduction

Hypothèse 9 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : un dysfonctionnement du système nerveux autonome ?

L'hypothèse selon laquelle la survenue de l'EHS serait liée à un dysfonctionnement du système nerveux autonome est souvent évoquée dans la littérature scientifique.

7.4.1.1 L'organisation anatomo-fonctionnelle du système nerveux autonome

Essentiellement involontaire et automatique, le système nerveux autonome (SNA) module, régule et harmonise la vie végétative des différents organes du corps humain, contribuant ainsi au maintien de l'homéostasie. La totalité des organes reçoit une innervation végétative. Le SNA comprend le système parasympathique et le système (ortho)sympathique (cf. Figure 16).



Le système parasympathique (à gauche)

Le système (ortho)sympathique (à droite)

Source : d'après Senard, 2011

Figure 16 : organisation anatomique du système nerveux autonome

Les centres végétatifs sont situés dans le tronc cérébral (noyau du tractus solitaire, noyau dorsal du vague, noyaux vasomoteurs, etc.) et le diencephale (thalamus et hypothalamus). Ainsi, bien qu'automatique, le fonctionnement du SNA subit de nombreuses modulations sous l'effet de modifications de l'activité corticale qu'il s'agisse de stimulations provenant des organes sensoriels, ou de facteurs endogènes (veille-sommeil, stress, etc.).

Parmi ces centres, l'hypothalamus est une structure particulièrement importante impliquée dans la régulation du sommeil, des rythmes biologiques (*via* les noyaux supra-chiasmatiques), du stress, du maintien de l'homéothermie et de la prise alimentaire. En relation avec les structures du système limbique comme l'hippocampe ou l'amygdale, l'hypothalamus est impliqué dans les comportements émotionnels. Enfin, cette structure assure également la « gestion » des conflits de régulation entre diverses fonctions lors de poly-expositions (l'un des conflits les plus étudiés chez l'animal et l'être humain est celui entre le maintien des stades de sommeil, en particulier le sommeil paradoxal et le maintien de l'homéothermie lors d'un stress thermique).

Les fibres nerveuses les mieux connues sont les fibres efférentes allant du cerveau aux organes périphériques. Sur le plan anatomique et fonctionnel, on peut opposer le système parasympathique (organisation étagée, métamérique, fibres post-ganglionnaires de petite taille, rapport neurones pré/post-ganglionnaires élevé), dont l'action reste localisée au système orthosympathique (origine étendue tout au long de la moelle dorsolombaire, fibres post-ganglionnaires peu ou pas myélinisées plus nombreuses que les fibres pré-ganglionnaires), dont l'action est diffuse. Au niveau biochimique, le neuromédiateur (*cf.* § 7.5.2 sur la neurotransmission) ganglionnaire des deux systèmes est l'acétylcholine qui interagit avec des récepteurs nicotiniques. Au niveau post-ganglionnaire, l'acétylcholine est le médiateur du SNA parasympathique

(récepteurs muscariniques) et la noradrénaline (à l'exception des fibres musculaires vasodilatatrices et des glandes sudoripares où le neuromédiateur est l'acétylcholine) celui du SNA orthosympathique (récepteurs alpha- et bêta-adrénergiques).

Outre les fibres efférentes, le SNA comporte également des fibres nerveuses afférentes allant des organes périphériques vers le système nerveux central. Ces fibres sont de petit calibre, non myélinisées (fibres de type C), et font relais dans le noyau du tractus solitaire dont les efférences projettent vers les centres supérieurs, y compris le cortex cérébral, en particulier insulaire.

Le SNA est le siège de dérèglements pathologiques primaires (maladies neurologiques avec atteinte du SNA : maladie de Parkinson, démences à corps de Lewy, atrophies multisystématisées, etc.) ou secondaires (diabète, amylose, insuffisance rénale, etc.) qui sont présentées en Annexe 10.

7.4.1.2 Les méthodes d'étude du fonctionnement du SNA

De très nombreuses techniques de mesure de l'activité du SNA ont été décrites. On peut distinguer celles mesurant directement son activité électrique et les techniques indirectes fondées sur les réponses d'organes cible aux stimulations mettant en jeu la modulation par le SNA. De façon à éviter un descriptif inutile dans le contexte de ce rapport, seules quelques techniques seront citées et / ou détaillées, car elles représentent les méthodes de référence ou sont utilisées dans les essais cliniques qui seront discutés plus loin (*cf.* Annexe 11).

7.4.2 Personnes non-EHS

Les rapports précédents de l'Agence (Afsset, 2009 ; Anses, 2013) n'ont pas spécifiquement évalué les données disponibles sur l'effet des radiofréquences sur le SNA. Cependant, l'analyse des effets sur le système cardiovasculaire, et en particulier la régulation de la fréquence cardiaque chez l'être humain (Parazzini *et al.* 2007c, Kantz *et al.* 2005, Atlasz *et al.* 2006, Nam *et al.* 2006, Barker *et al.* 2007, Tamer, Gündüz, and Özyildirim 2009, Yilmaz and Yildiz 2010, Barutcu *et al.* 2011, Bortkiewicz *et al.* 2012), évoquait indirectement des effets sur le SNA.

L'objet de ce chapitre est de reprendre l'analyse des effets des radiofréquences sur l'activité du SNA, en ne se cantonnant pas à la seule modulation de la variabilité de la fréquence cardiaque, chez des personnes se déclarant EHS et des témoins. En effet, les symptômes attribués par les personnes se déclarant EHS à l'exposition aux radiofréquences n'ont pu à ce jour être reliés à aucun mécanisme physiopathologique. Or, nombre de ces symptômes pourraient évoquer un dysfonctionnement végétatif. Seuls sont discutés ici les articles non analysés précédemment (pour les autres, le lecteur pourra consulter les rapports antérieurs de l'Anses).

Dans cette partie, les études sur des personnes non-EHS ont été analysées, car elles n'avaient pas été prises en compte dans le rapport publié par l'Anses en 2013.

Exposition aux champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences

Bortkiewicz *et al.* (2006) ont réalisé une étude ouverte¹⁷⁴ incluant un groupe de 63 travailleurs hommes, afin d'analyser les effets de l'exposition professionnelle à un champ basse fréquence (50 Hz, 26,1 à 37,3 μ T, 4,3-6,7 kV/m) sur la variabilité de la fréquence cardiaque dans les domaines temporel et fréquentiel (transformée rapide de Fourier), ainsi que sur la pression artérielle (enregistrement ambulatoire de 24 heures) (Bortkiewicz *et al.* 2006). Les mêmes paramètres ont été mesurés chez 42 travailleurs comparables pour l'âge et le genre, mais non exposés à un champ 50 Hz. Le but de l'étude était de d'analyser l'impact d'une exposition chronique à 50 Hz sur l'homéostasie cardiovasculaire.

Cependant, l'article est peu rigoureux sur le plan méthodologique avec de nombreux biais pouvant expliquer les quelques différences observées entre les groupes. Par ailleurs, les conditions de recueil du signal cardiaque sont mal explicitées et les bandes de haute fréquence (150-350 mHz)

¹⁷⁴ Cf. Définition de session « ouverte » en note de bas de page n° 141, p139.

ne correspondent pas à celles généralement recommandées pour ce type d'analyse. Les différences observées portent sur des critères non validés (pourcentage de participants ayant un rapport LF/HF¹⁷⁵ > 1 ou avec une déviation standard de la moyenne des intervalles RR correspondant au temps entre deux battements successifs inférieure à 27 ms plus élevée dans le groupe exposé). Les caractéristiques de l'enregistrement ambulatoire de la pression artérielle (matériel utilisé, définition des périodes de jour et de nuit, etc.) ne sont pas précisées. De plus, la taille de l'échantillon est vraisemblablement trop petite pour montrer un effet. Enfin, cet article reprend une partie des données acquises et déjà publiées dans un travail précédent en incluant les mêmes personnes, ce qui est en soi critiquable (Bortkiewicz, Zmyslony, and Gadzicka 1998).

Kim *et al.* (2013) ont étudié les effets d'un champ magnétique 60 Hz chez 30 adultes et 30 adolescents non-EHS. Le protocole de l'étude est strictement identique à celui des publications de Kwon *et al.* (2012b) (*cf.* § 6.2.1.2.3), car il s'agit de la même équipe. C'est une étude en double aveugle où les participants étaient exposés à des champs électromagnétiques 60 Hz d'intensité 12,5 µT pendant 32 minutes. Différents paramètres physiologiques ont été mesurés (l'activité électrique cardiaque et le rythme respiratoire notamment). Les résultats sont superposables à ceux de l'étude précédente de Kim *et al.* (2012) (*cf.* § 6.2.1.2.3), à savoir :

- l'absence d'effets spécifiques liés à l'exposition réelle au champ électromagnétique sur les fréquences cardiaque et respiratoire ou le rapport LF/HF (ici exprimé en pourcentage de la valeur basale) ;
- il n'y a pas de différence entre les deux groupes d'âge (adolescents et adultes) sur l'ensemble des paramètres mesurés ;
- les résultats concernant la perception des champs électromagnétiques sont présentés au § 5.3 (Kim *et al.* 2013).

Exposition aux radiofréquences

Parazzini *et al.* (2013) ont réalisé une étude croisée en double aveugle sur les effets de l'émission d'un téléphone GSM sur la variabilité de la fréquence cardiaque au repos et lors d'un test d'activation sympathique (lever actif), sur une population de 26 personnes non-EHS. Les personnes sous traitement médical ou susceptibles de présenter des anomalies du SNA ont été exclues du protocole. La variabilité non linéaire de la fréquence cardiaque (Poincaré *plot* et entropie) a été étudiée à partir de l'intervalle R-R enregistré par un ECG. Les résultats ont été les suivants :

- le lever actif pendant la période d'exposition factice diminuait la complexité du signal cardiaque et sa variabilité non linéaire, suggérant une perte de sa plasticité et de ses capacités de modulation ;
- les valeurs de base et les variations mesurées pendant l'exposition factice ou réelle n'étaient pas significativement différentes (Parazzini *et al.* 2013).

La méthode d'analyse statistique est adaptée.

Choi *et al.* (2014) ont réalisé une étude croisée (exposition factice et exposition réelle pendant 32 minutes), en double aveugle, pour évaluer les effets d'une exposition à un signal de type WCDMA chez 26 adultes et 26 adolescents non-EHS. Le protocole de l'étude est strictement identique à celui des publications de Kwon *et al.*, car il s'agit de la même équipe. Les paramètres évaluant l'impact de l'exposition sur le SNA sont classiques : fréquences cardiaque et respiratoire, variabilité sinusale. Par ailleurs, la perception de l'exposition et le ressenti de huit symptômes subjectifs ont également été évalués (*cf.* § 5.3). Les résultats ont été les suivants :

- il n'y avait pas de différences significatives des fréquences cardiaque ou respiratoire ni de la valeur du rapport LF/HF entre les deux groupes avant toute exposition ;

¹⁷⁵ Le rapport LF/HF est supposé refléter la balance sympathovagale (voir en Annexe 11).

- l'exposition, qu'elle soit factice ou réelle, ne modifiait ni la fréquence cardiaque ni la fréquence respiratoire ;
- les deux périodes d'exposition augmentaient la valeur du rapport LF/HF de façon comparable ;
- il n'y avait pas de différence dans les réponses des adultes et des adolescents ;
- les deux groupes de volontaires avaient des réponses similaires quant à l'identification de la nature réelle ou factice de l'exposition (les résultats concernant la perception des champs électromagnétiques sont présentés au § 5.3) (Choi *et al.* 2014).

7.4.3 Études phénotypiques

Les deux articles présentés ci-après ne sont pas des études de provocation (traitées au § 6.2.1), mais de recherche d'un phénotype différent entre personnes se déclarant EHS et témoins. Les personnes ne sont soumises à aucune exposition autre que celles de l'environnement.

Absence d'exposition

Lyskov *et al.* (2001b) ont réalisé une seconde étude (*cf.* la première étude de Lyskov *et al.* (2001a) présentée au § 6.2.1.2.3), qui s'intéresse aux différences de phénotypes entre personnes se déclarant EHS (n = 20) et témoins (n = 20) en utilisant les mêmes tests que Lyskov *et al.* (2001a) (EEG, potentiels évoqués visuels, mesures de la pression artérielle et de la fréquence cardiaque, analyse spectrale de la variabilité sinusale en utilisant des valeurs correctes des bandes de fréquences HF et LF, conductances électrodermales), mais en ajoutant des tests évaluant l'activité végétative cardiovasculaire dans le domaine temporel (déviation standard SD de la fréquence cardiaque, épreuve de respiration profonde, rapport 30/15 (*cf.* signification du rapport en Annexe 11)). L'environnement radioélectrique n'était pas connu. Les résultats ont été les suivants :

- comme dans l'étude précédente, la fréquence cardiaque était significativement plus élevée chez les personnes se déclarant EHS que chez les témoins ;
- l'indicateur de la variabilité globale de la fréquence cardiaque (SD) était plus faible chez les personnes se déclarant EHS, mais ceci s'explique par une fréquence cardiaque plus élevée chez ces personnes ;
- le rapport LF/HF de la fréquence cardiaque était plus élevé chez les personnes se déclarant EHS que chez les témoins (Lyskov, Sandström, and Hansson Mild 2001b). Cette évolution de la balance LF/HF traduit une augmentation de la composante sympathique du SNA, qui est souvent observée en présence d'un stress environnemental.

Les valeurs d'énergie des bandes LF et HF ne sont pas fournies, ce qui ne permet pas de connaître l'origine de la différence LF/HF entre les personnes se déclarant EHS et témoins. Cependant, l'absence de différence pour le rapport ventilatoire E/I (expiration/inspiration) lors de l'épreuve de respiration profonde évaluant l'activité parasympathique à destinée cardiaque suggère que la différence du rapport LF/HF pourrait être due à une activité sympathique plus élevée chez les personnes se déclarant EHS. La plus grande augmentation du rapport 30/15 lors du lever chez les témoins que chez les personnes se déclarant EHS peut paraître contradictoire avec les données de LF/HF. Il est dommage que les variations de variabilité sinusale et du rapport LF/HF pendant l'orthostatisme n'aient pas été mesurées.

Sandström *et al.* (2003) ont effectué, pendant 24 heures, des enregistrements ECG de personnes se déclarant EHS (n = 14) et chez des témoins (n = 14) appariés selon l'âge et le genre. Ils ont calculé la fréquence cardiaque moyenne (FC) et sa variabilité (HRV) à partir d'un enregistrement holter ECG, en relation avec la mesure de l'exposition au champ magnétique environnant (40-800 Hz) sur l'ensemble des 24 heures. Il ressort de ce travail que :

- contrairement à ce qui était observé chez les témoins, il existait chez les personnes se déclarant EHS une augmentation significativement plus faible de l'énergie de la bande HF (bande haute fréquence évaluant l'activité parasympathique) lors de l'induction du sommeil et durant la nuit et ce, en dépit de l'absence de variations notables du champ magnétique.

Des anomalies similaires ont été retrouvées au niveau du rapport LF/HF identique dans les deux groupes durant la période de veille et significativement plus élevé la nuit chez les personnes se déclarant EHS que chez les témoins ;

- l'énergie des bandes basses fréquences (reflétant l'activité sympathique) est identique dans les deux groupes ;
- aucune association entre la variabilité de la fréquence cardiaque et l'exposition environnementale aux champs électromagnétiques n'a été observée (Sandström *et al.* 2003).

Ces résultats suggèrent l'existence de troubles du sommeil (pouvant impacter par exemple la répartition des différents stades de sommeil, le nombre de cycles, les périodes de sommeil, etc.) chez les personnes se déclarant EHS. Les auteurs avancent l'hypothèse selon laquelle ces troubles seraient dus à un déséquilibre du système nerveux autonome, car il est bien établi que, selon les stades, le sommeil s'accompagne de variations de la variabilité sinusale (*cf.* analyse des articles sur le sommeil au § 6.2.1.2.5). En revanche, ce travail, bien mené (les techniques utilisées sont convaincantes), ne montre pas de lien entre la variabilité de la fréquence cardiaque (HRV) et l'exposition aux champs électromagnétiques.

7.4.4 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion

Une dizaine d'études de provocation (Lyskov *et al.*, 2001a ; Wilén *et al.*, 2006 ; Eltiti *et al.*, 2009 ; Furubayashi *et al.*, 2009 ; Nam *et al.*, 2009 ; Wallace *et al.*, 2010 et 2012 ; Kim *et al.*, 2012 ; Kwon *et al.*, 2011 ; Kwon *et al.*, 2012b) (analysées au § 6.2.1.2.2 et au § 6.2.1.2.3) et deux études de recherche d'un phénotype spécifique (Lyskov *et al.*, 2001b ; Sandström *et al.*, 2003) (analysées au § 7.4.3) se sont intéressées à l'activité du SNA des personnes se déclarant EHS.

Certaines études semblent mettre en évidence un phénotype différent au niveau basal (c'est-à-dire en l'absence d'exposition) entre les personnes se déclarant EHS et les témoins, concernant l'activité du SNA (Lyskov *et al.*, 2001a et b ; Sandström *et al.*, 2003 ; Wilén *et al.*, 2006, Wallace *et al.*, 2010, voire aussi Eltiti *et al.*, 2009). L'origine de cette différence serait un déséquilibre de la balance ortho/parasympathique, qui se manifesterait par une augmentation de la composante orthosympathique, une tachycardie et une augmentation de la conductance cutanée. Ces modifications pourraient traduire un effet du stress lié aux conditions expérimentales. Cependant, les résultats sont divergents : la valeur du rapport LF/HF est généralement plus élevée chez les personnes se déclarant EHS (Lyskov *et al.*, 2001b ; Sandström *et al.*, 2003), mais l'inverse est parfois observé (Lyskov *et al.*, 2001a). Les travaux de Wallace *et al.* ont montré en 2010 une augmentation de la fréquence cardiaque, qu'ils n'ont plus retrouvée en 2012. D'autres auteurs n'ont pas non plus décrit de telles différences (Furubayashi *et al.*, 2009 ; Kwon *et al.*, 2011, 2012b, Nam *et al.*, 2009 ; Kim *et al.*, 2012). L'hétérogénéité des résultats peut s'expliquer par plusieurs limites, que l'on retrouve dans la plupart de ces études, notamment :

- 1) la faible taille des échantillons et donc une faible puissance statistique des études ;
- 2) l'absence d'évaluation, même simple, de l'activité du SNA préalable à l'inclusion des personnes. Ainsi, lorsque cela est réalisé, c'est-à-dire rarement, on constate un pourcentage non négligeable de participants souffrant de maladies connues pour être associées à des anomalies de fonctionnement du SNA (*cf.* Annexe 10). Ceci pose le problème de la sélection des participants dans les études ;
- 3) les moyens utilisés pour l'analyse de l'activité du SNA sont peu adaptés à la question posée. En effet, le recueil des conductances électrodermales, bien que souvent réalisé, est peu adapté en raison de sa très grande variabilité et de sa sensibilité aux conditions expérimentales. L'analyse de la variabilité sinusale, bien que mieux validée quant à sa signification physiologique, est peu adaptée à la réalisation d'études de provocation, car elle repose sur une stabilité indispensable du signal pendant des périodes d'enregistrements assez longues (de l'ordre de 5 minutes), peu compatibles avec la détection de l'effet d'une exposition de brève durée aux radiofréquences. Par ailleurs,

l'analyse de la variabilité sinusale doit répondre à un certain nombre de règles méthodologiques rarement détaillées dans les études.

Ainsi, en l'état actuel des connaissances, l'hypothèse selon laquelle les personnes se déclarant EHS souffriraient d'un dysfonctionnement basal du SNA ne peut être ni validée ni exclue.

Par ailleurs, les données disponibles ne permettent pas de mettre en évidence un impact des champs électromagnétiques sur le SNA des personnes se déclarant EHS (ni celui des témoins).

L'hypothèse d'un dysfonctionnement du SNA dû à l'exposition aux champs électromagnétiques n'est pas non plus vérifiée avec les techniques mises en œuvre jusqu'à présent.

7.5 Système nerveux central

7.5.1 La barrière hémato-encéphalique (BHE)

Parmi les hypothèses mises en avant par certains auteurs, et notamment par des associations, pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS, une altération de l'intégrité de la barrière hématoencéphalique (BHE) a été proposée.

Hypothèse 10 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : une altération de l'intégrité de la barrière hématoencéphalique (BHE) ?

L'hypothèse selon laquelle la survenue de l'EHS serait due à un problème de perméabilité de la BHE a été abordée lors des auditions du Criirem, des Électrosensibles de France et de Priartem, ainsi que d'une Terre pour les EHS.

7.5.1.1 Introduction

La BHE régule les échanges entre le sang et le cerveau. En conditions physiologiques, elle contrôle activement l'entrée et la sortie des composés endogènes et exogènes et contribue à l'homéostasie du liquide extracellulaire cérébral et au maintien des conditions optimales pour les fonctions neuronales et gliales. Cette action est rendue possible grâce aux caractéristiques structurales et biochimiques de ses composants, soit les cellules endothéliales, les péricytes et les pieds astrocytaires (cf. revue de (Wolburg and Lippoldt 2002) et rapport (Anses, 2013, § 7.1.2) pour les fonctions et caractéristiques de la BHE, ainsi que la revue de (Stam 2010) pour les méthodes d'exploration *in vivo* chez le rongeur et les modèles d'études *in vitro*). Toute augmentation de la perméabilité de cette barrière est potentiellement délétère, car elle permet l'entrée dans l'espace extracellulaire cérébral de substances potentiellement toxiques, ainsi que la formation d'œdèmes.

Des altérations de la BHE sont décrites dans de nombreuses pathologies cérébrales, en lien avec notamment une mort neuronale, et incluent des pathologies auto-immunes (sclérose en plaques), infectieuses (SIDA, méningites, paludisme, etc.), neurodégénératives (Alzheimer, etc.), ainsi que l'ischémie ou encore certaines tumeurs cérébrales. L'intégrité de cette barrière dépend en particulier de la température ; en effet, une augmentation de la température cérébrale de 1°C chez l'animal induit des altérations réversibles de la BHE, pointant l'importance du contrôle strict de celle-ci dans les études expérimentales visant à étudier les effets non thermiques des radiofréquences.

7.5.1.2 Modèles et personnes non-EHS : rappel des conclusions des expertises précédentes

Études in vitro et in vivo

L'idée que les effets des radiofréquences sur le cerveau puissent être liés à une altération de la BHE a émergé il y a plus de 30 ans avec des études chez le rongeur (Oscar and Hawkins 1977,

Williams *et al.* 1984a, Williams, Del Cerro, and Michaelson 1984b, Neubauer *et al.* 1990) puis à partir des années 2000, notamment avec les travaux du groupe suédois de Salford¹⁷⁶ qui, à plusieurs reprises, a montré qu'une exposition aux radiofréquences pouvait altérer la perméabilité de la BHE chez le rat (Eberhardt *et al.* 2008, Grafstrom *et al.* 2008, Nittby *et al.* 2009, Salford *et al.* 2003) (articles analysés dans le rapport Afsset de 2009) ou encore l'expression de gènes impliqués dans la régulation de la BHE (Belyaev *et al.* 2006). Cependant, plusieurs études expérimentales issues de groupes de recherche différents ont tenté de confirmer ces résultats chez le rat ou la souris, mais sans succès (Cosquer *et al.* 2005, Poulletier de Gannes *et al.* 2009, McQuade *et al.* 2009) (articles analysés dans les rapports publiés par l'Afsset en 2009 et par l'Anses en 2013).

Depuis la publication du dernier rapport de l'Anses (2013) sur les effets sanitaires des radiofréquences, de nouvelles études ont été publiées, qui proposent notamment une approche d'étude de la BHE chez l'animal (*in vivo* et *in vitro*) plus complète. Ainsi, Tang *et al.* (2015) ont montré chez le rat des altérations de la perméabilité de la BHE (extravasation de l'albumine et de bleu evans) dans l'hippocampe et le cortex après 28 jours d'exposition aux radiofréquences (signal « continu » GSM 900 MHz, 3 h/jour, 1 mW/cm², DAS corps entier = 0,16 W/kg et DAS tête = 2 W/kg) (Tang *et al.* 2015). De plus, ces auteurs ont mis en évidence le rôle de la voie ERK1/2 impliquée notamment dans l'extravasation de l'albumine. De tels effets n'étaient pas ou peu observés après une exposition similaire d'une durée de 14 jours.

Wang *et al.* (2015) ont utilisé un modèle *in vitro* de la BHE (co-culture de lignées cellulaires de type endothéliale-épithéliale humaine et d'astrocytes de cortex cérébral de rat) et une exposition pendant 5 minutes à un signal radiofréquence de type radar d'intensité très élevée (2,856 GHz à une puissance moyenne de 50 mW/cm², soit une intensité de champ électrique de 434 V/m¹⁷⁷) n'induisant cependant pas de modification de la température du milieu. Les radiofréquences ont induit des changements transitoires (entre 1 h et 24 h post-exposition) caractérisés par :

- un élargissement des jonctions serrées intercellulaires des cellules endothéliales et une baisse de l'expression des protéines spécifiques de ces jonctions (occludine, ZO-1) ;
- une baisse de la résistance électrique trans-endothéliale (marqueur de la perméabilité de la BHE) ;
- une augmentation de la perméabilité de la peroxydase de raifort ;
- une activation partielle de la voie VEGF/flk-1-ERK impliquée dans la composition et la perméabilité des jonctions serrées intercellulaires (Wang *et al.* 2015).

Ces données confortent celles obtenues par Zhou *et al.* (2013) avec un signal radiofréquence pulsé d'intensité très élevée (100 ou 400 kV/m) (Zhou *et al.* 2013), mais pas d'autres données antérieures (Franke, Ringelstein, and Stogbauer 2005b, Franke *et al.* 2005a, Kuribayashi *et al.* 2005) dans des modèles *in vitro* exposés à des signaux radiofréquences de type UMTS, GSM 1 800 ou encore 1 439 MHz (Franke, Ringelstein, and Stogbauer 2005b, Franke *et al.* 2005a). En effet, ces dernières études ne montrent pas de changement de la perméabilité de la BHE sous l'effet des radiofréquences.

Enfin, Masuda *et al.* (2015a,b) dans un modèle d'exposition locale au niveau du cortex cérébral de jeunes rats (1 et 2 mois) à l'aide d'une fenêtre intra-crânienne, n'ont montré aucune extravasation de fluorescéine, ni de modification des paramètres de la microcirculation cérébrale (visualisation en temps réel) pendant les 50 minutes d'exposition à un signal radiofréquences à 1 457 MHz (DAS

¹⁷⁶ À plusieurs reprises, l'Anses a envoyé des courriers à Salford et Persson pour leur demander des précisions sur les conditions d'obtention de leurs résultats et leur interprétation de ces derniers, mais sans succès. Ils n'ont pas souhaité répondre aux questions du GT de l'Anses.

¹⁷⁷ La publication mentionne une puissance maximale de 200 W/cm², mais il s'agit vraisemblablement d'une puissance de 200 mW/cm², correspondant à une intensité maximale de champ électrique de 868 V/m. Les impulsions de longueur 0,5 ms sont délivrées toutes les 2 ms.

local = 2 W/kg), ni d'extravasation d'albumine mesurée à la fin de l'exposition (Masuda *et al.* 2015a, Masuda *et al.* 2015b).

Leurs données confirment celles obtenues en 2007 chez le rat adulte selon le même protocole (Masuda *et al.* 2007a, 2007b).

Les articles récents de Sirav et Seyhan (2016), réalisés dans la lignée de leurs travaux antérieurs (Sirav and Seyhan 2011, 2009), et de Razavi *et al.* (2015), ont analysé chez le rat la perméabilité de la BHE par l'extravasation du Bleu Evans pour la première étude (Sirav and Seyhan 2016) et par une coloration histologique (hématoxyline & éosine) et un kit anti-albumine pour la seconde (Razavi *et al.* 2015). Ces deux études présentent des faiblesses méthodologiques importantes, au niveau de la description et du contrôle du système d'exposition (*cf.* rapport Anses 2013 pour Seyhan et Sirav) incluant l'absence de caractérisation de l'exposition (DAS) pour Razavi *et al.* De plus, l'absence de rats soumis à une exposition factice pour Razavi *et al.* et une analyse des résultats réduite à son minimum ne permettent pas de retenir ces résultats pour les conclusions du rapport (*cf.* analyse des articles de Sirav et Seyhan 2009 et 2011 dans le rapport Anses 2013).

L'article de Persson¹⁷⁸ *et al.* (2012) n'avait pas été analysé dans le rapport publié par l'Anses en 2013, car il ne remplissait pas les critères scientifiques habituels : il ne figure pas dans les bases de données internationales (*PubMed*, *Scopus*) et ne répond pas aux critères de sélection des articles pour le rapport (il n'a, notamment, pas été publié dans un journal à comité de lecture) (*cf.* § 2.1). Il s'agit d'un article de l'équipe de Salford, publié dans le journal *Acta Scientiarum Lundsia*, qui est une revue à compte d'auteur créée en 2011 (Persson 2012). Son comité scientifique ne comprend que des membres de l'Université de Lund (Suède). L'article n'est pas un travail « original », dans la mesure où les auteurs ont en partie ré-analysé des résultats antérieurs publiés dans des articles précédents, ainsi que ceux d'auteurs n'appartenant pas à leur équipe. Il s'agit toujours des mêmes résultats de l'équipe de Salford montrant un effet des radiofréquences sur la BHE chez le rat.

Études chez l'être humain

Chez l'être humain, l'étude de la perméabilité de la BHE repose principalement sur les techniques d'imagerie cérébrale 3D, IRM et scanner X. Elle nécessite l'utilisation de produits de contraste qui ne franchissent pas la BHE lorsque celle-ci est intacte, et diffusent dans les espaces extracellulaires cérébraux lorsque celle-ci est altérée. Ces produits de contraste sont, soit des composés iodés non dépourvus de toxicité pour le scanner X, soit des complexes de gadolinium mieux tolérés pour l'IRM. Cette dernière technique est donc actuellement la technique de référence. Cependant, jusqu'à une date récente, elle n'avait pas les performances suffisantes en matière de résolution temporelle et spatiale pour permettre les calculs nécessaires à la caractérisation fine du fonctionnement de la BHE dans l'ensemble du cerveau. Ceci explique que ces méthodes de *dynamic contrast-enhanced MRI* (DCE-MRI) n'aient pu être appliquées à l'étude des effets des radiofréquences sur la BHE chez l'être humain (non-EHS).

D'autres approches utilisant des marqueurs sanguins de dysfonctionnement de la BHE comme la protéine sérique S100 β , la transthyréline (TTR) ou encore la protéine β -trace, n'ont pas permis d'établir un lien évident entre leurs concentrations circulantes et le profil d'utilisation du téléphone mobile (durée d'exposition, date de la première utilisation du téléphone mobile) évalué par des questionnaires écrits (trois études du même groupe : (Soderqvist *et al.* 2012, Soderqvist, Carlberg, and Hardell 2009a, 2009b)).

Söderqvist *et al.* (2015) ont également évalué l'impact d'une exposition de 30 minutes aux radiofréquences (890 MHz, DAS_{10g} = 0,2 et 2 W/kg) sur les concentrations de trois marqueurs sanguins (S100 β , TTR et protéine β -trace) chez 24 personnes (12 hommes, 12 femmes) jeunes (18-30 ans, médiane = 22,5 ans) :

- les résultats n'ont montré aucun effet d'une exposition aiguë aux radiofréquences sur les trois marqueurs sanguins étudiés (Soderqvist, Carlberg, and Hardell 2015).

¹⁷⁸ Cet article est cité ici pour répondre à la demande de l'association Priartem [*cf.* Audition Priartem].

7.5.1.3 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion

Étant donné que certaines maladies neurologiques (Parkinson et Alzheimer par exemple) s'accompagnent d'une augmentation plus ou moins importante de la perméabilité de la BHE, il est parfaitement légitime de se poser les questions de savoir (1) si l'exposition à des radiofréquences aggrave les altérations de la BHE provoquées par d'autres facteurs et (2) si l'EHS, qui comporte une symptomatologie de dysfonctionnement cérébral, est associée à une augmentation de cette perméabilité.

Concernant la première hypothèse, les données publiées entre 2009 et 2013 ne permettaient pas de remettre en cause les conclusions des précédents rapports (Afsset 2009), qui étaient en accord avec les conclusions de la monographie du CIRC (2013), à propos de l'innocuité des radiofréquences sur la BHE dans les divers modèles biologiques testés, en dehors d'effets thermiques (CIRC 2013). Cependant, les données récentes, qui incluent pour certaines la recherche de mécanismes cellulaires et moléculaires, alimentent à nouveau le débat autour de l'innocuité ou non des radiofréquences. Ainsi, dans les conditions d'expositions athermiques, l'hypothèse de modifications de la perméabilisation de la BHE par les champs électromagnétiques, qui seraient à l'origine de l'extravasation de molécules du sang vers le liquide cébrospinal, ne peut être ni acceptée, ni rejetée et surtout nécessite d'être confortée par des études complémentaires. En effet, les résultats contradictoires à l'origine de la controverse sur la BHE pourraient notamment être liés à l'utilisation de méthodologies différentes, incluant le modèle d'étude (*in vivo*, *in vitro*, clinique), les marqueurs de la perméabilité de la BHE (Bleu Evans, albumine, protéine 100 β , résistance électrique trans-endothéliale, etc.) et les caractéristiques des expositions aux radiofréquences. Ces études nécessitent la mise en place de protocoles de recherche standardisés qui permettraient des analyses comparatives.

Concernant la seconde hypothèse, Belpomme *et al.* (2015) se sont intéressés à la perméabilité de la BHE (à travers des dosages de la protéines S100 β et de la nitrotyrosine) chez un nombre élevé de personnes se déclarant EHS et/ou SIOC (*cf.* analyse détaillée de l'article au § 6.1.2). Cependant, l'étude est trop imprécise et donne des résultats insuffisants pour apporter des arguments en faveur d'une altération de la BHE à l'origine de l'EHS chez tous les participants. Néanmoins, les auteurs ont recueilli un volume de données impressionnant à partir duquel des traitements mieux adaptés pourraient peut-être caractériser certaines sous-populations et faire progresser la compréhension physiopathologique de l'EHS.

Perspectives

Il serait souhaitable de disposer de nouvelles techniques d'exploration, plus fiables et moins invasives, pour pouvoir étudier les altérations de la BHE chez l'animal et *a fortiori* chez l'être humain.

Par exemple, le développement d'approches plus fines en imagerie cérébrale utilisant l'IRM-DCE (*Dynamic Contrast-Enhanced*) (Taheri *et al.* 2011) permettrait l'amélioration des résolutions spatiale et temporelle pour quantifier la constante de perméabilité de la BHE dans les différentes régions cérébrales de la matière blanche et de la matière grise (Chassidim *et al.* 2015). Montagne *et al.* (2015) ont ainsi réalisé une étude sur l'impact des modifications de la BHE dans l'hippocampe de personnes âgées, qui montre que l'altération de la perméabilité de la BHE est en lien avec l'existence de troubles cognitifs (Montagne *et al.* 2015).

De même, l'utilisation de l'imagerie en tenseur de diffusion (TDI, *tensor imaging diffusion*) associée au dosage plasmatique de la protéine S100 β , ainsi que celui des auto-anticorps contre cette même protéine¹⁷⁹ représente une possibilité d'étude plus approfondie de l'intégrité de la BHE chez l'être humain.

Ces deux approches innovantes ouvrent de nouvelles perspectives pour une recherche fiable des effets des radiofréquences sur l'intégrité de la BHE chez l'être humain.

¹⁷⁹ Cf. (Marchi *et al.* 2013) : une étude sur les traumatismes crâniens chez les footballeurs.

7.5.2 La neurotransmission monoaminergique

Hypothèse 11 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : des perturbations dans la production de neurotransmetteurs ?

L'hypothèse selon laquelle la survenue de l'EHS serait liée à un problème de production de catécholamines ou de sérotonine a été abordée lors de l'audition de l'association Une Terre pour les EHS.

7.5.2.1 Des perturbations de la production de catécholamines ?

7.5.2.1.1 Introduction

Les catécholamines sont des neurotransmetteurs (noradrénaline et dopamine) ou une hormone produite par la médullo-surrénale (adrénaline). Leur voie de biosynthèse commence par une hydroxylation de la tyrosine et la formation de lévodopa dont la décarboxylation aboutit à la dopamine. Celle-ci est ensuite hydroxylée pour donner la noradrénaline. La méthylation de cette dernière aboutit à la synthèse d'adrénaline.

En ce qui concerne le rôle des catécholamines (noradrénaline et dopamine) au niveau du système nerveux central, elles participent au contrôle de la motricité involontaire, à la régulation des affects et de l'humeur et modulent de nombreuses fonctions végétatives (vomissement, température corporelle, libido, etc.) ou endocriniennes (sécrétion de prolactine). À la périphérie, elles se comportent comme un vasodilatateur rénal et régulent le tonus des sphincters digestifs. La noradrénaline est le neurotransmetteur principal du système nerveux sympathique et agit par l'intermédiaire de récepteurs qu'elle partage avec l'adrénaline (récepteurs adrénergiques, cf. § 7.4 sur le SNA). Ces deux catécholamines participent à la réaction de stress « de lutte ou de fuite »¹⁸⁰ (*flight-or-fight*) en modulant le tonus vasculaire, en stimulant les fonctions intrinsèques du cœur (fréquence cardiaque, conduction, force de contraction et excitabilité). Elles interviennent également dans la motricité digestive ou de la vessie et dans le métabolisme glucidique par exemple. Aux niveaux du système nerveux central, produite par le *locus coeruleus*, et de divers noyaux du bulbe rachidien, la noradrénaline joue un rôle dans l'attention sélective, la vigilance et le sommeil, les émotions, et le renforcement de certains circuits de la mémoire.

La production des catécholamines dépend de l'activité des neurones noradrénergiques et dopaminergiques, cette dernière étant elle-même soumise à de nombreuses influences neuronales.

Des perturbations de la production de catécholamines ont été évoquées parmi les mécanismes physiopathologiques possibles expliquant l'hypersensibilité aux radiofréquences, mais il existe peu de données scientifiques étayant cette hypothèse.

7.5.2.1.2 Modèles et personnes non-EHS : rappel des données des précédents rapports

Au niveau biochimique, chez l'animal, les effets des radiofréquences sur le contenu cérébral en monoamines sont peu documentés (Chance *et al.*, 1995 ; Benfante *et al.*, 2008 ; Fragopoulou *et al.*, 2012) et les données obtenues sont peu robustes (cf. notamment la critique de l'article de Fragopoulou *et al.* (2012) dans le rapport publié par l'Anses en 2013).

Chez l'être humain, Buchner *et al.* (2011) (article analysé dans le rapport (Anses, 2013)) ont étudié l'évolution des profils hormonaux de 60 personnes habitant la ville de Rimbach en Bavière et exposés aux champs électromagnétiques émis par une station de base (GSM). Ces auteurs ont effectué trois dosages urinaires d'adrénaline, de noradrénaline, de dopamine et de phényléthylamine, répartis sur 18 mois (Buchner 2011).

¹⁸⁰ La réponse combat-fuite a été décrite pour la première fois par le psychologue américain Walter Bradford Cannon. Sa théorie explique que la réaction animale face aux menaces accompagnée d'une décharge générale du système nerveux orthosympathique, amorce l'animal à un combat ou une fuite.

Il n'y a aucune dosimétrie (pas d'exposimètres individuels). Les expositions (DECT, GSM, Wi-Fi, etc.), autres que celles de l'antenne-relais, ne sont pas prises en compte. La classification en trois catégories selon l'exposition estimée par rapport à la distance à l'antenne n'est pas satisfaisante. La population étudiée est petite et très hétérogène (0-69 ans), avec très peu de participants par catégorie. L'échantillon retenu n'est pas représentatif de la population générale. Aucun facteur de confusion possible n'a été pris en compte (maladie, surcharge pondérale, etc.). Les conditions de mesures biochimiques n'ont pas été contrôlées (dosages en fonction de l'heure de la journée, etc.). De plus, un biais lié par exemple à l'alimentation ne peut être exclu, seules les monoamines ont été mesurées, mais pas leurs métabolites (méthanéphrines, métabolites acides), rendant hasardeuse l'interprétation des observations. Par ailleurs, si l'effet semble net 6 mois après le début de l'exposition, les courbes représentant les profils hormonaux ont en général un aspect en cloche avec un retour vers des concentrations normales au bout de 18 mois. L'analyse statistique de ces courbes, en particulier pour les différents niveaux d'exposition définis, n'est pas correcte et ne permet pas de conclure à d'une différence entre les groupes en fonction du temps.

7.5.2.2 Des perturbations de la production de sérotonine ?

7.5.2.2.1 Introduction

La sérotonine (5-hydroxytryptamine ou 5-HT), comme les autres monoamines, participe à la modulation de nombreuses fonctions cérébrales incluant la régulation de l'humeur et des affects, la température corporelle, la libido, le sommeil, la prise alimentaire, mais aussi les rythmes biologiques, la motricité, l'attention, le stress, les processus sensoriel et la cognition. Au niveau périphérique, la sérotonine est impliquée dans la motricité intestinale, le tonus vasculaire, les fonctions plaquettaire et cardiaque, etc.

La 5-HT, synthétisée à partir du tryptophane, un acide aminé essentiel, ne franchit pas la barrière hémato-encéphalique. En revanche, son métabolite principal formé sous l'effet des monoamines oxydases (MAO), l'acide 5-hydroxyindolacétique (5-HIAA) éliminé dans les urines, est le reflet de l'activité cérébrale de ce système de neurotransmission. La 5-HT exerce ses effets par l'intermédiaire de 14 récepteurs, ayant chacun un nombre important de sous-types différents. Ce sont des récepteurs couplés aux protéines G, sauf un qui est un récepteur-canal (5-HT3).

Par son rôle important sur la régulation de l'humeur et les émotions notamment, la sérotonine est une cible pharmacologique essentielle (agonistes ou antagonistes des récepteurs 5HT, inhibiteurs de la recapture de la 5HT, ou de sa dégradation par la MAO-A) dans le traitement de nombreuses pathologies psychiatriques et neurologiques incluant la dépression, l'anxiété, les douleurs chroniques, la fibromyalgie, etc. Ainsi, en clinique, la plupart, voire tous les psychotropes interfèrent plus ou moins directement avec le système sérotoninergique, et les inhibiteurs de la recapture de la sérotonine représentent une des avancées majeures en psychopharmacologie et sont les médicaments les plus prescrits en France¹⁸¹.

La sérotonine affecte également les systèmes immunitaire et gastrointestinal (90 % de la sérotonine est synthétisée au niveau gastrointestinal). Il a été proposé récemment que la sérotonine faisait partie d'un circuit plus complexe au niveau du corps entier incluant le système immunitaire qui pourrait avoir un rôle dans l'homéostasie énergétique par la modulation de l'activité mitochondriale (Marazziti 2017).

À ce jour, le dysfonctionnement sérotoninergique dans les pathologies psychiatriques ne peut être relié à des entités nosologiques distinctes mais plutôt aux symptômes et dimensions partagés par différentes conditions. Des données récentes montrent que l'altération des processus sérotoninergiques au cours du développement constituerait une vulnérabilité avec un risque augmenté de psychopathologie : dans ce contexte, les événements de vie ultérieurs agiraient sur la réponse au stress et la régulation des émotions. Ainsi, l'implication d'un polymorphisme génétique sur le transporteur de la sérotonine (SERT) ou les sous-types de récepteurs à la

¹⁸¹ La 5-HT est le précurseur de la mélatonine produite au niveau de l'épiphyse et qui intervient dans les rythmes circadiens (cf. § 7.5.6 sur le sommeil et les rythmes circadiens, Encadré 8 et § 7.5.6.4).

sérotonine est associé à une plus grande sensibilité aux stimuli de l'environnement chez l'être humain dans le contexte de stress durant l'enfance et l'adolescence ayant impacté le système 5HT (Homberg *et al*, 2016) (cf. § 3.8.4.1).

7.5.2.2 Modèles et personnes non-EHS

Les données *in vivo* et cliniques concernant les effets des radiofréquences sur la production de neurohormones sont parcellaires et divergentes (Masuda *et al*. 2009, Aboul Ezz *et al*. 2013, Maaroufi *et al*. 2014, Eris *et al*. 2015, Singh, Mani, and Kapoor 2015). À ce jour, on ne peut pas statuer sur un éventuel effet des radiofréquences sur la production des monoamines tant au niveau du cerveau qu'en périphérie.

7.5.2.3 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion

Chez l'être humain, les effets des radiofréquences sur les catécholamines et la sérotonine pourraient constituer le substrat biologique de certains symptômes évoqués par les personnes se déclarant EHS. Cette hypothèse a été soulevée par Buchner et Eger (2011) et reprise dans la revue de Genuis *et al*. (2012).

En ce qui concerne la production de monoamines (catécholamines, sérotonine), à notre connaissance, aucune étude scientifique concernant des personnes se déclarant EHS n'a été publiée à ce jour. En l'absence de données pouvant étayer ou infirmer cette hypothèse, aucune conclusion ne peut être tirée sur ce thème à l'heure actuelle. Les fonctions multiples des neuromodulateurs sont une difficulté majeure pour la compréhension et la mise en évidence d'une altération possible des systèmes de neuromodulation, en particulier celui passant par la sérotonine, dans la survenue ou l'entretien de l'EHS. Il n'existe pas de données suffisantes et convaincantes qui permettent de considérer qu'une altération de l'un et/ou l'autre de ces systèmes puisse être un élément discriminant vis-à-vis des nombreuses pathologies ayant des symptômes communs avec l'EHS.

7.5.3 Migraines

Hypothèse 12 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : les personnes se déclarant EHS, ou certaines d'entre elles, auraient-elles un terrain migraineux ?

L'hypothèse selon laquelle la survenue de l'EHS serait liée à un terrain migraineux a été abordée lors d'échanges avec le D^r Chevallier, ainsi que par le D^r Choucroun.

7.5.3.1 Introduction

Les céphalées (ou maux de tête) sont des symptômes extrêmement fréquents. À l'échelle mondiale, l'OMS estime que 47 % de la population générale adulte a eu au moins une fois une céphalée au cours de l'année écoulée¹⁸². Cependant, l'OMS, suivant en cela les recommandations de l'*International Headache Society* (IHS), considère que ce terme recouvre une réalité hétérogène et distingue les céphalées primaires, parmi lesquelles la migraine, et les céphalées secondaires, dont la céphalée par surconsommation de médicaments¹⁸³. Cette distinction a rarement été faite dans les études portant sur les symptômes de l'EHS. Le D^r Chevallier a attiré l'attention du groupe de travail sur ce problème et sur l'intérêt thérapeutique qu'il y aurait à rechercher et à traiter les cas de migraine que pourraient présenter les sujets se déclarant EHS.

La migraine est une maladie neurologique répertoriée dans la Classification internationale des maladies de l'OMS sous le numéro G43. Elle se manifeste essentiellement par des crises répétées de maux de tête accompagnés de symptômes divers (cf. Encadré 5). La migraine n'est que l'une

¹⁸² <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs277/fr/>

¹⁸³ <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs277/fr/>

des 14 entités décrites dans la classification internationale des maux de tête. La version bêta de la troisième édition de cette classification (*Cephalagia* 2013 ; 33 (9) : 629-808) les classe en trois grandes catégories¹⁸⁴. Comme la migraine, chaque entité est subdivisée en plusieurs sous-entités dont il n'est pas utile de parler ici, sauf pour souligner le caractère incomplet des études réalisées jusqu'à présent sur les maux de tête chez les sujets se déclarant EHS.

Si les hémicrânies sont connues depuis l'antiquité et le terme « migraine » utilisé depuis le 14^{ème} siècle, les critères de diagnostic pour la pratique (cf. Encadré 5), n'ont été publiés qu'en 1988 par l'*International Headache Society* (IHS), dans le cadre de la première classification internationale des céphalées. Ils sont aujourd'hui utilisés dans le monde entier.

Encadré 5 : critères de diagnostic de la migraine définis par l'IHS

- (A) au moins cinq crises remplissant les critères B à D (quelle que soit la durée de la période de temps au cours de laquelle ces crises sont survenues) ;
- (B) crises de maux de tête durant entre 4 et 72 heures ;
- (C) mal de tête ayant au moins deux des caractéristiques suivantes : unilatéral, pulsatile, d'intensité modérée à forte, aggravé par la montée des escaliers ou autre activité physique de routine semblable ;
- (D) au moins un des deux critères suivants pendant la crise : nausées et / ou vomissements, photophobie et phonophobie ;
- (E) absence d'anomalie neurologique dans les antécédents, à l'examen clinique et aux investigations complémentaires (ou, en présence d'une telle anomalie, les premières crises de migraine n'ont pas coïncidé avec elle).

L'IHS a en outre proposé des critères de classification des crises de migraine qui sont destinés à permettre la réalisation de recherches sur des groupes de patients homogènes et qui ont eux aussi été adoptés universellement¹⁸⁵. Ceci a permis la réalisation de recherches fructueuses sur la physiopathologie de la migraine et l'homogénéisation des populations incluses dans les essais cliniques. Ainsi, de nombreux essais thérapeutiques bien conduits ont, en particulier, abouti à la mise sur le marché de traitements efficaces de la crise migraineuse.

¹⁸⁴ Les trois catégories de maux de tête sont les suivantes :

- les maux de tête primaires (qui regroupent quatre entités : migraines, céphalées de tension, céphalées trigéminales et autres céphalées primaires) ;
- les maux de tête secondaires (qui en regroupent huit, dont les maux de tête attribués aux troubles psychiatriques) ;
- les neuropathies crâniennes douloureuses, les autres douleurs faciales et les autres maux de tête (qui en regroupent deux).

¹⁸⁵ Critères de classification des crises de migraine définis par l'IHS :

- Les migraines avec aura, dans lesquelles les maux de tête sont précédés et / ou accompagnés de troubles neurologiques transitoires. Ces derniers sont le plus souvent visuels, mais ils peuvent frapper le système sensitif ou le système du langage. Ces auras peuvent survenir isolément, sans être suivies ou accompagnées de maux de tête, ce sont les anciens équivalents migraineux. De même, les symptômes de migraine basilaire (vertige, instabilité et acouphènes) peuvent accompagner toutes les formes de migraine sans être associés aux douleurs nucales pulsatiles qui caractérisent cette forme de migraine. La migraine hémiplégique, familiale ou sporadique, est plus rare. Elle s'accompagne d'une aura motrice, qui peut se prolonger et s'accompagner de troubles complexes, mais reste de bon pronostic ;
- Les migraines sans aura, anciennes migraines communes, qui correspondent aux critères de diagnostic de l'Encadré 5 ;
- Les états mal de migraineux, lorsque la durée de la crise excède 72 heures ;
- Les migraines compliquées, exceptionnelles mais bien réelles, dans lesquelles les signes neurologiques de l'aura ne régressent pas complètement et laissent des séquelles ;
- Les migraines ophtalmoplégiques et les migraines rétinienues.

Il est connu depuis longtemps que la migraine est une maladie héréditaire. Il s'agit d'une maladie multigénique, avec plus d'une douzaine de gènes de susceptibilité identifiés. Ces gènes codent notamment pour des protéines impliquées dans des mécanismes qui assurent la transmission des signaux nerveux, comme la régulation glutamatergique. Une exception, la migraine hémiplegique familiale, qui est une maladie autosomique dominante liée à un seul gène, le même dans une famille¹⁸⁶.

Sur ce terrain génétiquement déterminé, les crises de migraine sont très souvent déclenchées par des facteurs qui varient d'une personne à l'autre (par exemple des facteurs alimentaires tels que les boissons alcoolisées ou le chocolat) et même, avec le temps, chez une même personne (par exemple en fonction du cycle menstruel ou de perturbations des rythmes circadiens).

7.5.3.2 Retour d'expérience

Les déclarations du D^r Chevallier sur les résultats qu'il a obtenus chez certaines personnes se déclarant EHS en les traitant comme des migraineux ont retenu l'attention du groupe de travail.

L'exercice et l'expérience du D^r Chevallier dans la prise en charge de ces personnes avaient été signalés par certaines associations [cf. Audition des Électrosensibles de France]. Des contacts ont donc été établis avec lui. Le D^r Chevallier est un nutritionniste de renom, qui a écrit plusieurs ouvrages dans ce domaine. Il dirige aussi à Montpellier une consultation pluridisciplinaire de pathologie environnementale dans une clinique privée, dans laquelle il reçoit 5 à 10 personnes se déclarant EHS par mois. Il ne s'est pas déplacé pour une audition, mais a adressé plusieurs courriels décrivant sa position. Selon lui, un grand nombre de ces personnes verraient leur état amélioré par un traitement conventionnel de la migraine et une médication à base de plantes, pour limiter les effets secondaires des traitements.

« Autrement dit pour notre équipe il n'y a aucun doute sur la réalité de ces troubles, ils ne concernent selon nos observations que des migraineux non traités ». (D^r Chevallier, courriel du 10/02/2015).

Selon lui, les céphalées migraineuses ont une prise en charge plus complexe chez la plupart des patients se déclarant EHS, compte tenu de leur réticence vis-à-vis de l'allopathie en général. Les approches plus « naturelles » sont d'emblée mieux acceptées, notamment la phytothérapie.

Le D^r Chevallier connaît bien les critères de diagnostic et de classification de l'ISH. Il utilise hors de leur indication des médicaments qui ont une AMM dans le traitement de fond de la migraine. Ce témoignage mérite d'être pris en considération, même si le D^r Chevallier estime ne pas avoir le temps de le publier.

7.5.3.3 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion

Dès la première description de signes fonctionnels attribués à l'usage de téléphone mobile (Hocking, 1998), des antécédents de migraine ont été rapportés par cinq (12,5 %) des 40 participants à l'étude, ce qui correspond à peu près à la fréquence de la maladie dans la population générale. Plus intéressant, chez deux d'entre eux, les céphalées décrites comme étant liées à l'usage du téléphone mobile ont été diagnostiquées médicalement comme étant des migraines. Par la suite, les auteurs n'ont pas fait la distinction entre les crises migraineuses et les autres céphalées. Le premier questionnaire faisant cette distinction est celui d'Eltiti *et al.* (2007 a). Cependant, ces auteurs n'ont pas publié leurs résultats détaillés symptôme par symptôme, mais seulement ceux d'une analyse en composantes principales de l'ensemble des données.

Les premières données disponibles sur la fréquence de la migraine chez des personnes se déclarant EHS sont celles de Schröttner et Leitgeb (2008) (cf. analyse de l'article au § 6.1.1.2). Cet article montre que la migraine figure parmi les symptômes les plus fréquents chez ces personnes. Il montre également l'intérêt qu'il pourrait y avoir à distinguer la migraine des autres céphalées et,

¹⁸⁶ À ce jour, quatre gènes de la migraine hémiplegique sont connus : CACNA1A, ATP1A2, SCN1A et PRRT2.

plus généralement, à utiliser les critères de classification des céphalées de l'IHS dans les études portant sur les symptômes de l'EHS. Cependant, il n'autorise aucune conclusion sur les relations entre EHS et migraine. Il ne permet même pas de dire si la migraine est plus ou moins fréquente chez les personnes se déclarant EHS que chez les témoins. De plus, il ne mentionne pas les critères utilisés par ces personnes - EHS et témoins - pour dire qu'elles sont migraineuses.

Stovner *et al.* (2008) (*cf.* analyse de l'article au § 7.6.3.2.3) ont observé des antécédents de migraine chez 4 (24 %) des 17 personnes qui ont été interrogées et examinées par un neurologue pour un diagnostic précis de leurs maux de tête selon la classification internationale (ICHD-2) dans le cadre d'une étude de provocation. Il s'agissait de migraines sans aura associées, dans un cas, à des migraines avec aura. En revanche, aucune des céphalées ressenties pendant ou après les 130 expositions (65 réelles et 65 factices) n'a été considérée comme étant une crise de migraine.

L'intérêt de cette étude réside dans le fait que le diagnostic de migraine a été porté cliniquement par un neurologue et que sa fréquence semble, *a priori*, plus élevée que dans la population générale. Cependant, la portée de ce résultat est limitée par le petit nombre de participants.

Hagström *et al.* (2013) (*cf.* analyse de l'article au § 7.6.3.2.3) ont introduit un item « migraine et céphalées similaires » dans la liste de 68 symptômes proposée aux 194 personnes se déclarant EHS qui se sont prêtées à leur étude. En matière de fréquence dans le groupe étudié, cet item arrive au huitième rang, aussi bien avant l'apparition de l'EHS (25,8 %) qu'à la phase aiguë de celle-ci (43,8 %), loin derrière, dans ce dernier cas, le stress (60,3 %), les troubles du sommeil (59,3 %), les douleurs articulaires (58,2 %), la fatigue anormale (57,2 %), les tensions musculaires (55,7 %) et la photosensibilité (54,1 %).

Toutefois, la valeur de ces résultats est limitée par le fait qu'ils ont été obtenus à l'aide d'un questionnaire auto-rempli et retourné par la poste (taux de réponse de 52,1 %).

Par la suite, Kwon *et al.* (2012b) ont utilisé le score obtenu au questionnaire d'Eltiti comme l'un des critères d'inclusion de personnes se déclarant EHS et témoins dans leur étude de provocation portant sur les effets d'une exposition à un signal WCDMA (*cf.* analyse de l'article au § 6.2.1.2.3). Cela leur a permis de rapporter que parmi les 17 personnes se déclarant EHS, toutes se plaignaient de maux de tête, dont 15 de migraine, alors que parmi les 20 témoins, 6 seulement se plaignaient de migraines et aucun de maux de tête.

Cet article suggère l'existence d'un lien entre EHS et migraine. Cependant, comme pour l'article précédent, les données disponibles souffrent de l'absence de vérification de la nature de la céphalée basée sur l'utilisation des critères de l'IHS.

Ces données sont trop disparates pour en tirer la moindre conclusion. Notamment, l'hypothèse de l'existence d'un terrain migraineux à l'origine de l'EHS n'a pas été vérifiée. À ce jour, il n'existe aucun argument en faveur de la prescription d'antimigraineux chez les personnes se déclarant EHS et le rapport bénéfice / risque de ces médicaments doit inciter à une grande prudence. En particulier, chez une personne, le diagnostic de migraine ne peut être porté que par un médecin utilisant les critères de classification de l'ICHD. Il en est de même pour toute recherche sur cette affection. Seules les études de Hocking (1998) et de Stovner *et al.* (2008) remplissent cette condition. Les autres études (Schröttner *et al.* 2008, Kwon *et al.* 2012b et Hagström *et al.* 2013) et l'expérience du D^r Chevallier contribuent à suggérer l'existence d'un lien entre migraine et EHS et justifient que des recherches centrées sur ce problème soient réalisées.

7.5.4 Activité électrique cérébrale

Hypothèse 13 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : un dysfonctionnement de l'activité électrique cérébrale ?

Cette hypothèse a été abordée lors de l'audition d'Électrosensibles de France / Priartem.

7.5.4.1 Introduction

L'étude de l'activité électrique cérébrale, couplée avec les mesures du débit sanguin et du métabolisme cérébral, permet l'exploration fonctionnelle du cerveau. Elle est réalisée à partir

d'électrodes placées sur le scalp, qui enregistrent l'activité électrique synchrone de populations de neurones corticaux : c'est l'électro-encéphalogramme (EEG). Celui-ci se divise en ondes de fréquences variables, *delta* (< 4 Hz), *thêta* (4-8 Hz), *alpha* (8-12 Hz) et *bêta* (12-30 Hz). L'EEG est une méthode non invasive utilisée en routine et très utile pour caractériser les différents états comportementaux comme la veille ou le sommeil (voir Encadré 8, p. 230). L'une des autres mesures de la fonction cérébrale en lien avec l'EEG est celle des potentiels évoqués qui représentent l'activité cérébrale associée à des stimuli sensoriels, cognitifs ou moteurs.

7.5.4.2 Personnes non-EHS : rappel des conclusions des précédents rapports

Le rapport publié par l'Anses en 2013 avait analysé dix études relatives aux effets des radiofréquences sur l'activité électrique cérébrale, dont trois chez l'animal et sept études cliniques chez des personnes non-EHS.

L'unique étude de qualité chez le rat montrait qu'une exposition sub-chronique aux radiofréquences amplifiait l'activité électrique uniquement dans la bande β_2 (17,8-30,5 Hz) dans l'hypothalamus et à un degré moindre dans le cortex cérébral (Vorobyov *et al.* 2010). L'activité dans les autres bandes de fréquences n'était pas modifiée.

Les quatre études cliniques de qualité portaient sur des critères différents et montraient :

- 1) une augmentation de la cohérence inter-hémisphérique du rythme *alpha* sous exposition GSM, plus marquée chez la personne âgée (Vecchio *et al.* 2010). En 2012, ces auteurs ont également montré que cette cohérence inter-hémisphérique du rythme *alpha* était plus élevée chez les personnes épileptiques que chez les témoins ;
- 2) une augmentation de la puissance *alpha* de l'EEG en condition basale (repos, sans test cognitif) sous exposition à un signal 2G (Croft *et al.*, 2010), ce qui confirmait les résultats d'études antérieures (Croft *et al.* 2008, Curcio *et al.* 2005, Regel *et al.* 2007). De plus, en 2010, Croft *et al.* ont utilisé une échelle d'activation psychologique (liste AD-ACL de Thayer [1967]) comprenant une liste de 28 adjectifs dits d'activation [calme, endormi, etc.] et 21 adjectifs dits de non-activation décrivant l'humeur. L'ensemble de ces adjectifs permet une auto-évaluation de l'état des personnes allant de l'excitation extrême à un sommeil profond (Thayer, 1967). Ces auteurs montrent que l'augmentation de la puissance *alpha* était associée chez la personne jeune à une activation psychologique en réponse à un test cognitif. Celle-ci n'a cependant pas été retrouvée chez les adolescents et chez les personnes âgées, ni sous exposition à un signal 3G, quel que soit leur âge (Croft *et al.* 2010).
- 3) un potentiel évoqué similaire à celui observé après exposition à un signal extrêmement basse fréquence à 60 Hz (200 μ T) après exposition à un signal 217 Hz simulant la fréquence des trames temporelles du GSM 900 MHz (Carrubba *et al.* 2010a) (article analysé dans le rapport (Anses, 2013) et discuté au § 5.2). Pour ces auteurs, ce potentiel évoqué serait une caractéristique des expositions aux champs électromagnétiques basses fréquences.
- 4) une modification des potentiels évoqués pendant une tâche cognitive : a) une augmentation de l'amplitude du potentiel évoqué N1 (ou N100, 1^{ère} onde négative sur l'EEG survenant environ 100 ms après la stimulation cognitive) sous exposition à un signal 2G lors de l'exécution d'une tâche de détection d'un signal discordant sans altération des performances cognitives et, b) un retard du rapport désynchronisation/synchronisation des rythmes *alpha* sous exposition à des signaux 2G et 3G avec une diminution des temps de réponses correctes sous exposition à un signal 3G lors des tâches de *N-back* (voir Annexe 12 ;, p341). Cet effet était plus marqué chez les adolescents que chez les adultes (Leung *et al.* 2011).

Les études réalisées chez des personnes non-EHS suggèrent que l'exposition aiguë aux radiofréquences peut modifier l'activité électrique du cerveau. Trois d'entre elles ont montré que cette modification dépendait de l'âge (Vecchio *et al.*, 2010 ; Croft *et al.*, 2010 ; Leung *et al.*, 2011).

7.5.4.3 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion

Les articles s'étant intéressés spécifiquement à l'activité électrique cérébrale chez les personnes se déclarant EHS sont rares. Le rapport publié par l'Afsset en 2009 avait décrit et analysé trois études d'un même groupe (Frick *et al.*, 2005 ; Landgrebe *et al.*, 2007 ; Landgrebe *et al.*, 2008a) concernant cette activité, et plus précisément l'excitabilité corticale. Les trois articles se sont intéressés à l'hypothèse de la démodulation des signaux radiofréquences. Les auteurs ont utilisé la stimulation trans-crânienne ou TMS (*transcranial magnetic stimulation*) qui permet d'explorer divers paramètres de la fonction cérébrale comme la connectivité, l'excitabilité ou encore la plasticité cérébrale. Ces études sont présentées au § 6.2.1.2.1, ainsi que leurs résultats, qui concernent la perception directe des champs électromagnétiques. Outre la détection d'un stimulus magnétique, les auteurs ont également étudié l'inhibition et la facilitation intracorticale à l'aide de la TMS dans l'étude pilote cas-témoins publiée en 2007 et répliquée en 2008. Ils ont montré que, chez les personnes se déclarant EHS, la facilitation intracorticale diminuait chez les jeunes et augmentait chez les personnes âgées. Cet effet âge-dépendant n'a pas été expliqué par les auteurs. De plus, l'étude de l'inhibition intracorticale n'a montré aucune différence entre le groupe de personnes se déclarant EHS et les deux groupes de témoins (Landgrebe *et al.*, 2007) (*cf* analyse de l'article au § 6.2.1.2.1). Ces travaux sont à considérer avec prudence, dans la mesure où le signal électromagnétique utilisé est très différent de ceux que l'on rencontre dans l'environnement.

Pour ce qui est des caractéristiques EEG des personnes se déclarant EHS dans le contexte d'études sur le sommeil, deux études cliniques expérimentales (Arnetz *et al.*, 2007 ; Lowden *et al.*, 2011) sont décrites dans le § 6.2.1.2.5. Comme indiqué dans la conclusion du chapitre sur le sommeil, ces deux études n'apportent aucune information utile en ce qui concerne la question des troubles du sommeil chez les personnes se déclarant EHS, car elles n'ont pas comparé les résultats obtenus chez ces personnes à ceux obtenus chez les témoins.

Ainsi, en l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible de mettre en évidence un quelconque dysfonctionnement de l'activité électrique cérébrale spécifique aux personnes se déclarant EHS. Par ailleurs, les données disponibles ne permettent pas d'affirmer que l'effet biologique observé chez les sujets non-EHS s'inscrit ou pas dans les limites des variations physiologiques et qu'il peut entraîner un effet sanitaire favorable ou défavorable à long terme.

7.5.5 Métabolisme et débit sanguin cérébral

Hypothèse 14 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : un dysfonctionnement du métabolisme ou du débit sanguin cérébral ?

Cette hypothèse a été abordée lors de l'audition d'Électrosensibles de France / Priartem.

7.5.5.1 Introduction

L'étude du métabolisme et du débit sanguin cérébral sont deux approches qui permettent d'évaluer l'activité fonctionnelle cérébrale dans l'ensemble des régions du cerveau (*cf*. Encadré 6).

Le cerveau adulte est l'organe qui a les besoins énergétiques les plus importants et, s'il ne pèse que 2 % du poids du corps, il consomme 20 % de l'énergie totale. Celle-ci est apportée en continu par la circulation sanguine sous forme de glucose et de dioxygène (O₂), qui sont les deux substrats presque exclusifs du cerveau. Ce dernier, contrairement aux autres organes, ne dispose pas de réserve glucidique. Ainsi, l'augmentation des besoins en énergie liée à une activité localisée et transitoire se traduit par une augmentation dans la région concernée du débit sanguin et du métabolisme du glucose. Il existe un couplage étroit entre ces deux facteurs qui sont eux-mêmes corrélés à l'activité fonctionnelle cérébrale (*cf*. détails dans le § 7.1.4, p. 158 du rapport Anses 2013).

Encadré 6 : techniques de mesure du débit sanguin et / ou du métabolisme énergétique cérébral

Dans les études cliniques, la mesure simultanée du débit sanguin et du métabolisme énergétique du cerveau a été la première mesure du débit et du métabolisme d'un organe (Kety and Schmidt 1948). De nombreuses techniques ont été développées par la suite. À ce jour, trois groupes de techniques ont été appliquées à l'étude des effets des radiofréquences :

Les techniques de référence, qui permettent une estimation relativement exacte et bien localisée de l'activité tissulaire, sont celles de la **tomographie à émission de positons** (TEP) ; elles comprennent les techniques de mesure du débit sanguin cérébral à l'eau marquée à l'oxygène O^{15} [$(^{15}O)H_2O$] et de mesure de la consommation cérébrale en glucose à l'aide du déoxyglucose marqué au fluor F^{18} [^{18}FDG]. L'analyse des images est standardisée depuis longtemps, elle utilise le logiciel « *statistical parametric mapping* » (SPM) (dont il existe plusieurs versions successives) et effectue une normalisation spatiale des images dans l'espace stéréotaxique du « *Montreal Neurological Institute* » (MNI). Des soustractions sont ensuite effectuées entre les images obtenues dans les différentes conditions expérimentales. Les résultats sont exprimés, topographiquement, en fonction des coordonnées de Talayrac ou des aires corticales de Brodmann. Ces techniques sont limitées par leur coût élevé, par la lourdeur de leur mise en œuvre, par la nécessité d'injecter un traceur radioactif (ce qui limite le nombre de mesures réalisables chez une même personne) et surtout par leur faible résolution temporelle (temps d'acquisition des images de 1 à 2 minutes pour le débit et de 30 minutes pour la consommation de glucose), ce qui est mal adapté aux constantes de temps de l'activité cérébrale.

Ces techniques sont peu à peu supplantées par les techniques d'**IRM fonctionnelle** (IRMf) et principalement par la méthode BOLD (*Blood Oxygen Level Dependent*), technique non invasive qui détecte les variations locales d'oxyhémoglobine (O_2Hb) et fournit en 3D un index de perfusion très proche du débit sanguin, avec une résolution temporelle inférieure à la minute. Autre technique d'IRM, la spectrométrie par résonance magnétique du proton (1H SRM) permet de quantifier la présence de N-Acétyl-Aspartate (marqueur de l'intégrité neuronale), de choline (marqueur de la densité cellulaire et intégrité des membranes), de myo-inositol (marqueur des échanges membranaires) et de créatine (marqueur de métabolisme énergétique) dans des régions délimitées, mais relativement vastes, du cerveau. Il s'agit d'une technique lourde à mettre en œuvre et de ce fait peu utilisée.

Un autre groupe de techniques, la **spectrophotométrie dans l'infrarouge proche** (*near-infrared spectrophotometry*, NIRS), repose également sur la mesure des concentrations locales en oxyhémoglobine (O_2Hb) et déoxyhémoglobine (HHb). Elle consiste à placer sur le crâne une diode émettant sur 2 longueurs d'onde (730 nm et 830 nm) et à recueillir à distance, à l'aide d'une batterie d'optodes, l'intensité des signaux lumineux transmis par le cerveau. Les changements de débit se traduisent par des changements parallèles de O_2Hb et inverses de HHb. De plus, la somme de O_2Hb et de HHb est égale à l'hémoglobine totale (tHb), elle-même proportionnelle au volume sanguin cérébral. Cette méthode utilise des algorithmes bien établis et a été largement validée par comparaison avec les techniques TEP et IRMf. Elle a l'avantage d'être non-invasive, non douloureuse et relativement peu onéreuse, de ne pas nécessiter, comme les méthodes TEP, de traceur radioactif et de permettre des mesures continues et répétables aussi souvent que nécessaire.

Enfin, la **vélocimétrie Doppler**, est potentiellement utilisable dans l'étude des effets des radiofréquences. Cette technique ne permet pas une mesure quantitative, mais présente une bonne résolution spatiale et temporelle. Son principe est basé sur l'utilisation d'une sonde laser positionnée à la surface du cortex cérébral (pie-mère). Quand le faisceau de lumière pénètre dans le tissu cérébral, les photons, qui interagissent avec les cellules sanguines en mouvement (globules rouges), sont déplacés (effet Doppler) : il existe une relation linéaire entre la vitesse de déplacement des cellules sanguines et la fréquence du signal Doppler déplacé, qui est lui-même proportionnel au volume occupé par les éléments mobiles du tissu, permettant ainsi une évaluation du débit sanguin cortical (à la surface du cerveau). La méthode peut être appliquée aux artères extra crâniennes (carotides et vertébrales) et à l'artère sylvienne (Doppler transcârien). Elle est non-invasive, non douloureuse et peu onéreuse. Cependant, elle est sensible aux artefacts (mouvements, propriétés optiques du tissu). De plus, elle ne fournit que des mesures de vitesse qui, du fait de la vasomotricité et de la variation interindividuelle du calibre des vaisseaux, ne sont pas étroitement liées au débit sanguin et à l'activité cérébrale.

7.5.5.2 Personnes non-EHS : rappel des conclusions des précédents rapports

Les articles analysés dans le rapport (Anses, 2013) relatifs à l'étude du débit sanguin et du métabolisme cérébral mettaient en œuvre différentes techniques. Leurs résultats étaient hétérogènes. Pour le débit sanguin cérébral, les deux études analysées ne montraient aucun effet

d'une exposition à court terme à des radiofréquences de type W-CDMA ou GSM (Kwon *et al.* 2012a, Mizuno *et al.* 2009). Pour le métabolisme du glucose en tomographie d'émissions aux positons (TEP), ces études aboutissaient à des conclusions contradictoires avec, soit une légère augmentation dans les régions les plus exposées, comme le cortex orbito-frontal droit et le gyrus temporal supérieur droit (Volkow *et al.* 2010), soit une légère diminution dans la jonction temporo-pariétale et la partie antérieure du lobe temporal de l'hémisphère exposé (Kwon *et al.*, 2011, voir § 7.1.4 du rapport (Anses, 2013) pour plus de détails sur ces études).

Chez les personnes non-EHS, les données sont peu nombreuses et les résultats controversés pourraient être le reflet i) d'un nombre insuffisant de participants, ii) des variations inter- et intra-individuelles, notamment pour le débit sanguin cérébral, ainsi que iii) des conditions d'exposition différentes. Le rapport publié par l'Anses en 2013 avait conclu que les faibles variations observées, situées en deçà de celles rencontrées lors de la réalisation de tâches cognitives, motrices ou sensorielles, s'inscrivaient probablement dans les limites des fluctuations physiologiques.

7.5.5.3 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion

Dans un article étudiant une série de biomarqueurs chez des personnes se déclarant EHS et / ou souffrant d'un SIOC (*cf.* § 6.1.2 pour la description et l'analyse détaillée de l'article), Belpomme *et al.* (2015) ont appliqué une technique de tomosphygmographie ultrasonore cérébrale pulsée chez 727 personnes (dont 521 se déclarant EHS, 52 se plaignant de sensibilité chimique multiple et 154 présentant les deux symptomatologies). Ces auteurs ont suggéré que le diagnostic objectif de l'EHS et / ou du SIOC pourrait être fait sur la base de ces anomalies tomosphygmométriques chez les sujets ne présentant pas d'anomalie biologique.

Cette étude est trop imprécise et donne des résultats insuffisants pour apporter des arguments en faveur d'une modification du débit sanguin cérébral chez les personnes se déclarant EHS. Ainsi, les données disponibles ne permettent pas de dire si l'effet biologique observé chez les sujets non-EHS s'inscrit (ou pas) dans les limites des variations physiologiques et s'il peut entraîner un effet sanitaire favorable ou défavorable à long terme.

En conclusion, les données actuelles (une seule étude) ne permettent pas de statuer quant à un quelconque dysfonctionnement du métabolisme ou du débit sanguin cérébral chez les personnes se déclarant EHS.

7.5.6 Sommeil et rythmes circadiens

Hypothèse 15 pour expliquer tout ou partie de la survenue de l'EHS : une dysrégulation du cycle veille-sommeil (ou de l'horloge circadienne) ?

L'hypothèse selon laquelle la survenue de l'EHS serait liée à un effet des champs électromagnétiques sur le sommeil a été évoquée par l'association Électrosensibles de France / Priartem au cours de leur audition, ainsi que dans le cadre d'échanges avec le Dr Ben Brick.

Les perturbations du sommeil sont parmi les troubles les plus fréquemment rapportés aussi bien par les personnes se déclarant EHS (*cf.* § 3.1.3 et 6) que par les auteurs de publications scientifiques. Ces troubles sont également très fréquents dans la population générale (*cf.* Encadré 7).

Encadré 7 : l'insomnie

Les troubles du sommeil et en particulier l'insomnie, touchent un nombre important de français dans la population générale. Ainsi, l'Institut national du sommeil et de la vigilance (INSV) rapporte qu'un français sur cinq (soit plus de 12 millions) souffre d'insomnie et que cette insomnie est sévère dans 9 % des cas (1,1 millions environ) : jusqu'à 1/3 des français se plaignent de troubles du sommeil.

Les causes principales de l'insomnie sont psychologiques ou psychiatriques. Le stress, l'anxiété et la dépression sont les premières causes d'insomnie, à l'origine de plus de la moitié d'entre elles. La répétition de l'insomnie, nuit après nuit, accentue la détresse psychologique, entraînant un véritable cercle vicieux dont il est difficile de sortir. Le facteur stress est donc très souvent impliqué, ainsi que l'environnement ou le mode de vie. Lorsque l'on peut identifier la cause (psychique ou physique [ex : syndrome des jambes sans repos, apnées du sommeil]), l'insomnie est dite « secondaire ». Il existe aussi une insomnie dite « primaire », car on ne trouve pas, ou plus, de cause. Dans ce cas, l'insomnie est dite psychophysiologique ; c'est une « maladie » qui évolue pour son propre compte et qui s'auto-entretient en raison du comportement de l'insomniaque. Dans l'insomnie « maladie », les comportements (ex : travail tardif, irrégularité des horaires de couchers, etc.) peuvent avoir un rôle important. De même, l'anxiété, les angoisses et les pensées fréquentes au moment du coucher (comme une machine qui ne s'arrête pas) retardent l'endormissement. Il faut également considérer le rôle de l'âge avec une augmentation des insomnies après 50 ans, car le sommeil se fragilise, devient plus léger et plus fractionné. Enfin, les femmes sont toujours plus insomniaques (jusqu'à 44 % des femmes de plus de 75 ans) que les hommes, cette différence apparaît à la puberté et semble se maintenir après la ménopause¹⁸⁷.

7.5.6.1 Introduction

Nous passons près d'un tiers de notre vie à dormir et pourtant, le rôle et les fonctions du sommeil restent encore aujourd'hui mal connus. Cependant, plusieurs théories, en plus du rôle du sommeil sur la récupération physique, ont été proposées et, notamment, celle de son rôle-clé dans l'apprentissage et la consolidation de nos mémoires (Diekelmann and Born 2010). En revanche, il est clairement démontré que la privation de sommeil (aiguë ou chronique) a des conséquences majeures : chez l'être humain, elle a des effets cognitifs délétères et des effets physiques significatifs (Durmer and Dinges 2005). Ainsi, le caractère universel et vital du sommeil, son organisation (sommeil lent principalement en début de nuit, sommeil paradoxal en fin de nuit), en alternance avec la veille, impliquent qu'il fait partie intégrante du vivant et est indispensable à la survie des espèces.

L'étude du sommeil et de ses troubles relève de plusieurs disciplines médicales, de la neurologie tout d'abord, ainsi que de la pneumologie et de la psychiatrie et est une discipline importante des neurosciences. Sur le plan comportemental, le sommeil se définit comme un état naturel récurrent de perte ou diminution de conscience du monde extérieur caractérisé par : i) une diminution progressive du tonus musculaire, ii) un état de quiescence physique, avec une réponse diminuée aux stimulations, iii) des postures stéréotypées (allongée chez l'être humain), iv) une réversibilité relativement rapide, v) la possibilité de régulation (circadiennes [voir ci-dessous] et homéostasiques). Le processus homéostatique (processus S) se définit comme l'augmentation exponentielle au cours de la veille de la pression de sommeil et reflète la propension au sommeil qui augmente en fonction du temps passé éveillé (Borbely and Wirz-Justice 1982).

Le sommeil est caractérisé par des stades qui se répètent au cours de la nuit et qui sont organisés en cycles, avec 3 à 5 cycles, chacun d'environ 90 minutes par nuit. Ceux-ci peuvent être enregistrés et quantifiés sur l'électroencéphalogramme (EEG, cf. Encadré 8, p. 230). Ainsi, les stades 1 et 2 sont des stades de sommeil lent léger, le stade 1 se caractérisant par des ondes *alpha* de l'EEG de veille (8-12 Hz) et le stade 2 par l'apparition d'ondes *thêta* plus lentes (3-7 Hz) sur lesquelles se surajoutent les complexes K et les fuseaux de sommeil. Ces derniers sont des marqueurs majeurs du maintien du sommeil. Les stades 3 et 4 caractérisent le sommeil lent profond avec le remplacement progressif des ondes *thêta* par des ondes plus lentes de type *delta* (0,5-2 Hz) qui constituent l'ensemble du tracé EEG en stade 4. Enfin, le sommeil paradoxal se

¹⁸⁷ <http://www.reseau-morphee.fr/le-sommeil-et-ses-troubles-informations>

caractérise par un tracé EEG rapide, bas volté, entrecoupé d'ondes en dents de scie, associé à des mouvements oculaires rapides et à la disparition complète du tonus musculaire. Ce dernier stade n'apparaît qu'après le passage par le sommeil lent profond et précède le retour à un stade 1. L'ensemble de ces stades définit un cycle de sommeil.

Le sommeil est ainsi un phénomène complexe étroitement associé à des modifications physiologiques du système nerveux autonome qui régule de nombreuses fonctions, en particulier cardiovasculaire comme la fréquence cardiaque, la pression artérielle ou encore le niveau des catécholamines plasmatiques et urinaires (voir § 7.4.1.1, l'introduction sur le système nerveux autonome). Ainsi, le sommeil s'accompagne d'une augmentation de l'activité du système parasympathique en relation avec sa profondeur, et d'une diminution du tonus sympathique. Par exemple, la pression artérielle diminue (5-15 %), ainsi que la fréquence cardiaque, pendant le sommeil lent, alors que le sommeil paradoxal est associé à des variations importantes du rythme cardiaque, à des augmentations phasiques de la pression artérielle et à une diminution de l'efficacité des réponses thermorégulatrices (partielle chez l'être humain et totale chez l'animal), ce qui peut compromettre le maintien de l'homéothermie. Ces régulations accompagnent l'augmentation du tonus sympathique qui atteint un niveau supérieur à celui de la veille. Ainsi, le système nerveux autonome sous-tend les anomalies cardiovasculaires aiguës rencontrées lors des troubles du sommeil et une part importante des anomalies chroniques rencontrées lors de pathologies du sommeil comme le syndrome d'apnées du sommeil.

Enfin, le sommeil, ainsi que la veille, changent avec l'âge : nos rythmes biologiques s'altèrent avec le vieillissement, ce qui a de profondes conséquences sur la qualité du sommeil, ainsi que sur la qualité de la veille diurne, y compris nos capacités de mémorisation, d'attention et notre humeur. Chez le sujet âgé, la phase de sommeil est avancée, le sommeil survient plus précocement et donc la fin du sommeil est avancée. De plus, la latence d'endormissement et la fragmentation du sommeil augmentent, ce qui réduit son efficacité et le temps total de sommeil nocturne, qui est compensé en partie par des siestes diurnes. La répartition des stades de sommeil change également avec une diminution du temps passé en sommeil lent profond. Ainsi, les deux processus circadien et homéostasique de régulation du sommeil sont affectés par l'âge et associés à une avance de phase, ainsi qu'à une diminution des rythmes de la température corporelle, de la mélatonine et du cortisol. L'ensemble de ces troubles du sommeil liés à l'âge sont associés à des troubles cognitifs, notamment de la mémoire (Pace-Schott and Spencer 2011).

Les rythmes circadiens représentent l'ensemble des processus physiologiques rythmiques ayant une période de 24 heures et dont certains régulent le sommeil (« processus C » pour circadien, qui est responsable de l'aspect rythmique du cycle veille-sommeil). Les rythmes circadiens régulent également le niveau de vigilance, ainsi que les performances cognitives sur 24 heures (Reid, McGee-Koch, and Zee 2011). L'altération des rythmes circadiens a un effet néfaste sur la santé et est impliquée notamment dans les troubles cognitifs, les démences, la maladie d'Alzheimer, l'obésité, le diabète, les troubles de l'humeur et les cancers (Zelinski, Deibel, and McDonald 2014). Les rythmes circadiens sont essentiellement régulés par la lumière et impliquent l'expression de gènes spécifiques rythmiques comme *Bmal1*, *Clock*, *Per* ou *CRY* dans les noyaux suprachiasmatiques de l'hypothalamus (Ko and Takahashi 2006). Ces derniers sont le siège de l'horloge principale qui permet la synchronisation de nombreux rythmes biologiques coordonnant les variations circadiennes de multiples paramètres biochimiques, physiologiques et comportementaux. Parmi ceux-ci, la mélatonine est l'hormone principale de cette horloge circadienne synthétisée par la glande pinéale et sécrétée pendant l'obscurité chez l'être humain et les espèces animales diurnes. Cette glande sensible à l'alternance lumière/obscurité permet à l'horloge de s'adapter à l'environnement externe : la mélatonine joue donc un rôle important dans le contrôle de nombreux processus physiologiques rythmiques, comme la température corporelle, le sommeil, le métabolisme ou la reproduction. Il existe assez peu d'études sur l'impact des radiofréquences sur les rythmes circadiens et la sécrétion de mélatonine. En revanche, il existe une littérature plus abondante dans le domaine des basses fréquences (50-60 Hz notamment, cf. paragraphe ci-après, 7.5.6.4).

Encadré 8 : les tests d'évaluation du sommeil et des rythmes circadiens chez l'être humain**Les techniques d'étude du sommeil en laboratoire**

- La polysomnographie est l'examen de référence, car il est le seul à permettre de caractériser les différents états de vigilance que sont l'éveil, le sommeil lent et le sommeil paradoxal. Elle comporte i) l'EEG qui enregistre l'activité corticale, ii) l'électromyographie (EMG) qui renseigne sur le tonus musculaire et iii) l'électro-oculographie (EOG) pour enregistrer les mouvements oculaires. Ces trois paramètres permettent de distinguer l'état d'éveil (calme ou actif) et les deux états de sommeil (lent, environ 75 % du temps total de sommeil chez un sujet adulte jeune) et paradoxal (SP, environ 25 % du temps total de sommeil chez l'adulte jeune). D'autres enregistrements cardio-respiratoires sont souvent associés. Ces enregistrements permettent de décrire et quantifier les stades et cycles de sommeil. L'analyse de ces enregistrements se fait par voie visuelle ou par un traitement basé sur l'analyse spectrale du tracé EEG. L'analyse par voie visuelle permet de caractériser la macrostructure du sommeil à partir du temps total de sommeil, de la latence d'endormissement, de la survenue des différents stades de sommeil, de leurs durées respectives. La stabilité du sommeil est également analysée à partir des éveils intra-sommeils, du nombre et de la fréquence des stades, ainsi que de leur fractionnement. L'efficacité du sommeil peut être quantifiée par le rapport entre la somme des durées du sommeil à ondes lentes et du sommeil paradoxal sur le temps total de sommeil. Les enregistrements peuvent être réalisés en laboratoire sous environnement contrôlé ou en ambulatoire au domicile ;

- L'actigraphie permet de déterminer les habitudes de sommeil et les rythmes circadiens (périodes activité-repos). C'est un outil de diagnostic dans l'évaluation des troubles du sommeil et des rythmes circadiens. L'actigraphie donne accès aux horaires et à la durée de sommeil grâce à l'enregistrement des mouvements du sujet par un « accéléromètre » porté au poignet (cf. une montre). Les mesures incluent les mouvements pendant le sommeil, la fragmentation du sommeil, le temps passé éveillé au cours de la nuit, le temps d'immobilité pendant le sommeil et l'heure des éveils. Elle ne permet cependant pas de quantifier les différents stades de sommeil.

La mesure des rythmes circadiens : mélatonine, température corporelle et cortisol

La mélatonine est une neurohormone produite par la glande pinéale et physiologiquement contrôlée par la lumière. La biosynthèse de la mélatonine s'effectue à partir de la sérotonine ou 5-HT et fait intervenir plusieurs enzymes dont l'aralkylamine N-acétyltransférase, particulièrement exprimée au niveau de l'épiphyse et dont l'activité est régulée par la noradrénaline. Elle exerce ses effets par l'intermédiaire de trois récepteurs couplés aux protéines G. La mélatonine est considérée comme un excellent marqueur du rythme circadien endogène et donne des informations sur la synchronisation des personnes (Selmaoui and Touitou 2003). La mélatonine franchit librement la barrière hématoencéphalique et les concentrations plasmatiques sont le reflet de la production cérébrale de mélatonine.

La mélatonine, ou plutôt son métabolite principal produit par le foie, la sulfatoxymélatonine (aMT6s), peut être dosée dans le plasma, l'urine ou la salive. Cependant les teneurs salivaires sont basses (30 % des teneurs plasmatiques ou urinaires). Le dosage urinaire par tranche de 4 heures sur une période de 24 heures est privilégié pour un premier *screening* et permet d'obtenir le rythme circadien du sujet. Le dosage plasmatique permet d'obtenir un profil plus précis. La mélatonine est sécrétée pendant la nuit et la lumière supprime ou décale cette sécrétion.

En thérapeutique, la mélatonine ou des agonistes de synthèse sont utilisés dans le traitement de certains troubles du sommeil ou de la dépression.

La variation de la température corporelle (mesurée au niveau rectal ou œsophagien) au cours du nyctémère est également un excellent marqueur du rythme circadien utilisé chez l'être humain. Tout comme la mélatonine, elle est un marqueur reproductible et relativement stable pour une personne donnée.

Avec la mélatonine et la température corporelle, le rythme du cortisol est également fréquemment exploré chez l'être humain. Il est caractérisé par un pic en début de matinée (au moment du réveil), puis une diminution progressive jusqu'au soir, avec une période de sécrétion minimale en première partie de nuit, puis une augmentation rapide en fin de nuit. Sa sécrétion est sous l'influence du système circadien et du sommeil. De plus, le cortisol, aussi appelé « l'hormone du stress », fait partie de l'axe HPA (Hypothalamo-hypophysio-surrénalien) et sa sécrétion est augmentée en cas d'hyperactivité de cet axe, telle qu'on la trouve dans la dépression, les troubles de l'humeur ou encore l'insomnie. Il faut donc tenir compte de ces différents facteurs influençant le rythme circadien du cortisol en tant qu'indicateur du système circadien ou indicateur de stress.

Ces trois marqueurs du rythme circadien, s'ils présentent des variabilités importantes d'une personne à l'autre, sont, en revanche, relativement stables pour une même personne, faisant partie de la vie quotidienne de celle-ci et peu sujets à des variations faibles et transitoires liées à l'environnement.

Encadré 9 : définition des troubles du sommeil liés à un facteur de l'environnement

Les troubles du sommeil liés à un facteur de l'environnement ont été caractérisés par des critères objectifs tels que ceux définis en 2005 par l'Académie américaine de médecine du sommeil en association avec les Sociétés européenne, japonaise et d'Amérique Latine du sommeil.

Ainsi, le diagnostic requiert au minimum cinq critères : 1) l'existence de plaintes et d'endormissements diurnes excessifs¹⁸⁸ ; 2) les troubles doivent être en lien direct avec un stimulus mesurable de l'environnement ; 3) ils ne doivent pas être liés à un facteur psychogène de l'environnement (insomnies psychosomatiques) ou à des troubles neuropsychiatriques, à des pathologies, à la prise de médicaments, à l'exposition à des toxiques susceptibles de modifier le sommeil ; 4) ils doivent disparaître dès le retrait de la nuisance avec un retour rapide ou progressif à un sommeil normal ; 5) ils doivent être présents pendant plus de trois semaines.

Les troubles du sommeil se caractérisant par des réductions du temps de sommeil, de la durée des stades de sommeil à ondes lentes et paradoxal, de son efficacité et une augmentation des éveils nocturnes, il est nécessaire de les objectiver par des enregistrements polysomnographiques ambulatoires effectués sur site (cf. Encadré 8). En effet, ils ne sont pas toujours observables lors des enregistrements effectués en environnement contrôlé en laboratoire où les personnes qui se plaignent d'insomnies peuvent présenter une durée et une efficacité du sommeil normales.

Selon l'Académie américaine de médecine du sommeil et les Sociétés européenne, japonaise et d'Amérique Latine du sommeil, les troubles du sommeil sont qualifiés, selon leur durée, d'aigus s'ils persistent trois mois ou moins et chroniques après six mois.

7.5.6.2 Personnes non-EHS : rappel des conclusions des précédents rapports

Dans le rapport publié par l'Anses en 2013 concernant les personnes non-EHS, le niveau de preuve avait été considéré suffisant pour admettre qu'une exposition aiguë à des signaux GSM provoquait une augmentation de la puissance spectrale de l'EEG dans la fréquence des fuseaux de sommeil avec une modulation autour de 14 Hz, sans modification de la macrostructure du sommeil, ni perturbation des tâches cognitives associées aux enregistrements polysomnographiques. De plus, des différences importantes (de réactivité entre hommes et femmes notamment, ainsi que d'une étude à l'autre chez les mêmes personnes) dans les réponses individuelles aux expositions utilisées chez les témoins ont été rapportées (Danker-Hopfe *et al.*, 2011 ; Schmid *et al.*, 2012 et Loughran *et al.*, 2012).

Pour les rythmes circadiens, le rapport (Anses, 2013) mentionne deux études chez l'animal (Hata *et al.* 2005, Lerchl *et al.* 2008) et une étude clinique (Wood, Loughran, and Stough 2006). Ces trois études n'ont montré aucun effet d'une exposition aux radiofréquences sur la concentration et la rythmicité de sécrétion de la mélatonine.

7.5.6.3 Personnes se déclarant EHS : synthèse des données et conclusion

Le sommeil des personnes se déclarant EHS a rarement fait l'objet d'études spécifiques. Le plus souvent, la prévalence des troubles du sommeil chez ces personnes a été étudiée parallèlement à celle d'autres symptômes, à l'aide de questionnaires permettant seulement une évaluation subjective du sommeil (cf. § 6).

Le premier article mentionnant l'existence de troubles du sommeil chez les personnes se déclarant EHS est, à notre connaissance, celui de Frick *et al.* (2002).

¹⁸⁸ Les endormissements diurnes excessifs sont considérés comme légers si la latence d'endormissement est comprise entre 10 et 15 minutes, modérés entre 5 et 10 minutes et sévères si cette latence est inférieure à 5 minutes. Ces mesures sont réalisées selon un protocole et un test standardisés en site hospitalier.

Si l'on excepte les tous premiers travaux, les données fournies par les études descriptives (cf. § 6.1.1.1) sans groupe témoin ont montré que la prévalence des troubles du sommeil chez les personnes se déclarant EHS était élevée, avec des valeurs de 42,7 % (Schreier *et al.*, 2006), 43,1 % (Frick, Rehm, and Eichhammer 2002), 59,3 % (Hagström *et al.*, 2013) et 62 % (Schooneveld et Kuiper, 2007). Cependant, certaines de ces études (Schreier *et al.*, 2006 ; Frick *et al.*, 2002) décrivaient des prévalences de troubles du sommeil comparables à celles rapportées dans la population générale (respectivement 42,7 % et 43,1 %) (cf. Encadré 7, p. 228).

Les données fournies par les études avec groupes témoins sont intéressantes (cf. § 6.1.1.2). Elles ont montré que la prévalence des troubles du sommeil qualifiés de « pathologiques » était significativement plus élevée chez les personnes se déclarant EHS que chez les témoins, avec respectivement des valeurs pour les personnes se déclarant EHS et les témoins de 39 % et 5 % (Röösli *et al.*, 2004), 25 % et 13 % (Röösli *et al.*, 2010) et 65 % et 4 % (Johansson *et al.*, 2010). Comme dans les études sans groupe témoin, les valeurs de prévalence diffèrent sensiblement d'un travail à l'autre. Cependant, elles varient aussi dans les groupes témoins, ce qui suggère que ces différences sont essentiellement dues aux outils utilisés pour évaluer les troubles du sommeil.

Une seule étude s'est intéressée à la qualité du sommeil, mesurée avec l'échelle de Pittsburgh (Landgrebe *et al.*, 2009). Les résultats ont montré que la qualité du sommeil était statistiquement moins bonne chez les personnes se déclarant EHS que chez les témoins. Toutefois, cette étude, essentiellement consacrée à l'étude des acouphènes, ne donne pas de comparaison détaillée, item par item, de l'échelle de Pittsburgh entre personnes se déclarant EHS et témoins. Par ailleurs, cette dernière étude ne donne pas la prévalence des troubles du sommeil dans les deux groupes.

La mise en évidence de manière objective de l'existence de troubles du sommeil chez les personnes se déclarant EHS nécessite la réalisation d'études cliniques en laboratoire.

Deux d'entre elles, celle d'Arnetz *et al.* (2007), publiée dans un journal non revu par les pairs et qui avait été analysée dans le rapport (Afsset, 2009) et celle de Lowden *et al.* (2011), ont été réalisées par la même équipe et ont comporté des mesures objectives de la qualité du sommeil. La troisième (Sandström *et al.*, 2003) est une étude indirecte du sommeil à travers les modifications du système nerveux autonome.

Les deux premières études comportent des enregistrements polysomnographiques du sommeil après exposition de longue durée à un signal GSM chez des personnes se déclarant EHS (cf. analyse des articles au § 6.2.1). Elles ont confirmé que cette exposition provoquait une augmentation de la puissance spectrale de l'EEG dans la fréquence des fuseaux de sommeil avec une modulation autour de 14 Hz, déjà décrite par plusieurs auteurs et soulignée dans le rapport Anses de 2013.

Le fait que les fuseaux soient un marqueur de stabilisation du sommeil semblerait être en contradiction avec les troubles du sommeil décrits par les personnes se déclarant EHS. Cette contradiction apparente soulève la question de la grande différence entre les analyses subjectives du ressenti de la qualité du sommeil et celles objectivées par une polysomnographie incluant un enregistrement EEG et permettant de diagnostiquer diverses pathologies ou troubles du sommeil (apnées du sommeil, narcolepsie, syndrome des jambes sans repos, insomnies, etc.).

Toutefois, les deux études (Arnetz *et al.*, 2009 ; Lowden *et al.*, 2011) n'apportent aucune information utile concernant la question des troubles du sommeil chez les personnes se déclarant EHS, dans la mesure où elles n'ont pas comparé ces résultats à ceux obtenus chez les témoins.

Durant le sommeil et son induction, l'énergie de la bande HF (bande des hautes fréquences traduisant l'activité parasympathique) du signal cardiaque augmente. L'étude de Sandström *et al.* (2003) (cf. analyse de l'article au § 7.4.3) a mis en évidence que cette augmentation de la composante parasympathique était significativement plus petite chez les personnes se déclarant EHS que chez les témoins, à la fois durant l'induction du sommeil et durant la nuit. Cette observation est à rapprocher des constatations faites sur les effets d'une exposition aux radiofréquences sur l'EEG du sommeil chez les personnes non-EHS (rapport Anses de 2013). Les conséquences de ces modifications du sommeil sur l'organisme n'ont cependant pas été caractérisées selon les critères définis par l'Académie Américaine de médecine du sommeil (Darien IL. 2005, Sack *et al.* 2007) (cf. Encadré 9, p. 231) et restent inconnues.

En ce qui concerne le rôle possible d'une désorganisation des rythmes circadiens chez les personnes se déclarant EHS, l'absence de données scientifiques ne permet à ce jour aucune conclusion. De même, les études ayant exploré les effets des radiofréquences sur les rythmes circadiens chez des témoins ou chez l'animal ne permettent pas de conclure à un effet ou non des radiofréquences sur les divers paramètres étudiés. En effet, des données contradictoires et / ou incohérentes ont été obtenues, essentiellement avec la mesure de la sécrétion de mélatonine (plasmatique ou urinaire) ou du cortisol (cf. notamment Belpomme *et al.* 2015, analysé au § 6.1.3 et en Annexe 4). Il est à noter que de nombreuses données, elles aussi contradictoires, ont été obtenues avec des champs basses fréquences, y compris chez le rongeur.

Ainsi, l'hypothèse « mélatonine » selon laquelle l'exposition aux ondes électromagnétiques supprimerait l'excrétion de mélatonine ne semble pas être validée à ce jour. Toutefois, étant donné la symptomatologie rencontrée chez les personnes se déclarant EHS (troubles du sommeil de la concentration et de la mémoire fréquents d'après les études descriptives par questionnaires), l'hypothèse d'un dysfonctionnement de l'horloge circadienne reste crédible et mérite d'être étudiée.

7.5.6.4 Éléments de réflexions sur un possible dérèglement des rythmes circadiens chez les personnes se déclarant EHS

Dans un courrier du 13 décembre 2013 adressé au Pr Lévi¹⁸⁹, le Dr E. Ben Brik¹⁹⁰ pose la question des symptômes de personnes se déclarant EHS et du lien possible avec un dysfonctionnement de l'horloge circadienne. En effet, nombre d'entre elles rapportent des modifications de leur rythme nyctéméral de veille-sommeil, ainsi que de celui des périodes d'activité-repos qui sont associées chez certains, à une modification du cortisol ou de la mélatonine et parfois à des pathologies qui pourraient être en lien avec une perturbation hormonale. Dans ce courrier, le Dr Ben Brick écrit : *« je me pose la question d'un éventuel lien entre l'exposition aux champs électromagnétiques des patients présentant une intolérance environnementale idiopathique et une ou plusieurs désynchronisations de l'expression de gènes du rythme circadien du noyau suprachiasmatique, s'agissant bien sûr de bmax ou de Clock et plus particulièrement des cryptochromes CRY1 ou CRY2 qui s'expriment de façon rythmique dans ce noyau suprachiasmatique pour maintenir un rythme circadien activité-repos qui me semble perturbé chez certains de ces patients... »*.

Il est ici important de rappeler que de nombreux travaux ont été réalisés depuis plus de 30 ans concernant les effets des champs électromagnétiques, et surtout les basses fréquences (50 et 60 Hz), sur les concentrations en mélatonine, en lien avec la survenue du cancer du sein notamment (Touitou and Selmaoui 2012). Ainsi, « l'hypothèse mélatonine » postulait la suppression de la mélatonine par l'exposition aux ondes électromagnétiques basses et très basses fréquences. Celle-ci était soutenue par des travaux chez l'être humain (volontaires et travailleurs dans différentes conditions d'exposition) et l'animal, qui montraient une baisse des concentrations circulantes et urinaires de mélatonine sous l'effet d'une exposition, aiguë le plus souvent, aux ondes électromagnétiques. Cependant, de nombreux résultats contradictoires ont conduit à l'idée que cette hypothèse d'une altération de la sécrétion de mélatonine sous l'influence de champs électromagnétiques basses ou hautes fréquences n'était pas supportée par les données épidémiologiques et expérimentales (Touitou and Selmaoui 2012, Lewczuk *et al.* 2014). Un des points délicats est le fait que la sécrétion de mélatonine est sous la dépendance de nombreux facteurs (masse corporelle, alcool, genre, âge, etc.) qui représentent des facteurs confondants non pris en compte dans un certain nombre d'études et qu'il existe une variabilité interindividuelle très importante. Récemment, l'« hypothèse mélatonine » a été revisitée en focalisant les recherches sur la rythmicité de la synthèse de la mélatonine, en lien avec une éventuelle magnétoperception humaine, plutôt que la baisse globale de sa concentration, toujours dans le domaine des basses

¹⁸⁹ À l'époque, le Pr Lévi était directeur du service de cancérologie ambulatoire, oncologie et hématologie et chronothérapie de l'Hôpital Paul Brousse de Villejuif.

¹⁹⁰ Le Dr Ben Brick est responsable d'une consultation de Pathologies professionnelles et environnementales (CHU de Poitiers).

fréquences (Vanderstraeten *et al.* 2012). Ces auteurs ont souligné la nécessité de recherches complémentaires dans ce domaine avec des expositions à long terme. De même, des études récentes chez le rat (Qin *et al.* 2012, Qin *et al.* 2014) semblaient montrer des effets des radiofréquences (1 800 MHz, 2 h/j pendant 32 jours) sur les rythmes circadiens de la mélatonine et de la synthèse d'hormones régulées par la mélatonine comme la testostérone, notamment quand l'exposition a lieu à certaines périodes du cycle (ZT0 pour la testostérone, ZT16 pour la mélatonine, ZT pour Zeitgeber ou donneur de temps). Les « Zeitgeber » représentent l'ensemble des signaux externes capables de synchroniser l'horloge circadienne endogène, comme le cycle lumière-obscurité ou encore des facteurs sociaux tels que les repas ou les interactions sociales (Munch and Bromundt 2012). Enfin, l'hypothèse de l'existence de sous-populations sensibles aux champs électromagnétiques en raison d'un fond génétique et / ou d'un état de santé particulier, ou encore de l'âge (ex : enfant) a été proposée (Touitou *et al.*, 2012 ; Lewczuk *et al.*, 2014) : ces auteurs insistent sur la nécessité de pousser plus avant les recherches dans ce domaine.

7.6 Composantes psychiques

Toutes les affections médicales organiques s'accompagnent de réactions psychiques (normales et / ou pathologiques). Il donc est parfaitement légitime de s'interroger sur les aspects psychiques de l'EHS.

Dans les syndromes médicalement inexpliqués, certains scientifiques ou médecins sont allés plus loin en évoquant une origine psychogène de ces affections (troubles psychosomatiques, etc.). Comme les autres syndromes médicalement inexpliqués (*cf.* § 3.8), l'origine de l'EHS n'échappe pas aux hypothèses selon lesquelles les symptômes ressentis auraient une cause psychique ou seraient entretenus par des facteurs psychiques. Ces hypothèses ont généré des tentatives de traitement de personnes se déclarant EHS par des thérapies comportementales et cognitives (TCC) (*cf.* § 8.1).

Or, ces hypothèses et ces tentatives de traitement sont une des principales causes, si ce n'est la principale, de désaccord et de méfiance entre une partie du corps médical, qui adhère à ces concepts, et les associations de soutien aux personnes se déclarant EHS, qui les récuse catégoriquement. Le groupe de travail a donc décidé de consacrer une étude approfondie à cette question.

Hypothèse 16 pour expliquer tout ou partie de la survenue et / ou de l'évolution de l'EHS : une origine psychosomatique ?

Cette hypothèse a principalement été discutée avec le D^r Mirabel-Sarron lors de son audition (qui avait été suggérée par le collectif Électrosensibles de France / Priartem) du 29 janvier 2015.

7.6.1 Introduction sur le concept de troubles psychosomatiques

Depuis ses origines, la médecine occidentale est divisée en deux courants opposés l'un à l'autre (Hippocrate dit « oui », Galien dit « non »). La médecine d'Hippocrate était tournée vers le tempérament du malade, dont la maladie représentait la rupture d'un équilibre intérieur qu'il s'agissait de rétablir en se conformant le plus possible aux lois de la nature. Celle de Galien était tournée vers l'organe malade plus que vers l'organisme en général et vers le diagnostic de la lésion locale, dont il s'agissait de le délivrer, comme d'un corps étranger. Ces deux conceptions de la médecine ont dominé tour à tour, sans toutefois que la frontière entre les deux ne soit parfaitement étanche. Ainsi, dès le XIX^{ème} siècle, on avait reconnu que les émotions pouvaient jouer un rôle dans le déclenchement de troubles organiques comme les crises d'asthme, d'épilepsie et de migraine, que les troubles mentaux pouvaient s'accompagner de symptômes corporels sans substrat organique et que ces symptômes s'atténaient, voire disparaissaient, avec l'amélioration de l'état mental. Ces dernières constatations avaient conduit aux concepts de

neurasthénie, puis de troubles somatoformes, qui figurent dans la classification internationale des maladies¹⁹¹.

La médecine psychosomatique actuelle a cherché à dépasser une médecine des organes, devenue de plus en plus spécialisée, au profit d'une médecine générale de l'organisme. Elle met au premier plan le rôle du terrain, renouant ainsi avec la tradition hippocratique qui considère la maladie comme un développement intimement lié à la nature des réactions du patient. Du point de vue scientifique, elle repose sur deux notions, celle de stress et celle de conditionnement (ces notions sont définies en Annexe 14).

La notion de conditionnement tient une place importante dans le concept de maladie psychosomatique. Il est aujourd'hui bien établi que, grâce aux connexions cérébrales entre le système limbique et l'hypothalamus, les émotions peuvent déclencher un syndrome général d'adaptation, indépendamment de toute modification physique de l'environnement, ces émotions pouvant elles-mêmes être engendrées par des croyances diverses. Cette réaction de stress interagit avec des facteurs psycho-sociaux, tels que des antécédents d'abus, des troubles de la personnalité, etc. Il est généralement admis depuis des décennies que toutes les carences affectives ont des conséquences importantes sur les émotions et sur l'humeur, les réactions de stress, les croyances, les fonctionnements sociaux, le développement de la personnalité, les réactions de dissociation, et certaines pathologies médicales, etc.

Selon l'hypothèse psychogène, dérivée du concept de maladie psychosomatique, l'hypersensibilité électromagnétique pourrait être une « maladie des croyances », terme utilisé après Beck (1976, 1979) pour désigner les troubles dans lesquels les croyances personnelles sur soi, sur le monde et sur le futur jouent un rôle très important (qu'elles soient plus ou moins fondées). Cet auteur a montré la participation importante de ces croyances dans toute la psychopathologie, et tout particulièrement dans tous les troubles émotionnels quels qu'ils soient, dans les addictions, les troubles psychosomatiques, etc. (Mirabel-Sarron 2013, Mirabel-Sarron 2015).

Dans cette hypothèse, il est présumé que tous ces facteurs précédemment énumérés constitueraient des facteurs de risque qui prédisposeraient au développement de troubles anxieux et d'une variété de symptômes somatiques pouvant être attribués, par exemple, à une sensibilité aux champs électromagnétiques. Cette sensibilité acquise - ou plutôt apprise par l'expérience vécue - serait un processus individuel par lequel la personne développerait des symptômes à partir d'une exposition réelle (conditionnement classique) ou perçue (conditionnement associé) à de faibles niveaux de dose, pour lesquelles elle croit qu'il peut y avoir un effet toxique. Un mécanisme de « conditionnement classique » (réaction conditionnelle) de type pavlovien est à considérer dans l'acquisition de cette hypersensibilité aiguë ou chronique. L'apprentissage basé sur la croyance d'être exposé à une source serait également un conditionnement, expliqué par les variables cognitives qui l'ont créé. On peut l'appeler « le conditionnement associé ».

Le conditionnement médié par les variables cognitives (ou conditionnement par observation, cf. définition en Annexe 14) est celui qui expliquerait les généralisations non spécifiques des sources « gâchettes », généralisations qui ne se limitent pas en effet aux sources spécifiques. La généralisation dans le conditionnement pavlovien (cf. Annexe 14) correspond à un gradient impliquant le système nerveux autonome et les différents processus attentionnels (vigilance, attention soutenue, sélective ou partagée).

Par exemple, certaines études de provocation, utilisant des agents pathogènes comme sources de panique, ont fait apparaître des symptômes spécifiques résultant d'une hyperventilation aiguë, et d'hypocapnie (chute de la pression partielle du gaz carbonique dans le sang) chez des patients présentant une « hypersensibilité » générale (autrefois appelés spasmophilie). Ainsi, ces patients développent des symptômes d'attaques de panique quand ils sont exposés à un stimulus de provocation. Ceci suggère que ces personnes présentent des conditions neurobiologiques

¹⁹¹ Classification internationale des maladies, chapitre 5 : Troubles mentaux et du comportement, avec la référence F48.0 pour la première (neurasthénie) et F45 pour les seconds (troubles somatoformes).

identiques aux sujets paniqueurs qui induisent des boucles de la peur au sein du système nerveux central impliquant des structures comme le cortex préfrontal, l'hippocampe, l'amygdale qui seraient activés par peur anticipatoire à l'exposition. Par exemple, des crises de panique peuvent se produire spontanément ou après un choc émotionnel chez certains sujets, appelés « paniqueurs ». Cependant, ces crises de panique peuvent aussi être provoquées, chez les paniqueurs et chez d'autres sujets prédisposés, par une hyperventilation entraînant une hypocapnie. Ceci suggère que toutes ces personnes présentent les conditions neurobiologiques conduisant à l'activation des circuits neuronaux de la peur. Cet exemple illustre l'interaction étroite entre facteurs biologiques et facteurs psychiques dans le comportement et le vécu.

En ce qui concerne l'EHS, l'hypothèse d'un trouble psychogène a été défendue par Herman Staudenmayer, lors d'un atelier organisé par l'OMS en 2004 (cf. rapport publié par l'Afsset en 2009). L'argumentation¹⁹² de cet auteur reposait, d'une part, sur l'analogie symptomatique de l'EHS avec les autres syndromes d'intolérance environnementale idiopathique (IEI) et, d'autre part, sur une analyse de causalité de l'IEI, entre théorie toxicogénique et théorie psychogénique, basée sur 22 facteurs en faveur d'une théorie psychogénique et les 9 critères de causalité de « Bradford-Hill » (Hill 1965)¹⁹³. À noter que l'article de Staudenmayer (Staudenmayer 2006) ne comportait pas de comparaison précise entre les symptômes décrits par les personnes se déclarant EHS et ceux décrits par les personnes se plaignant d'autres IEI, d'intolérance aux odeurs chimiques notamment, et que son analyse de causalité se référait essentiellement à des travaux réalisés chez des patients non-EHS. Malgré ces limites, l'atelier de l'OMS reprenait à son compte la proposition de remplacer le terme d'hypersensibilité électromagnétique par celui d'intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques. Cependant, il formulait des conclusions ambiguës sur la nature psychogène du trouble. D'une part, il retenait les arguments de Staudenmayer selon lequel : 1) le terme IEI englobe différents troubles qui ont en commun des symptômes non spécifiques et médicalement inexpliqués, qui affectent les personnes et perturbent leurs activités professionnelles, sociales et personnelles ; 2) les symptômes pourraient être dus à des troubles psychiatriques pré-existants, aussi bien qu'à des réactions de stress résultant d'inquiétudes vis-à-vis des effets potentiels des champs électromagnétiques, plutôt qu'à l'exposition elle-même. L'atelier de l'OMS concluait que l'IEI ne devrait pas être utilisée comme diagnostic médical (mais plutôt pour définir un objet de recherche clinique, voir différences entre les deux au § 3.3.2), car aucune base scientifique ne permet de relier les symptômes à l'exposition aux champs électromagnétiques. D'autre part, l'atelier de l'OMS maintenait la définition de l'IEI donnée par l'OMS en 1996, comme : « *descripteur n'impliquant aucune étiologie chimique ou aucune sensibilité de type immunologique ou électromagnétique. Ce trouble a été décrit comme :*

- *un trouble acquis avec de multiples symptômes récurrents ;*
- *associé à divers facteurs environnementaux tolérés par la majorité de la population ;*
- *expliqué par aucun trouble médical ou psychologique / psychiatrique connu¹⁹⁴. »*

¹⁹² cf. conclusion p. 52 *Electromagnetic Hypersensitivity, Proceeding Workshop 2004* : http://www.who.int/peh-emf/publications/reports/EHS_Proceedings_June2006.pdf?ua=1.

¹⁹³ Critères de causalité de Hill (1965) : association forte, relation dose-effet, la cause précède l'effet, spécificité de l'association, reproductibilité des résultats, plausibilité biologique, cohérence biologique, présence de données expérimentales, analogie.

¹⁹⁴ En anglais dans le texte original : “*IEI is a descriptor without any implication of chemical etiology, immunological sensitivity or EMF susceptibility. Rather it has been described as:*

- *an acquired disorder with multiple recurrent symptoms,*
- *associated with diverse environmental factors tolerated by the majority of people,*
- *not explained by any known medical, psychiatric or psychological disorder”.*

7.6.2 Rappel des conclusions des rapports précédents

En ce qui concerne les caractéristiques psychologiques et / ou l'état de santé mentale des personnes se déclarant EHS, trois articles (Bergdahl *et al.* 2005, Rubin, Cleare, and Wessely 2008, Brand *et al.* 2009) avaient été analysés dans le rapport (Afsset, 2009), ce qui avait conduit l'Afsset à formuler la conclusion suivante : « ces trois études récentes attirent l'attention sur le fonctionnement psychique des sujets EHS... Qu'il s'agisse de vulnérabilité psychique, de dépression ou de troubles plus diversifiés, ces données sont à rapprocher de certains résultats des études fonctionnelles (Landgrebe *et al.* 2008a) montrant une plus grande prévalence de comorbidité psychiatrique (dépression majeure, troubles anxieux généralisés, troubles somatoformes) chez les sujets EHS par rapport à des témoins, ainsi que certains résultats des études de provocation suggérant l'existence d'un effet nocebo des champs électromagnétiques » (cf. p. 293 et 294 du rapport 2009).

7.6.3 Analyse des nouvelles études

Depuis le rapport publié par l'Afsset en 2009, trois études ont été publiées sur les profils psychologiques des personnes se déclarant EHS (Johansson *et al.* 2010, Van Dongen, Smid, and Timmermans 2014, Dömötör, Doering, and Koteles 2016) et trois sur l'apport des études de provocation à la question d'un éventuel effet *nocebo*¹⁹⁵ des champs électromagnétiques qui comporte aussi une étude des caractéristiques psychiques (Szemerszky *et al.*, 2010 ; Koteles *et al.*, 2013a ; Szemerszky *et al.*, 2016).

Les instruments ou tests psychométriques utilisés dans l'étude de la composante psychique de l'EHS sont présentés en Annexe 13.

Parmi les articles analysés au § 6, treize contiennent des informations sur les caractéristiques psychiques des personnes se déclarant EHS (Bergdahl 1995, Bergdahl *et al.* 2004, Bergdahl *et al.* 2005, Rubin, Cleare, and Wessely 2008, Landgrebe *et al.* 2008b, Brand *et al.* 2009, Furubayashi *et al.* 2009, Johansson *et al.* 2010, Szemerszky, Koteles, *et al.* 2010, Meg Tseng, Lin, and Cheng 2011a, Meg Tseng *et al.* 2013, Van Dongen, Smid, and Timmermans 2014, Dömötör, Doering, and Koteles 2016, Koteles *et al.* 2013a). Toutefois, ces articles diffèrent très sensiblement les uns des autres en ce qui concerne les protocoles expérimentaux, les instruments psychométriques utilisés et leurs conditions de passation, ainsi que les groupes de participants. L'analyse de l'ensemble de ces travaux ne permet donc que des conclusions de portée limitée.

Les protocoles expérimentaux sont de quatre types. Cinq articles (Bergdahl, 1995 ; Bergdahl *et al.*, 2004 ; Bergdahl *et al.*, 2005 ; Rubin *et al.*, 2008 ; Tseng *et al.*, 2011) ont été principalement centrés sur l'étude des caractéristiques psychiques et ont été analysés au § 6.1.2. Pour quatre autres d'entre eux, l'étude des caractéristiques psychiques accompagnait des études cliniques, biologiques et / ou environnementales, soit sans groupe témoin (Brand *et al.*, 2009, analysé au § 6.1.1.1), soit avec groupe témoin (Landgrebe *et al.*, 2008b ; Johansson *et al.*, 2010 ; Van Dongen *et al.*, 2014, analysés au § 6.1.1.2). Un seul article (troisième type d'étude), visait à comparer les réponses de personnes se déclarant EHS et de témoins à une exposition simulée et à étudier les relations entre ces réponses et quelques caractéristiques psychiques (Dömötör *et al.*, 2016 analysé au § 6.2.1.1). Enfin, dans les trois derniers, l'étude des caractéristiques psychiques a été faite avant une étude de provocation plus ou moins complexe (Furubayashi *et al.*, 2009 ; Koteles *et al.*, 2013a ; Szemerszky *et al.*, 2010) et ont été analysés au § 6.2.1.2.2 pour les deux premiers et au § 6.2.1.2.6 pour le troisième. Ces différences de contexte ont pu avoir une influence sur la passation des tests que rien ne permet d'évaluer mais qui doit inciter à la prudence dans la comparaison des résultats.

Les instruments psychométriques utilisés ont été nombreux (n = 19) et diversifiés (cf. Annexe 13). Huit d'entre eux étaient des tests de personnalités construits et validés pour définir les

¹⁹⁵ cf. définition de l'effet *nocebo* au § 7.7.1.

caractéristiques psychiques d'une population prise dans son ensemble, personnes saines et malades confondues. Parmi eux, cinq étaient des tests de personnalités globaux et trois des tests de personnalités spécifiques (optimisme / pessimisme ; capacités d'adaptation, estime de soi). Les onze autres instruments étaient des tests de mesure des troubles psychiques et, parmi eux, cinq étaient des outils d'approche globale des troubles psychiques, nécessitant l'utilisation de tests plus approfondis pour porter un diagnostic précis, ce qui n'a pas été fait dans les études synthétisées ici. Enfin, six tests de mesure des troubles psychiques étaient développés pour évaluer des troubles psychiques particuliers, les diverses formes d'anxiété, la dépression, l'humeur au sens large du terme, les préoccupations de santé liées aux modalités de la vie moderne, le stress et le *burn-out*.

Le nombre d'instruments utilisés était, selon les études, compris entre un (Bergdahl *et al.*, 2005 ; Tseng *et al.*, 2011) et six (Johansson *et al.*, 2010), deux (Bergdahl, 1995 ; Bergdahl *et al.*, 2004 ; Furubayashi *et al.*, 2009), trois (Landgrebe *et al.*, 2008b ; Van Dongen *et al.*, 2014), quatre (Szemerszky *et al.*, 2010 ; Köteles *et al.*, 2013a), cinq (Rubin *et al.*, 2008) et six (Dömötör *et al.*, 2016). L'utilisation d'une batterie de tests est un procédé classique, mais elle ne doit pas entraîner, par sa longueur et/ou sa difficulté, une fatigue et/ou un manque de concentration des participants. Un même instrument psychométrique a rarement été utilisé par plusieurs équipes différentes. Ça n'a été le cas – et souvent avec quelques sous-échelles seulement – que pour les *Karolinska Scales of Personality* (KSP) par Bergdahl (1995) et Johansson *et al.* (2010), le *Neo-Five Factor Inventory* (NEO-FFI) par Furubayashi *et al.* (2009) et Van Dongen *et al.* (2014), le *State-Trait Anxiety Inventory* (STAI) par Johansson *et al.* (2010), Szemerszky *et al.* (2010), Köteles *et al.* (2013a) et Dömötör *et al.* (2016) et le *Life-Orientation Test revisited* (LOT-R) par Szemerszky *et al.* (2010), Köteles *et al.* (2013a) et Van Dongen *et al.* (2014).

Le plus souvent, les questionnaires ont été remplis au laboratoire et, sauf exception (Szemerszky *et al.*, 2010 ; Köteles *et al.*, 2013a), en présence d'un investigateur (Bergdahl, 1995 ; Bergdahl *et al.*, 2005 ; Rubin *et al.*, 2008 ; Landgrebe *et al.*, 2008b ; Brand *et al.*, 2009 ; Furubayashi *et al.*, 2009). Dans les autres études, des auto-questionnaires ont été adressés et recueillis par voie postale (Bergdahl *et al.*, 2004 ; Johansson *et al.*, 2010), remplis lors d'un entretien téléphonique (Tseng *et al.*, 2011), ou à la fois sur internet par une partie des personnes et, par une autre partie, sur questionnaires papiers adressés et recueillis par voie postale (van Dongen, 2013).

Les groupes de participants étudiés ont été constitués en fonction de critères qui ont différé d'une étude à l'autre. Ainsi, Bergdahl *et al.* ont recruté pour leurs deux premières études (1995, 2004) deux groupes de personnes, un se plaignant d'expositions aux écrans cathodiques et l'autre se plaignant d'expositions à l'électricité, alors que par la suite, Rubin *et al.* (2008) et Johansson *et al.* (2010) ont comparé un groupe se plaignant uniquement d'expositions aux téléphones mobiles avec un groupe se plaignant d'expositions à des sources d'ondes électromagnétiques multiples (à noter que Johansson *et al.* ont recherché systématiquement des personnes se plaignant d'expositions aux écrans cathodiques et n'en ont trouvé qu'une qui a été exclue de l'étude). Dans ces quatre études, les participants ont présenté significativement plus d'anomalies aux tests psychologiques et / ou psychiatriques que les témoins. Les personnes se plaignant d'expositions à plusieurs sources d'ondes électriques ou électromagnétiques ont présenté plus d'anomalies que celles qui se sont plaintes d'expositions à un seul type de sources d'ondes électromagnétiques (écrans cathodiques ou téléphones mobiles). Van Dongen *et al.* ont également recruté des personnes se déclarant EHS, les unes dans la population générale et les autres *via* des associations. Ces auteurs ont également observé des différences entre personnes se déclarant EHS et témoins et entre les deux groupes de personnes se déclarant EHS. Ainsi, les personnes recrutées par l'intermédiaire d'une association présentaient plus d'anomalies aux tests que celles recrutées dans la population générale.

Toutefois, cette étude ne mentionne pas la proportion de personnes sensibles aux ondes de la téléphonie mobile et celles sensibles à un large spectre de champs électromagnétiques dans ses deux groupes de personnes se déclarant EHS, ce qui rend impossible la comparaison des résultats avec ceux des deux études précédentes.

Ces différents résultats seraient en faveur d'une distinction entre des formes spécifiques (où la personne ne se plaint que de certaines sources de champs électromagnétiques) et des formes

généralisées de l'EHS (où elle se plaint de nombreuses sources), dont les expressions psychologiques seraient différentes, et pour lesquelles les réponses thérapeutiques devraient être adaptées. Cependant, les données sont insuffisantes pour caractériser clairement ces différentes formes. Les sept autres études n'apportent pas d'informations nouvelles sur ce point, soit qu'elles n'aient pas fait de distinction au sein du groupe de personnes se déclarant EHS (Landgrebe *et al.*, 2008b ; Szemerszky *et al.*, 2010 ; Tseng *et al.*, 2011 ; Köteles *et al.*, 2013a), soit qu'elle n'ait inclus que des personnes sensibles aux ondes basses fréquences (Dömötör *et al.*, 2016) ou aux ondes de la téléphonie mobile (Furubayashi *et al.*, 2009), soit qu'elle ait comparé le groupe de personnes se déclarant EHS à un groupe se plaignant d'hypersensibilité à un plombage dentaire (Bergdahl *et al.*, 2005), soit qu'elle n'ait pas distingué les personnes se déclarant EHS au sein d'un groupe se plaignant de symptômes liés à l'environnement (Brand *et al.*, 2009). Les critères d'exclusion ont également varié d'une étude à l'autre.

Dans ces conditions, seules quelques conclusions préliminaires peuvent être formulées. Elles concernent l'anxiété, la dépression et la tendance à la somatisation. D'une manière générale, les personnes se déclarant EHS (y compris celles uniquement sensibles aux ondes de la téléphonie mobile) sont plus fréquemment et / ou plus fortement anxieuses que les témoins non sensibles (Bergdahl, 1995 ; Landgrebe *et al.*, 2008b ; Furubayashi *et al.*, 2009 ; Johansson *et al.*, 2010 ; Dömötör *et al.*, 2016). Cependant, Szemerszky *et al.* (2010) n'ont pas observé de variation du score d'anxiété « état »¹⁹⁶ au cours d'une étude de provocation comportant trois phases d'exposition. Les personnes se déclarant EHS sont également plus fréquemment et / ou plus fortement déprimés que les témoins (Rubin *et al.*, 2008 ; Landgrebe *et al.*, 2008b ; Johansson *et al.*, 2010). Enfin, elles présentent une tendance à la somatisation statistiquement plus marquée que les témoins (Rubin *et al.*, 2008 ; Szemerszky *et al.*, 2010 ; Köteles *et al.*, 2013a ; Dömötör *et al.*, 2016).

Toutefois, aucune de ces études n'apporte d'arguments permettant de dire si ces différences sont la cause ou la conséquence de l'exposition aux champs électromagnétiques. Cette remarque avait été faite dès les premières études sur les composantes psychiques de l'EHS : les résultats des deux premiers articles de Bergdahl (1995, 2004) avaient été inclus dans la revue générale sur l'EHS présentée par Stenberg (un des co-auteurs de Bergdahl) en introduction de la réunion organisée par l'OMS sur l'hypersensibilité électromagnétique, les 25-27 octobre 2004, à Prague (République Tchèque) avec le commentaire suivant « *il n'est pas clair si les constatations psychologiques/physiologiques représentent un état qui précède l'EHS, ou si elles se développent parallèlement* » (Stenberg 2006).

Les autres résultats sont trop fragmentaires pour être considérés autrement que comme étant à confirmer avec des méthodologies plus adéquates. Des différences de quelques traits de personnalité ont été observées entre personnes se déclarant EHS et témoins, mais celles-ci sont trop disparates et pourraient être expliquées par les différences entre les instruments de mesure qui les ont mises en évidence. En l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible de dire que les personnes se déclarant EHS présentent un (ou plusieurs) profil psychologique particulier. Cependant, les tests de personnalité pathologique ne leur ont pas été appliqués jusqu'à présent. De même, l'absence de troubles psychiatriques majeurs chez les personnes se déclarant EHS, dans les études actuellement disponibles, pourrait être expliquée par l'exclusion explicite (Rubin *et al.*, 2008) ou implicite (la plupart des autres études) des personnes présentant de tels troubles. À noter, toutefois, qu'à la suite d'une enquête portant au départ sur 5 000 femmes japonaises (cf. Furubayashi *et al.*, 2009, § 6.2.1.2.2), les 43 témoins et les 11 personnes se déclarant EHS qui ont accepté de se prêter à une étude de provocation n'ont pas présenté d'anomalie à un test d'évaluation globale des troubles psychiques, alors que la présence de tels troubles n'était pas un critère d'exclusion de cette étude. La question reste donc ouverte de savoir si la fréquence des troubles psychiques majeurs, autres que l'anxiété, la dépression et la tendance à la somatisation, est différente ou pas de celle de la population générale.

¹⁹⁶ Cf. définition de l'anxiété « trait », constitutionnelle, ou « état », à l'instant présent, dans la présentation du test STA/ en Annexe 13.

À noter que le trait de personnalité « hypersensibilité (cf. 3.9.4) ne doit pas être considéré comme étant pathologique.

En résumé, les études descriptives des composantes psychiques des personnes se déclarant EHS doivent être considérées comme étant des études préliminaires n'ayant obtenu que des résultats partiels (anxiété, dépression, tendance à la somatisation) qui sont à prendre en compte dans leur prise en charge, mais dont la signification (cause ou conséquence) reste à élucider. L'étude des profils psychologiques de ces personnes et celle des affections psychiatriques majeures qu'elles pourraient présenter restent à faire.

7.6.4 Synthèse des données et conclusion

On sait aujourd'hui que des facteurs psychiques interviennent, de manière plus ou moins importante, dans le déclenchement et / ou l'évolution de la plupart des maladies. Les troubles somatoformes et la tendance à la somatisation, bien connus des psychiatres, représentent des situations extrêmes dans lesquelles ces facteurs jouent le rôle principal (cf. § 3.8). Il est donc parfaitement légitime de se poser la question des composantes psychiques de l'EHS et de leur influence éventuelle sur le cours des symptômes décrits sous ce terme. Cependant, il est également bien établi que l'absence d'anomalie aux examens cliniques, biologiques et d'imagerie ne signifie pas obligatoirement que les symptômes dont se plaignent les personnes sont d'origine psychique. Des constatations d'ordre psychologique, pas forcément pathologiques, doivent être faites pour qu'une telle origine puisse être considérée comme raisonnablement établie.

À la lumière des articles résumés ci-dessus, qu'en est-il pour l'EHS ? Cette question a été abordée en comparant des personnes se déclarant EHS à des témoins présumés sains à l'aide d'instruments psychométriques (présentés en Annexe 13). Les articles qui les ont utilisés sont analysés au § 6.1.2 et discutés au § 7.6.3.1 ci-dessus. Ils ne sont qu'une dizaine seulement, ce qui est peu si l'on considère le nombre élevé et la diversité de ces instruments, ainsi que l'hétérogénéité des situations cliniques. Il n'est donc pas surprenant de constater des lacunes importantes. Ainsi, aucune recherche ne s'est intéressée à la présence éventuelle chez les personnes se déclarant EHS de troubles spécifiques de la personnalité, tels qu'ils sont définis dans la classification internationale des maladies (CIM10 sous la référence F60). De même, aucune de ces études n'a utilisé les grands instruments classiques de diagnostic psychiatrique, tels que le *Minnesota Multiphasic Personality Inventory* (MMPI) ou la version complète du *World Health Mental Composite International Diagnostic Interview* (WHM-CIDI) de l'OMS.

Le seul enseignement que l'on puisse tirer de ces travaux est que les personnes se déclarant EHS sont plus anxieuses et plus déprimées que les témoins. Cependant, ce résultat est difficile à interpréter car, telles que ces recherches ont été conçues, il n'est pas possible de dire si cette anxiété et / ou cette dépression sont la cause ou la conséquence des symptômes ressentis par ces personnes. L'anxiété et la dépression sont en effet des réactions (conséquences) communes à la plupart des maladies graves ou rares. Dans le cas des personnes se déclarant EHS, on peut comprendre que les difficultés de la prise en charge médicale et la persistance des symptômes engendrent de l'anxiété et de la dépression.

En tout état de cause, aussi bien l'analyse des articles ci-dessus que les déclarations des médecins prenant en charge des personnes se déclarant EHS suggèrent que les affections psychiatriques graves ne sont pas plus fréquentes chez ces personnes que dans la population générale. En conclusion, le niveau de preuve est suffisant pour dire que – dans l'EHS, comme dans beaucoup d'autres affections – il existe une composante psychique non négligeable. Celle-ci est caractérisée par une anxiété et / ou un état dépressif qui sont plus fréquents et plus intenses que dans les populations témoins, sans que l'on puisse dire actuellement si ces états sont la cause ou la conséquence de l'EHS.

En attendant une meilleure compréhension du rôle de ces composantes psychiques, il est évident que de nombreuses personnes se déclarant EHS sont dans un état de souffrance plus ou moins important et qu'elles doivent être prises en charge et traitées, à ce titre, par des professionnels de santé ayant une bonne connaissance de leur problématique.

7.7 Effet *nocebo*

L'effet *nocebo* se définit comme l'ensemble des symptômes « négatifs » ressentis par une personne soumise à l'exposition à un médicament, une thérapeutique non médicamenteuse ou à des facteurs environnementaux. Il est causé par la suggestion, la croyance ou la crainte que cette exposition est nuisible. Comme il sera montré ci-dessous, il s'agit d'un phénomène psychophysiologique normal.

Hypothèse 17 pour expliquer tout ou partie de la survenue et / ou de l'évolution de l'EHS : un effet *nocebo* ?

7.7.1 Généralités sur l'effet *nocebo*

Le terme *nocebo* provient du verbe latin *nocere* (nuire), il signifie de façon littérale « je nuirai ». On regroupe en fait sous ce terme plusieurs faits différents, comme pour le terme *placebo* (« je plairai », du verbe latin *placere*). Ainsi, *nocebo* et *placebo* sont les deux faces en miroir d'un même phénomène et peuvent être envisagés de deux façons :

- L'objet *nocebo* peut être un médicament (comme le médicament *placebo*), une stratégie thérapeutique ou n'importe quel « objet » auquel est exposé une personne afin d'induire des effets désagréables. Ces « effets désagréables » peuvent soit avoir une explication physiopathologique et être observés chez la plupart des gens, soit n'avoir aucune explication biologique et n'être observés que chez une petite minorité de personnes. Il est difficile d'illustrer ce concept, car pour des raisons évidentes, induire volontairement un effet désagréable est contraire à l'éthique. Cependant, quelques exemples permettent d'appréhender l'idée. Un médicament ayant un mauvais goût est parfois plus efficace que le même médicament ayant un goût neutre. L'information donnée aux patients lors de la prescription d'un médicament, ainsi que la liste des risques figurant dans la notice du produit augmentent le risque d'événements indésirables.
- L'effet ou réponse *nocebo* se définit comme l'ensemble des symptômes « négatifs » ressentis par une personne soumise à une intervention qui peut être un médicament, une thérapeutique non médicamenteuse ou l'exposition aux champs électromagnétiques par exemple. On utilise parfois l'effet *nocebo* en recherche clinique dans des études comparant un médicament à un produit inactif. Il s'agit ici, en utilisant l'effet *nocebo*, de maintenir le double insu (l'ignorance de la nature du traitement administré par le patient et le médecin). Par exemple, certains antidépresseurs ont des effets latéraux atropiniques responsables d'une sécheresse désagréable de la bouche par diminution de la sécrétion salivaire. Si on compare le médicament testé à un simple *placebo* (il s'agit ici d'un produit ayant l'aspect du médicament testé mais ne contenant aucun principe actif), le patient et le médecin identifieront rapidement la nature du traitement reçu. Pour pallier ce problème, on peut administrer au groupe témoin un médicament dépourvu de l'effet supposé du médicament testé, mais induisant une sécheresse buccale.

Tout comme pour l'effet *placebo*, de nombreuses théories tentent d'expliquer l'effet *nocebo* au niveau neuropsychologique et neurobiologique.

Une revue récente (Schedlowski *et al.* 2015) fait le point sur les mécanismes neuro-bio-comportementaux des réponses *placebo* et *nocebo*. Ce document constate que les publications et les connaissances sur les réponses *placebo* sont presque 10 fois plus abondantes que celles sur les réponses *nocebo* (2 672 publications sur les premières depuis 1950 contre 280 pour les secondes). Ceci s'explique par les considérations éthiques signalées ci-dessus.

Il est aujourd'hui reconnu que les trois facteurs principaux qui interviennent dans le déclenchement et l'intensité de l'effet *nocebo* sont :

- (1) l'attente du sujet, liée à ses croyances personnelles et à son appartenance socio-culturelle ;
- (2) le conditionnement, lié à des expériences antérieures désagréables¹⁹⁷ ;
- (3) la qualité de la relation soignant-soigné, documentée récemment pour ce qui est de la pratique médicale (Greville-Harris and Dieppe 2015).

Cependant, d'autres facteurs peuvent également intervenir, comme les propriétés intrinsèques de « l'objet thérapeutique » (couleur et goût d'un médicament, manipulation compliquée d'un système d'administration ou d'un dispositif médical, coût, etc.) ou les relations inter-individuelles (observation et / ou écoute de personnes se plaignant de troubles sérieux après avoir pris le même médicament que celui prescrit au patient). Un exemple frappant de dissémination sociale des symptômes a été décrit dans un groupe qui allait être exposé à des conditions hypobariques dans les Alpes. Un seul des participants avait été informé de la survenue de maux de tête induits par l'hypoxie. Les autres membres du groupe ont été « infectés » par ce symptôme en fonction de leurs contacts sociaux avec celui-ci (Benedetti *et al.* 1997).

Schedlowski *et al.* (2015) ont également résumé les connaissances sur les mécanismes neurobiologiques sous-tendant les réponses *nocebo*. Ces connaissances reposent principalement sur l'étude du phénomène douloureux. Grâce aux techniques d'imagerie fonctionnelle cérébrale, plusieurs études (Koyama *et al.* 2005, Keltner *et al.* 2006) ont montré que, chez des volontaires sains, la simple attente des symptômes pouvait activer les structures cérébrales impliquées dans la perception des symptômes (régions nociceptives du thalamus, du cortex somato-sensoriel secondaire et de l'insula) avant que la moindre stimulation sensorielle ait été appliquée. Lorsque les sujets s'attendaient à un stimulus nociceptif très intense, l'activation pouvait s'étendre au cortex cingulaire antérieur caudal, à la tête du noyau caudé, au cervelet et au noyau cunéiforme antérieur (Keltner *et al.*, 2006).

Des phénomènes comparables ont été observés au niveau de la moëlle épinière (Geuter and Buchel 2013) et pour d'autres modalités sensorielles, notamment visuelles (Summerfield and de Lange 2014). En ce qui concerne les mécanismes neurochimiques de l'effet *nocebo*, Benedetti *et al.* (1997) ont montré, lors d'un essai thérapeutique sur les douleurs post-opératoires, qu'une hyperalgésie *nocebo*-induite pouvait être empêchée par un antagoniste de la cholécystokinine, la proglumide, suggérant que ce polypeptide était un médiateur de l'effet *nocebo* par l'intermédiaire de son implication dans le fonctionnement des faisceaux descendants du contrôle de la douleur (Benedetti *et al.* 1997). De plus, Benedetti *et al.* (2013) ont mis en évidence un rôle des systèmes opioïdes et cannabinoïdes dans la régulation par effet *nocebo* des phénomènes douloureux (Benedetti *et al.* 2013). Enfin, Benedetti *et al.* (2014) ont décrit une augmentation significative des concentrations sanguines de prostaglandines E2 et F2 chez les sujets « contaminés » verbalement du groupe cité ci-dessus (Benedetti *et al.* 1997) pour avoir été exposé à des conditions hypobariques, expliquant la vasodilatation cérébrale responsable de la survenue des maux de tête (Benedetti, Durando, and Vighetti 2014). Toutefois, Schedlowski *et al.* (2015) considèrent que, pris dans leur ensemble, les mécanismes sous-tendant les réponses *nocebo* sont beaucoup moins bien compris que ceux des réponses *placebo* (Schedlowski *et al.* 2015). En particulier, on ne sait pas quelles sont les contributions respectives des « trajectoires » similaires, conjointes et distinctes aux réponses *placebo* et *nocebo*.

¹⁹⁷ Une définition plus simple du conditionnement lié aux expériences antérieures désagréables a été donnée dans le cadre de la consultation publique (commentaire n°100) : « ce qui fait mal fait peur et ce qui fait peur fait mal ». Cette définition peut s'appliquer aussi à l'effet *nocebo*.

7.7.2 L'effet *nocebo* en recherche clinique

L'effet *nocebo* en recherche clinique a partiellement été envisagé plus haut sous l'angle méthodologique pour le maintien du double *insu*. Au-delà de cet exemple, l'enjeu en recherche clinique est de mesurer l'effet *nocebo* et l'effet *placebo* (on utilise souvent le terme *placebo* pour décrire les deux phénomènes) et de les distinguer des effets propres de l'intervention à laquelle est soumis le patient. C'est la raison pour laquelle la méthodologie de référence utilisée en recherche clinique est l'essai comparatif *versus placebo* (le terme fait ici référence à un produit d'apparence identique au produit testé mais n'ayant aucune activité). Dans ce schéma expérimental, la comparaison des effets observés dans les groupes exposés à l'intervention ou non exposés permet d'identifier les effets *placebo / nocebo*. Dans les essais cliniques traditionnels évaluant le médicament, les personnes du groupe témoin expérimentent des événements indésirables désagréables qui sont le plus fréquemment des céphalées, des troubles digestifs (nausées, vomissements) ou neuropsychiatriques (anxiété, somnolence, malaises divers, etc.). Toujours dans le cadre de la recherche clinique, on a également pu montrer que l'information donnée au participant afin d'obtenir son consentement, et qui comporte un exposé des contraintes et des risques encourus en cas de participation à la recherche, génère un effet *nocebo*. Il en est de même des recherches impliquant des schémas expérimentaux compliqués ou l'utilisation de matériels sophistiqués perçus comme mystérieux par le participant.

7.7.3 L'effet *nocebo* en pratique clinique

Bien que perçu intuitivement depuis longtemps par de nombreux praticiens, le problème de l'effet *nocebo* en pratique clinique n'a fait l'objet de publications que depuis une dizaine d'années (Olshansky 2007, Hauser, Hansen, and Enck 2012). Greville-Harris et Dieppe (2015) ont fait une brève revue des quelques articles consacrés à cette question et y ont inclus quelques données succinctes tirées d'une thèse portant sur le concept de validation / invalidation¹⁹⁸ dans la relation médecin-patient, ainsi que dans d'autres domaines. Ils ont notamment décrit les résultats d'une étude conduite dans un centre de traitement de la douleur, au cours de laquelle ils ont observé et enregistré les consultations et réalisé des entretiens semi-directifs chez 5 patientes et 4 consultants. Les entretiens ont suggéré que les effets d'une invalidation étaient très dommageables. Aussi bien les patients que les consultants ont rapporté beaucoup de circonstances au cours desquelles ils se sentaient invalidés au cours des consultations. Les patients en ont éprouvé un sentiment de désespérance et d'irritation, ainsi qu'un besoin accru de justifier leur état et d'éviter certains médecins. Malgré la petite taille de l'échantillon étudié, les auteurs ont conclu qu'une invalidation pendant une consultation pouvait engendrer des réponses *nocebo* puissantes chez les patients qui n'avaient pas été bien examinés. Selon eux, le problème est cependant plus général : il est dans la nature humaine de souhaiter se sentir compris par les autres et notre expérience générale de la vie nous apprend que des mots et des critiques durs (*harsh*) peuvent blesser et avoir des effets négatifs de longue durée (Greville-Harris and Dieppe 2015).

Si l'on considère la situation d'incompréhension entre les personnes se déclarant EHS et de très nombreux professionnels de santé, l'application du concept de validation / invalidation conduit à formuler l'hypothèse que cette situation peut générer un important effet *nocebo* chez ces personnes.

¹⁹⁸ Dans le concept de validation / invalidation, la validation est un acte de communication signifiant à autrui l'acceptation et la compréhension de son message, alors que l'invalidation est un acte signifiant la non compréhension et la non acceptation de ce dernier. Ces concepts diffèrent de ceux d'empathie qui s'applique à la seule compréhension d'autrui, et de compassion qui consiste à créer des sentiments de chaleur, de gentillesse et de soutien, car ils impliquent la communication à autrui de la compréhension et de l'acceptation ou de l'incompréhension et de la non acceptation.

7.7.4 Qu'en est-il chez les personnes se déclarant EHS ?

7.7.4.1 Apport des études de provocation

Les études de provocation ont fait l'objet d'une analyse article par article, d'une synthèse et d'une réflexion approfondie sur leurs limites (cf. § 6.2). Rappelons que l'OMS¹⁹⁹ les considère comme indispensables pour préciser la nature des intolérances environnementales idiopathiques : « *des études cliniques sont nécessaires de toute urgence pour déterminer la nature (par exemple : psychogène, toxicogène) de l'IEI, puisque les résultats auront une influence sur les politiques publiques et la pratique clinique pour la prévention et le traitement de l'IEI. La question clé est de savoir si les sujets avec IEI sont capables, dans le cadre d'études de provocation, de discriminer en double aveugle les expositions environnementales des expositions placebos. L'aptitude à discriminer suggère un mécanisme toxicologique. L'incapacité à discriminer suggère un effet psychogène (par exemple un mécanisme conditionné ou appris)* ».

Depuis les premiers cas de personnes se déclarant EHS, de nombreuses études de provocation ont été réalisées (cf. § 6.2.1). Elles ont montré que, « *dans l'immense majorité des cas, les personnes se déclarant EHS [...] n'ont pas présenté plus de symptômes fonctionnels pendant les périodes d'exposition que pendant les périodes de non exposition* » (Afsset, 2009).

Toutefois, plusieurs de ces études de provocation suggèrent ou confirment que les symptômes ressentis par les personnes se déclarant EHS seraient dus à un effet *nocebo*.

Les premiers à avoir soulevé cette hypothèse sont Rubin *et al.* (2006b) qui, dans la discussion de leur étude de provocation, se sont essentiellement appuyés, pour faire cette proposition, sur le fait que 26 personnes se déclarant EHS sur 60 (43 %) ont présenté, au cours des expositions (réelles ou factices), des réactions suffisamment sévères pour demander l'arrêt de l'exposition (n = 17) ou pour se retirer de la suite de l'étude (n = 9), alors qu'aucun des 60 témoins n'a présenté de telles réactions. De plus, ces réactions sévères étaient distribuées de manière identique entre les trois conditions d'exposition : GSM (n = 7), signal continu non pulsé (n = 10) et exposition factice (n = 9). Ces résultats, qui ne confirment pas le sentiment que les personnes se déclarant EHS ont dans leur capacité à discriminer les signaux réels des signaux simulés, ont conduit les auteurs à émettre deux hypothèses : (1) la perception de symptômes lors des études de provocation serait due à un effet *nocebo* et (2) le même mécanisme serait en cause pour expliquer l'apparition des symptômes que ces personnes ressentent dans leur vie quotidienne.

Dans une revue générale portant sur 46 études de provocation réalisées en aveugle ou en double-aveugle, ces mêmes auteurs (Rubin *et al.*, 2010) ont relevé huit études ((Wenzel, Reissenweber, and David 2005, Wilén *et al.* 2006, Rubin *et al.* 2006b, Eltiti *et al.* 2007a, Oftedal *et al.* 2007, Hillert *et al.* 2008, Leitgeb *et al.* 2008, Furubayashi *et al.* 2009) qui, comme leur étude précédente réalisée en 2006, rapportait que les expositions réelles et factices avaient la même efficacité dans le déclenchement des symptômes. À nouveau, ils en ont déduit que, « *dès lors que des expositions factices paraissent suffisantes pour déclencher les symptômes rapportés par les sujets EHS participant à des études de laboratoire, il semblait probable que les mêmes effets nocebo puissent expliquer aussi les symptômes aigus qu'ils ressentent dans la vie quotidienne* ».

Ils ont également cité, à l'appui de leur hypothèse, les travaux de l'équipe de Ratisbonne (Frick *et al.*, 2005 : Landgrebe *et al.*, 2008b), qui ont mis en évidence un taux de faux positifs plus élevé chez les personnes se déclarant EHS lors des stimulations magnétiques transcrâniennes, alors

¹⁹⁹ *International Programme on Chemical Safety/World Health Organization (IPCS/WHO. Conclusions and recommendations of a workshop on multiple chemical sensitivities (MCS). Regulatory Toxicology Pharmacology 1996 ; 24 : S188-S189: « human research is urgently needed to determine the nature (e.g., psychogenic, toxicogenic) of IEI since the outcome will influence public policy and clinical practice for IEI prevention and treatment, respectively. The key question is whether subjects with IEI are able to discriminate in double-blind, placebo-controlled challenge studies between reported environmental triggers and placebos. Ability to discriminate suggests a toxicologic mechanism. Inability to discriminate would suggest a psychogenic (e.g., conditioned or learned mechanism) ».*

que le seuil de détection des expositions réelles ne différait pas significativement entre ces personnes et les témoins. Parmi les études citées par Rubin *et al.* (2010), celle d'Oftedal *et al.* (2007) est la première à réaliser une étude de provocation spécifiquement centrée sur la place de l'effet *nocebo* dans l'EHS (cf. analyse de l'article au § 6.2.1.2.6). Dans cette étude, les auteurs ont sélectionné 17 personnes ayant déclaré avoir ressenti des maux de tête lors d'un test ouvert²⁰⁰ et les ont incluses dans une étude en double-aveugle, qui a montré que la fréquence et l'intensité des maux de tête pendant et après l'exposition réelle n'étaient pas différentes de celles observées pendant et après l'exposition factice.

D'autres études (Heinrich *et al.* 2007, Regel *et al.* 2006) ont noté une corrélation significative entre les scores symptomatiques et l'intensité du champ électromagnétique perçu (et non celui mesuré), même quand les personnes n'étaient pas exposées, mais croyaient l'être. De même, Wallace *et al.* (2010) (cf. analyse de l'article au § 6.2.1.2.6) n'ont pas évoqué d'effet *nocebo*, mais ont présenté des résultats compatibles avec cette hypothèse.

Szemerszky *et al.* (2010) (cf. analyse de l'article au § 6.2.1.2.6) ont également étudié l'effet *nocebo* lors de deux expositions factices, présentées comme étant l'une faible et l'autre forte, à des champs extrêmement basse fréquence à 50 Hz. Ces auteurs en ont conclu que le phénomène *nocebo* jouait un rôle important dans la genèse des symptômes attribués aux champs électromagnétiques et que certains traits de personnalité, notamment la tendance à la somatisation et à l'amplification somatosensorielle des symptômes, semblaient être de meilleurs prédicteurs de la perception des symptômes lors d'expositions aux champs électromagnétiques que le fait de s'attendre à des effets négatifs des ondes sur la santé.

Eltiti *et al.* (2015) (cf. analyse de l'article au § 6.2.1.1) ont regroupé les résultats de deux études de provocation (Eltiti *et al.*, 2007a et Wallace *et al.*, 2010) pour augmenter la puissance statistique de leurs analyses grâce à un plus grand nombre de personnes se déclarant EHS et de témoins. Ces deux études comportaient une session ouverte, avec exposition réelle et factice connue, et deux sessions d'exposition, l'une en double-aveugle, l'une réelle et l'autre factice. Au cours des sessions ouvertes, les personnes se déclarant EHS ont présenté un nombre et un score de symptômes, ainsi que des scores d'anxiété, d'éveil, d'inconfort et de fatigue plus élevés sous exposition réelle que sous exposition factice, alors que les témoins n'ont pas présenté de différence entre les deux conditions d'exposition (réelle et factice). Au cours des sessions en double aveugle, les personnes se déclarant EHS et les témoins n'ont pas présenté de différences entre les deux conditions d'exposition. Dans les deux conditions d'exposition, les personnes se déclarant EHS ont cependant rapporté un nombre et un score de symptômes plus élevés que les témoins. Les auteurs ont souligné le fait que les effets négatifs ne se manifestaient que lorsque les participants savaient qu'ils étaient exposés aux radiofréquences. Ils ont souhaité entreprendre des études plus approfondies de l'effet *nocebo* et de ses mécanismes chez les personnes se déclarant EHS.

Szemerszky *et al.* (2016) (cf. analyse de l'article au § 6.2.1.2.6) ont montré chez de jeunes adultes sains, qu'après avoir reçu un comprimé *placebo* présenté comme étant sédatif ou une exposition factice à des champs électromagnétiques, ceux-ci attribuaient les difficultés rencontrées lors de l'exécution d'une tâche de vigilance, ainsi que les symptômes ressentis à la prise de ce comprimé ou à cette exposition, alors même que ces symptômes étaient équivalents en nombre et en intensité à ce qu'ils étaient avant la prise de comprimé ou l'exposition. Ils ont également montré que ces deux fausses attributions étaient corrélées entre elles et que la fausse attribution des difficultés cognitives était corrélée au score des inquiétudes sanitaires liées à la vie moderne.

Ce travail, fondé sur la théorie de l'attribution causale, suggère qu'il pourrait y avoir des analogies entre l'effet *nocebo* imputé aux médicaments, phénomène dont la réalité est bien établie, et l'effet *nocebo* imputé aux expositions aux champs électromagnétiques. De plus, le fait que ces effets aient été observés chez des personnes jeunes et saines suggère qu'il s'agit d'un phénomène normal, ce qui est en accord avec la théorie de l'attribution causale.

²⁰⁰ Cf. définition de session « ouverte » en note de bas de page n° 141, p146.

Toutefois, cette étude présente quelques faiblesses méthodologiques qui font que les éléments de preuve qu'elle apporte sont limités. Elle mérite d'être répliquée, car elle ouvre des perspectives nouvelles sur le rôle, les mécanismes et la signification de l'effet *nocebo* chez les personnes se déclarant EHS.

Enfin, Landgrebe *et al.* (2008a) (*cf.* analyse de l'article au § 6.2.1.2.8) ont montré, en couplant le paradigme d'activation cérébrale à celui de provocation, que des personnes se déclarant EHS et des témoins répondaient de façon statistiquement différente à une exposition factice à un téléphone mobile, et de façon non statistiquement différente à une stimulation thermique. Lorsque les deux groupes étaient soumis à l'exposition factice, ces auteurs ont décrit, chez les personnes se déclarant EHS, une activation du gyrus fusiforme pendant l'attente de l'exposition, une activation des cortex cingulaires et insulaires antérieurs pendant l'exposition et une augmentation du score de désagrément noté immédiatement après l'exposition, alors que, chez les témoins, aucune modification de l'état de base n'a été observée. Par contre, la stimulation thermique entraînait, par rapport à l'état de base, des activations cérébrales et une augmentation du score de désagrément qui ne différait pas entre les deux groupes. Pour les auteurs, l'association de manifestation symptomatiques (score de désagrément) à l'activation de régions cérébrales précises pendant une exposition factice constituait un argument en faveur d'une implication de ces aires cérébrales dans la perception du désagrément et dans la génération des symptômes.

On peut ajouter que ces aires cérébrales recoupent en partie celles que les études d'activation cérébrale citées ci-dessus (Koyama *et al.*, 2005 ; Keltner *et al.*, 2006) ont montré être impliquées dans la manifestation d'un effet *nocebo* dans les perceptions douloureuses. Des études complémentaires sont cependant nécessaires pour préciser les relations entre ces diverses conditions. À noter aussi que, dans l'étude de Keltner *et al.* (2006), 4 personnes se déclarant EHS sur 15 ont déclaré un score de désagrément comparable à ceux déclarés par les témoins et que leurs données d'imagerie n'ont pas été incluses dans les comparaisons par rapport à l'état de base et par rapport aux témoins. Ces résultats ne sont donc pas généralisables à l'ensemble des personnes se déclarant EHS.

La pertinence de ces résultats doit être examinée à la lumière des règles qui ont été élaborées progressivement dans le cadre plus classique et plus ancien des essais thérapeutiques

Les problèmes posés sont essentiellement d'ordre méthodologique, dont on voit la mise en œuvre de manière plus ou moins efficace dans les études dites « de provocation ». Il s'agit ici, quel que soit l'objectif principal de l'étude, de soumettre de façon aléatoire la personne à une exposition réelle ou factice à un type de radiofréquences. Dans l'absolu, pour mesurer les symptômes liés spécifiquement aux radiofréquences, et donc les distinguer d'un effet *nocebo*, ce type d'études ne devrait inclure que des personnes EHS ou des témoins non-EHS, bien caractérisés sur le plan phénotypique, et comparables, répartis de façon aléatoire dans le groupe exposé de manière réelle ou factice. S'il existe, le surplus d'évènements désagréables dans le groupe exposé pourra être attribué à la seule chose qui distingue les deux groupes de patients : l'exposition aux radiofréquences. Dans ce schéma expérimental idéal en groupe parallèle, on compare la fréquence de survenue de symptômes, ainsi que leur nature et leur sévérité. L'inconvénient de ce type d'étude tient au fait qu'il est aujourd'hui difficile, voire impossible, de définir exactement l'EHS, que le contrôle des biais expérimentaux impose des dispositifs lourds qui peuvent générer de l'effet *nocebo*. L'ensemble de ces limites fait qu'il faut un nombre important de participants pour atteindre un degré de différence ayant une pertinence statistique. Dans la plupart des 17 études rappelées ci-dessus, cette pertinence a été atteinte. Toutefois, cela n'a pas toujours été le cas : l'étude de Wensel *et al.* (2005) n'a porté que sur 3 personnes se déclarant EHS et 7 témoins. Par ailleurs, les différences observées dans l'étude de Heinrich *et al.* (2007) n'ont pas atteint le seuil de significativité malgré un effectif de 95 personnes.

Pour contourner une partie de ces difficultés, la plupart des études publiées à ce jour ont adopté un schéma croisé où la même personne (se déclarant EHS ou non) est soumise successivement, mais dans un ordre aléatoire, à une exposition réelle et à une exposition factice aux radiofréquences. L'avantage théorique est que chaque personne étant son propre témoin, le nombre global de participants à inclure est fortement diminué. À l'issue de l'expérience, on

compare les événements indésirables (ou tout autre paramètre) au cours de chacune des périodes et le surplus observé lors de l'exposition réelle peut être imputé aux radiofréquences, le reste est attribué à l'effet *nocebo* / *placebo*. Cependant, il convient d'être prudent dans l'interprétation de ces études car il peut exister des biais expérimentaux qui doivent être contrôlés : si l'exposition réelle lors de la première séquence générerait des symptômes, l'incidence de ceux-ci lors de l'exposition factice ultérieure pourrait augmenter, mais dans la plupart des protocoles, l'ordre des expositions est généralement aléatoire. L'exposition aux radiofréquences peut induire des effets qui vont durer un certain temps, au-delà de la période d'exposition. Il faut donc un intervalle suffisant entre les deux périodes et vérifier que l'état de base de chaque participant est identique au début de chaque période de l'expérimentation. Pour différencier les symptômes imputables aux radiofréquences de ceux relevant d'un effet *nocebo*, les chercheurs enregistrent les symptômes et demandent en même temps à la personne d'identifier la période (exposition réelle ou factice) à laquelle elle est exposée.

7.7.4.2 Autres contributions sur l'effet *nocebo*

Les études de provocation n'ont pas été les seules à apporter des arguments en faveur de l'existence d'un effet *nocebo* dans l'EHS.

Ainsi, l'étude de Witthöft *et al.* (2013) laisse supposer que le contenu des messages diffusés par les médias joueraient un certain rôle dans la perception négative de l'effet des ondes (effet *nocebo*) et que ce rôle serait d'autant plus important que les personnes auraient, à la base, un caractère anxieux.

Ce rôle de l'effet *nocebo* a été affiné par un article récent (Dieudonné, 2016) (*cf.* analyse de l'article au § 6.1.1.1) et a fait l'objet d'un éditorial (Berthelot 2016) qui apporte quelques notions complémentaires.

Dieudonné (2016) a élaboré, par recoupements successifs, un modèle synthétique unique du processus d'attribution, dont la cohérence avec chaque biographie a été testée. Ce modèle, qui constitue un « *ideal type* », comprend sept étapes : (1) le début des symptômes, (2) la non obtention d'une solution (médicale), (3) la découverte de l'EHS, (4) le recueil d'informations sur l'EHS, (5) l'apparition implicite de la conviction, (6) l'expérimentation, (7) l'acceptation consciente de la conviction. Dans la discussion, l'auteur insiste sur le fait que les symptômes débutent bien avant que l'environnement ne soit suspecté et que l'exposition aux champs électromagnétiques ne soit considérée comme nocive et tenue pour responsable de ces symptômes. Il en déduit qu'il est hautement invraisemblable que l'effet *nocebo* soit la cause des premiers symptômes ressentis par les personnes se déclarant EHS. Analysant finement quelques cas particuliers, il montre cependant que les réponses *nocebo* et *placebo* interviennent dans le processus d'attribution et que, dans quelques rares cas, l'EHS pourrait trouver son origine dans le stress technologique. Cette étude présente l'intérêt de retrouver chez des personnes se déclarant EHS le modèle évolutif largement décrit par le P^r Cathébras dans son livre sur les syndromes médicalement inexpliqués (Cathébras, 2006) (*cf.* § 3.8.1).

Enfin, l'éditorial de Berthelot (2015) n'apporte pas de données originales, mais relève six arguments, dont cinq en faveur du rôle de l'effet *nocebo* dans l'EHS :

- à ce jour, les études scientifiques n'ont pas trouvé d'effets indésirables des champs électromagnétiques habituels ;
- quelques personnes qui se déclarent hypersensibles aux champs électromagnétiques peuvent être hypersensibles aux effets *nocebo* :
 - les symptômes ne sont pas reproduits de façon fiable par des expositions réelles dans les études en double aveugle ;
 - les personnes se déclarant EHS sont habituellement incapables de discriminer les expositions réelles et factices ;
- les symptômes rapportés par les personnes se déclarant EHS semblent fréquemment attribuables aux effets *nocebo* ;
- les effets *nocebo* sont potentialisés par les médias (et même par quelques industriels) qui soutiennent la croyance aux effets indésirables des champs électromagnétiques ;

- on ne peut exclure qu'une minorité de personnes éprouve des effets idiosyncrasiques des champs électromagnétiques ;
- quelques personnes pourraient tirer des bénéfices secondaires en se déclarant EHS.

7.7.4.3 Synthèse des données et conclusion

En résumé, il existe dans la littérature une quinzaine d'études de provocation réalisées en double aveugle et apportant des éléments de preuve concordants en faveur d'un rôle de l'effet *nocebo* dans les symptômes ressentis par de nombreuses personnes se déclarant EHS. Ces études émanent de 12 équipes différentes qui ont utilisé des protocoles très différents. Neuf d'entre elles, les plus anciennes, montrent que les expositions réelles et factices ont la même efficacité dans le déclenchement des symptômes chez les personnes se déclarant EHS. Trois de ces études (Eltiti *et al.*, 2007a ; Oftedal *et al.*, 2007 ; Wallace *et al.*, 2010) ont, en outre, montré que ces personnes qui déclaraient ressentir des symptômes lors d'expositions réelles ouvertes²⁰¹ (mais pas lors d'expositions factices ouvertes), ne faisaient plus cette différence lors des expositions réelles et factices réalisées en double aveugle. Une relation de type « dose-effet », critère majeur dans la démonstration de l'effet d'une substance en pharmacologie, a été mise en évidence par Szemerszky *et al.* (2010) : le nombre et l'intensité des symptômes ressentis par les personnes se déclarant EHS étant significativement plus élevés lors d'une exposition factice présentée comme étant forte que lors de la même exposition factice présentée comme étant faible.

De plus, un argument en faveur d'une possible base cérébrale d'un effet *nocebo* chez des personnes se déclarant EHS a été fourni par l'association d'un score de désagrément élevé à une activation du gyrus fusiforme et des cortex cingulaires et insulaires antérieurs lors d'une exposition factice de plusieurs personnes se déclarant EHS à un téléphone mobile, alors que la même exposition n'a modifié en rien l'état de base des témoins et qu'une stimulation thermique n'a pas entraîné de réponses différentes dans les deux groupes de participants (Landgrebe *et al.*, 2008a). Ces données sont à rapprocher de celles qui montrent que des structures cérébrales comparables sont impliquées dans les effets *nocebo* qui accompagnent certaines perceptions douloureuses (cf. § 7.7.1 ci-dessus : Koyama *et al.*, 2005 ; Keltner *et al.*, 2006) et dont on commence à connaître les mécanismes neurochimiques (cf. § 7.7.1 ci-dessus : Benedetti *et al.*, 1997 ; Benedetti *et al.* 2014). Ce rapprochement pourrait ouvrir des perspectives de recherche sur les mécanismes neurochimiques de l'EHS qui, à notre connaissance n'ont été que très peu abordés.

Enfin, le fait que des adultes jeunes et sains aient attribué des symptômes et les difficultés rencontrées dans la réalisation d'une tâche de vigilance à une intervention expérimentale préalable (prise d'un comprimé *placebo* supposé sédatif ou exposition factice à des champs électromagnétiques), suggère que l'effet *nocebo* potentiellement impliqué dans l'EHS pourrait être un effet indésirable inévitable du fonctionnement cognitivo-affectif, pouvant affecter toute personne, y compris les médecins²⁰², et pouvant être facilité par les inquiétudes sanitaires²⁰³ liées à la vie moderne.

²⁰¹ Cf. définition de session « ouverte » en note de bas de page n° 141, p146.

²⁰² Toutefois, la mauvaise qualité de la relation médecin-patient n'est probablement pas la seule cause d'effet *nocebo*. Dans un commentaire récent sur la crise du Lévothyrox (<http://www.atoute.org/n/article362.html>) le Dr D. Dupagne déclare : « Ce n'est pas faire insulte aux patients que de parler d'effet *nocebo*. Tous les médecins en ont été victimes eux-mêmes : pendant mes études, il suffisait qu'une infirmière découvre des poux sur un clochard hospitalisé pour que tout le monde perçoive immédiatement d'authentiques démangeaisons... L'autre option fréquente étant de ressentir les symptômes des maladies que l'on était en train d'étudier ! En revanche, insinuer que toutes les difficultés sont dues à l'effet *nocebo* est à la fois faux et méprisant. »

²⁰³ « Ce qui fait mal fait peur et ce qui fait peur fait mal » témoignage formulé dans le cadre de la consultation publique.

À nouveau, la ressemblance des réponses à la prise d'un comprimé *placebo* et à une exposition factice à un champ magnétique ouvre des perspectives de recherche sur les mécanismes neurobiologiques en jeu dans l'EHS.

Au total, les résultats des études de provocation sont compatibles avec l'hypothèse d'un effet *nocebo* important dans l'EHS. Aucune autre explication scientifique à ces résultats n'a été avancée, et encore moins démontrée, jusqu'à présent. Toutefois, plusieurs de ces études n'ont pas été répliquées ; leurs conclusions doivent donc être interprétées avec prudence. De plus, ces études de provocation ont été réalisées chez des personnes se déclarant EHS depuis un certain temps et ne renseignent donc pas sur les modalités de la première apparition des symptômes et de leur attribution à une exposition à des champs électromagnétiques. Si les résultats des études de provocation montrent que l'effet *nocebo* joue incontestablement un rôle dans l'entretien de l'EHS, ils ne permettent pas de dire que cet effet est le facteur ou un des facteurs déclenchant(s) de l'EHS. En conséquence, l'argumentation de Dieudonné (2016), basée sur le laps de temps souvent long qui sépare l'apparition des symptômes de leur attribution à une exposition à des champs électromagnétiques, ainsi que sur une analyse fine des 40 entretiens qu'il a réalisés, est à prendre en considération pour estimer que l'effet *nocebo* n'a pu être à l'origine de l'EHS que dans un tout petit nombre de cas.

Enfin, il ne faut pas perdre de vue que la symptomatologie fonctionnelle de l'EHS est, dans sa banalité, compatible avec l'hypothèse d'un effet *nocebo*. Quant à l'hypothèse, soulevée sans argument précis par Berthelot (2015), d'une recherche de bénéfices indirects par une auto-déclaration d'être EHS, elle sort du cadre de cette discussion et, en tout état de cause, aucune donnée actuelle ne nous permet de la vérifier.

En conclusion, le niveau de preuve est suffisant pour affirmer qu'un effet *nocebo* notable intervient, chez de nombreuses personnes se déclarant EHS, dans le maintien des symptômes ressentis. Comme les autres effets *nocebo* décrits dans la littérature (cf. § 7.7.1 ci-dessus), cet effet n'est probablement que la conséquence indésirable, mais inévitable, d'un fonctionnement cognitivo-affectif normal. Il n'implique ni l'absence d'effet biologique de l'exposition aux champs électromagnétiques (même si ceux-ci n'ont pas été démontrés jusqu'à présent), ni l'existence de troubles psychiques.

7.8 Autre hypothèse : un effet cocktail

Hypothèse 18 pour expliquer tout ou partie de la survenue et / ou de l'évolution de l'EHS : l'EHS serait due à un stimulus environnemental complexe (produits chimiques, pesticides, sources multiples de champs électromagnétiques, bruit, etc.) potentialisé par les champs électromagnétiques, ou « effet cocktail ».

Cette hypothèse a été évoquée lors de l'audition des Électrosensibles de France et de Priartem.

Selon cette dernière hypothèse, purement spéculative, l'EHS pourrait être la conséquence d'une première atteinte qui ne serait pas causée par les champs électromagnétiques, ou du moins en partie seulement, ou bien elle pourrait aussi être la résultante de l'amplification d'une réponse physiologique à d'autres agents, sous l'effet de l'exposition aux champs électromagnétiques.

À la connaissance du groupe de travail, aucune publication n'a été faite sur les effets d'une exposition conjointe à des champs électromagnétiques et à un autre facteur pouvant être la cause de symptômes comparables à ceux décrits par les personnes se déclarant EHS par rapport à des témoins.

Toutefois, une étude ancienne (analysée au § 6.2.1.2.7), réalisée chez des personnes se déclarant EHS (Sandström *et al.*, 1997), montre que celles-ci présentent des réponses statistiquement plus marquées que celles des témoins lors d'expositions à des lumières clignotantes :

- amplitudes moyennes des potentiels évoqués visuels (PEV) plus élevées quelle que soit la fréquence de stimulation, entre 20 et 75 Hz, et quelle que soit la modulation de l'intensité lumineuse à 45 Hz, ainsi que ;
- augmentation de la fréquence cardiaque par rapport aux témoins et, chez les personnes électrohypersensibles, entre la période de relaxation et la période de communication active.

Cette étude (Sandström *et al.* 1997) a le mérite d'avoir proposé de nouvelles pistes de recherche.

8 Prise en charge médicale des personnes EHS et stratégies d'évitement mises en œuvre par celles-ci

Deux rapports d'experts consacrés à l'EHS (Bergqvist et Vogel, 1997 ; Mild KH *et al.* 2006) ont formulé des recommandations sur la prise en charge des personnes se déclarant EHS :

Pour Bergqvist et Vogel (1997), « *Dans certains pays et certains organismes, il existe des protocoles de prise en charge de l'EHS centrés autour :*

1°) *de la prévention, s'appuyant principalement sur l'information et des actions visant à réduire l'impact sur la santé de facteurs comme l'altération de la qualité de l'air intérieur ou le stress ;*

2°) *de la prise en charge précoce des personnes atteintes, comprenant un examen médical pour rechercher une maladie connue, et d'autres facteurs que les champs électromagnétiques pouvant être à l'origine des troubles ;*

3°) *du traitement visant principalement à réduire les symptômes et les handicaps fonctionnels.*

L'expérience pratique suggère fortement qu'une intervention précoce réduit considérablement la probabilité de troubles plus graves.

Réduire l'exposition aux champs électromagnétiques dans les situations pertinentes est une question fréquemment posée par les personnes se déclarant hypersensibles aux champs électromagnétiques. Il y a, toutefois, des avantages et des inconvénients à des actions telles que la mesure et la réduction des émissions ou l'évitement des expositions aux champs. Ces actions doivent être examinées soigneusement au cas par cas »²⁰⁴.

Pour les experts de l'OMS (Mild KH *et al.*, 2006), « *Quelle que soit sa cause, l'IEI peut être invalidante pour la personne atteinte. Le traitement devrait être centré sur les symptômes et sur le tableau clinique et comporter :*

1°) *un examen clinique pour rechercher et traiter toute anomalie spécifique qui pourrait être à l'origine de la survenue des symptômes ;*

2°) *une recherche des facteurs qui pourraient contribuer aux symptômes décrits par la personne se déclarant EHS en lien avec le lieu de travail et le domicile. Ces facteurs peuvent par exemple être la pollution de l'air intérieur, un bruit excessif, un éclairage insuffisant (lumière clignotante) ou des facteurs ergonomiques. Une réduction du stress et une amélioration des conditions de travail peuvent être nécessaires. La mesure de l'exposition aux champs électromagnétiques peut être éventuellement utile pour vérifier que les niveaux d'exposition respectent les standards et recommandations existants ;*

²⁰⁴ Le texte anglais est le suivant : « *In some countries and within some organisations, schemes to handle « electromagnetic hypersensitivity » center around :*

1 – *Prevention, mainly concerned with information and mitigation of factors known to give rise to adverse health effects such as indoor air quality or stress conditions;*

2 – *Intervention or early handling of afflicted cases, including medical examination to detect if the individual suffers from a known disease, and investigations of the relevant situations for other factors besides EMF;*

3 – *Treatment, primarily directed towards reducing symptoms and functional handicaps;*

Practical experience strongly suggests that early intervention greatly reduces the likelihood of more serious problems.

To reduce the exposure to electromagnetic fields in the relevant situation(s) is a commonly asked for action by individuals claiming « electromagnetic hypersensitivity ». There are, however, both advantages and disadvantages of such actions, such as measuring and reducing field emissions or avoiding field exposures. These must be carefully considered, case by case. »

3°) un examen psychologique pour rechercher des troubles psychiatriques ou psychologiques qui pourraient être à l'origine des symptômes.

Quelques études suggèrent que certaines réponses physiologiques des personnes se déclarant EHS ont tendance à être en dehors des normes. En particulier, l'existence d'une hyperréactivité du système nerveux central et d'un déséquilibre du système nerveux autonome mis en évidence dans des études devraient faire l'objet d'études de recherche cliniques et leurs résultats pris en compte pour développer le cas échéant des protocoles thérapeutiques appliqués aux personnes.

Sous l'égide du projet OMS EMF, un protocole de « bonnes pratiques » de prise en charge des personnes se déclarant EHS devrait être élaboré par des médecins reconnus au niveau international et être communiqué aux autorités sanitaires nationales pour être mis en œuvre dans chaque pays²⁰⁵ ».

Outre le fait que ce dernier point n'a pas été suivi d'effet, ces recommandations étaient trop générales pour apporter des solutions concrètes satisfaisantes en pratique courante. Elles ne mentionnaient pas les quelques essais thérapeutiques qui avaient été réalisés avec des personnes se déclarant EHS, entre 1995 et 2002. Ces essais, dont les résultats ont été négatifs pour la plupart, ont été résumés dans plusieurs revues (Crasson 2005, Irvine 2005b, Rubin, Das Munshi, and Wessely 2006a) et dans le rapport publié par l'Afsset en 2009.

8.1 Études sur l'efficacité des thérapies comportementales et cognitives (TCC) et autres thérapies sur les symptômes ou troubles présentés par les personnes se déclarant EHS

8.1.1 Rappel des conclusions du rapport précédent

Le rapport (Afsset, 2009) avait fait précéder ses analyses sur les traitements de l'EHS de deux commentaires qui restent d'actualité.

« Il peut paraître paradoxal d'avoir procédé à des essais thérapeutiques pour une « affection » dont la définition, purement clinique, est restée floue pendant longtemps (et le reste encore pour une part) et dont les causes et mécanismes sont inconnus. En fait, il faut considérer ces essais, non seulement, dans leur dimension pragmatique de recherche d'une solution efficace toujours nécessaire en médecine, mais aussi dans leur dimension théorique d'apport à la compréhension de ces causes et mécanismes. »

« Dans l'ensemble, ces essais n'ont pas donné de résultats véritablement significatifs. Ils auraient pu être résumés en quelques lignes s'il n'y avait pas le projet gouvernemental de poursuivre l'élaboration d'un protocole d'accord et de prise en charge des patients hypersensible aux ondes électromagnétiques » (Grenelle des ondes).

²⁰⁵ Le texte anglais est le suivant : « *Whatever its cause, IEI can be disabling for the affected individual. Treatment should focus on the health symptoms and the clinical picture by performing :*

*1 – a medical evaluation to identify and treat specific conditions that may be responsible for the symptoms,
2 – an assessment of the work place and home for factors that might contribute to the presented symptoms. These could include indoor air pollution, excessive noise, poor lighting (flickering light) or ergonomic factors. A reduction of stress and other improvements of the work situation might be appropriate. EMF might be assessed to ensure that levels of exposure meet existing standards and recommendations.*

3 – a psychologic evaluation to identify alternative psychiatric/psychological conditions that may be responsible for the symptoms.

Some studies suggest that certain physiological responses of IEI individuals tend to be outside the normal range. In particular, the findings of hyper reactivity in the central nervous system and misbalance in the autonomic nervous system need to be followed up in clinical investigation and the results for the individuals taken as input for possible treatment.

Under the umbrella of WHO's EMF project, internationally qualified physicians should develop a « best practice » protocol for managing IEI individuals and provide this information to national health authorities for implementation at the local level. »

Le rapport notait ensuite que « ces essais se répartissent en six groupes, selon qu'ils concernent les thérapies cognitives (4 études²⁰⁶), les protections physiques (2 études), la supplémentation alimentaire en antioxydants (2 études), les prises en charge globales et prolongées (2 études), l'acupuncture (1 étude) et le shiatsu (1 étude). D'une manière générale, les trois revues (citées plus haut) s'accordent pour considérer que ces articles appellent des réserves méthodologiques ».

En ce qui concerne les essais de thérapies comportementales et cognitives (TCC), seules les conclusions des trois revues (Crasson, 2005 ; Irvine, 2005 ; Rubin *et al.*, 2006) avaient été reprises dans le rapport : « Pour Rubin *et al.*, 3 de ces 4 études ont rapporté une amélioration des sujets traités, mais chaque fois sur des critères différents : réduction du degré de la souffrance liée à l'EHS, réduction de la sévérité des symptômes, réduction du handicap, et réduction du nombre de sujets se décrivant comme sensibles aux champs électromagnétiques. De plus, dans la seule étude ayant testé la réponse des sujets à une provocation expérimentale après thérapie cognitive, celle-ci n'a pas eu d'effet sur l'augmentation de la sévérité des symptômes induits par la provocation et sur les croyances des sujets quant à leur capacité à détecter les champs électromagnétiques. Pour Irvine, trois de ces études ont obtenu un « succès limité ». Pour Crasson enfin, des publications tendent à démontrer l'efficacité des thérapies comportementales au niveau du handicap perçu et du degré d'hypersensibilité » (voir p. 299 à 301 du rapport (Afsset, 2009)).

Le rapport (Afsset, 2009) faisait état d'une seule nouvelle étude de recherche thérapeutique (Nieto-Hernandez *et al.*, 2008) montrant que « la divulgation des résultats – négatifs pour la relation de causalité entre exposition et symptômes – d'une étude de provocation n'avait eu aucun effet quantifié sur les symptômes de sujets « EHS » et sur leur croyance en la causalité de la téléphonie mobile » (voir p. 303 du rapport (Afsset, 2009)).

Les conclusions du rapport étaient les suivantes : « les quelques tentatives et essais thérapeutiques dans l'EHS n'ont pas permis d'obtenir des résultats probants. Il semble cependant qu'une tendance se dégage en faveur des thérapies comportementales et des prises en charge globales, dans la mesure où elles sont davantage centrées sur les symptômes que sur leurs causes ».

Depuis, bien que de nombreux articles aient continué à suggérer que les thérapies comportementales et cognitives pourraient être le traitement le plus efficace des symptômes présentés par les personnes se déclarant EHS, aucune nouvelle étude sur les effets de ces thérapies chez ces personnes n'a été publiée, c'est-à-dire depuis plus de 10 ans (Harlacher *and et al.* 1998, Hillert *et al.* 2002b, Andersson *et al.* 1996, Hillert *et al.* 1998).

Toutefois, aucun autre traitement de l'EHS n'a été validé jusqu'à présent. De plus, de nombreuses données montrent que les personnes se déclarant EHS sont plus anxieuses et plus déprimées que les personnes issues de la population générale et qu'un effet *nocebo* intervient au moins dans la persistance, voire l'aggravation des symptômes présentés par certaines de ces personnes (cf. § 7.6). Ces observations maintiennent un intérêt pour les thérapies comportementales et cognitives (Hillert 2004) et justifient la poursuite des recherches dans ce domaine. En conséquence, une analyse détaillée des trois principaux articles consacrés aux effets de ces thérapies chez des personnes se déclarant EHS a été faite ci-après.

8.1.2 Analyse des articles sur les effets des thérapies comportementales et cognitives chez des personnes se déclarant EHS

Les thérapies comportementales et cognitives constituent l'une des cinq grandes familles de psychothérapie (cf. Encadré 10).

²⁰⁶.(Andersson *et al.* 1996, Hillert *et al.* 1998, Hillert *et al.* 2002b, Harlacher *and et al.* 1998).

Encadré 10 : les thérapies comportementales et cognitives (TCC)

On distingue les psychothérapies dites « du pourquoi », qui visent à rechercher l'origine d'un trouble, et les psychothérapies dites « du comment », qui s'attachent plutôt à soulager les souffrances du patient.

Les thérapies comportementales et cognitives font partie de la deuxième catégorie. Leurs caractéristiques fondamentales sont (1) de se vouloir basées sur les connaissances de la psychologie scientifique, c'est-à-dire comportementaliste et cognitive, et (2) de s'attaquer, « ici et maintenant », aux symptômes dont souffrent les patients (phobie, obsession, addiction, délire, etc.) par des exercices pratiques et des interventions du thérapeute pour modifier les processus cognitifs, conscients ou non, considérés comme étant à l'origine des émotions et de leurs désordres. Elles associent des thérapies comportementales, basées sur les théories du conditionnement (voir Annexe 14) et des thérapies cognitives, basées sur les théories de la cognition. Les premières utilisent l'immersion durable dans la situation pathogène, l'aversion, l'inhibition réciproque, le renforcement positif et négatif ; les secondes s'appuient sur une investigation portant sur les éléments cognitifs (pensées, images, comportements, émotions) pour induire un décentrement et une « métacognition » qui rend possible la « restructuration cognitive ». Les TCC reposent sur l'hypothèse, aujourd'hui bien étayée, que les croyances, les schémas mentaux de l'individu influencent la manière dont il pense, ressent et se comporte. Cette modalité de psychothérapie apprend à la personne à identifier et évaluer ses pensées erronées dites « dysfonctionnelles » et ses croyances singulières, pour y répondre de manière contrôlée et, si possible, en réduire l'influence. Le thérapeute est actif et directif et doit garder avec le patient une bonne relation ; il lui est lié par un « contrat thérapeutique » prévoyant les résultats escomptés, et il encourage le patient à prendre un rôle actif.

Pratiquées en France depuis les années 1980, elles s'adressent surtout aux personnes ayant des troubles anxieux, des phobies et des troubles obsessionnels compulsifs. Cependant, le profil du patient (son enfance, ses facteurs de stress, ses facteurs traumatiques, etc.) est, bien sûr, pris en compte dans le choix de la thérapie.

Andersson B. *et al.* (1996) ont recruté 35 patients envoyés par leur médecin généraliste ou leur dermatologue de la ville de Stockholm. Seuls 17 d'entre eux correspondaient aux critères d'inclusion de l'étude. Les patients ont été randomisés, soit en groupe thérapeutique (n = 9), soit en liste contrôle en intentionnalité de traitement (n = 8). Les auteurs ont créé spécifiquement pour cette étude un questionnaire qui évaluait le handicap fonctionnel du trouble en six sous-dimensions : effets sur le travail, sur la vie en général, souffrances physiques, psychologiques, hypersensibilité et croyances. Une échelle analogique pour chacune de ces variables a été mise au point. Des dosages de prolactine et de cortisol ont été pratiqués lors de l'inclusion et à chaque étape du suivi. Des tests de provocation, avec expositions, réelle et simulée, appliquées en double aveugle à plus d'une semaine d'intervalle, ont été réalisés avant et après traitement.

Le programme de TCC était le suivant :

- 1) information du patient : présentation d'un modèle pour comprendre comment des symptômes somatiques pouvaient interférer avec l'interprétation des symptômes par la personne elle-même, à la manière d'un cercle vicieux. Le patient pouvait interpréter un symptôme comme étant le signal d'alerte d'un autre symptôme plus inquiétant ;
- 2) explication au patient que son schéma d'interprétation pouvait avoir été acquis dans le passé en ressentant des symptômes très inquiétants pour lui, mais pouvait aussi résulter d'informations multiples données par les journaux, la radio ou la télévision ;
- 3) le thérapeute discutait avec le patient des fondements de ses croyances. De fait, de multiples interprétations pouvaient être données ; elles étaient explorées une à une et évaluées. Il n'y avait pas une seule manière de voir ou d'interpréter l'expérience du patient et une seule manière de la contredire. Le modèle du cercle vicieux était validé, indépendamment des effets biochimiques ou non des champs électromagnétiques ;
- 4) relevé quotidien dans son carnet de thérapie, le patient notait à chaque fois que ses symptômes survenaient, leur intensité, les situations dans lesquelles ils apparaissaient et les interprétations qu'il en avait sur le moment. De cette manière le patient testait l'évidence de ses interprétations, il pouvait ainsi développer des stratégies de contrôle sur ses symptômes, ainsi que sur les situations déclenchantes ;

- 5) apprentissage au patient de stratégies de gestion du stress, telle qu'une méthode de relaxation, l'identification des stressseurs et leur gestion par le patient ;
- 6) travail sur les routines journalières (rythmes circadiens) et les manières de mieux appréhender les « autres » ;
- 7) réévaluation au bout de 20 semaines.

Les principaux résultats de l'étude ont été les suivants :

- réduction du score symptomatique global ;
- les tests de provocation n'ont pas entraîné de modification des symptômes et des variables biochimiques, aussi bien chez les personnes se déclarant EHS que chez les témoins, qu'il s'agisse des tests pratiqués avant ou après traitement (Andersson *et al.* 1996).

Hillert L. *et al.* (1998) ont recruté 31 patients sur une année. Neuf patients ont été exclus du protocole (chômage, maladies organiques ou psychiatriques associées, examen physique, examen biologique standard). Dix patients et 12 témoins en intentionnalité de traitement ont suivi une T.C.C pendant 6 mois et ont été suivis ensuite pendant une année après la fin de l'essai.

Les paramètres suivants ont été mesurés :

- l'inconfort, avec une échelle analogique ;
- une liste de symptômes cutanés (sensation de brûlure, etc.), avec calcul d'un indice relatif ;
- le taux d'évitement des sources de champs électromagnétiques était rapporté (un ratio était calculé) ;
- les stress « gâchettes » : le patient faisait un auto-relevé des sources d'exposition susceptibles de lui apporter un stress (tubes cathodiques, téléphones, ampoules, train, métro, etc.).

Les auteurs ont utilisé les questionnaires suivants :

- *Check-list* SCL 90 ;
- l'échelle d'alexithymie Toront (*alexithymia scale*) en 20 items. Le rapport entre l'alexithymie et les troubles somatomorphes a été discuté ;
- l'échelle du style attributionnel (*attributionnal style questionnaire*) ;
- le questionnaire de sentiment de cohérence²⁰⁷ dans la vie (*sens of coherence*).

Sur le plan biochimique, les mesures suivantes ont été réalisées :

- des dosages sanguins : hormones thyroïdiennes, prolactine et cortisol, qui reflètent, entre autre, le niveau de stress ;
- le dosage salivaire du fructosaminine, qui est un reflet de la glycémie des 15 derniers jours, reconnu comme un paramètre sensible au stress sur cette même période.

La thérapie comportementale et cognitive est centrée sur l'évolution des symptômes et sur les stratégies de *coping* (pour faire face) mises en place par le patient. Après les entretiens d'évaluation initiale, la thérapie comportait 15 séances réparties sur six mois.

Le problème à traiter était défini pour chaque patient dans les séances préliminaires, puis concrètement, une liste d'actions était identifiée pour résoudre le problème, le but de la thérapie était défini, et des stratégies étaient développées pour atteindre ce but, après agrément du patient et du thérapeute (*cf.* « Le contrat thérapeutique classique de TCC »).

²⁰⁷ Le sentiment de cohérence est habituellement corrélé à la sensation de bien-être évaluée, de fait, par le GHQ (*général health questionnaire*).

- construction de la liste des objectifs : le thérapeute vérifiait qu'ils étaient réalistes (par exemple : reprendre les transports en commun, aller faire des courses dans un endroit avec des ampoules fluorescentes, ou encore regarder la télévision) ;
- le travail permettait de tester plusieurs interprétations des symptômes : si « mon symptôme est la manifestation d'une maladie plus grave ? » ou encore « est-il une réaction temporaire inconfortable ? ». Le patient était alors encouragé à tester différentes actions : évitement ou non évitement, car il était suspecté que des facteurs déclenchants (*trigger*) influençaient les symptômes. La relaxation était apprise au patient pour diminuer le seuil d'éveil.

La thérapie était structurée, elle comportait des tâches au domicile, rapportées dans un carnet de thérapie, les hypothèses testées par le thérapeute et le patient, la notation de la réactivité, ses interprétations par rapport aux symptômes, des alternatives de pensées et d'autres interprétations étaient proposées par le thérapeute.

Le patient notait dans un carnet de thérapie tout ce qui pouvait être utile.

De nouvelles tâches au domicile étaient définies entre thérapeute et patient (*cf.* Travail personnel quotidien défini, classique et indispensable dans un programme TCC).

Les principaux résultats de l'étude ont été les suivants :

- paramètres biochimiques :
 - le taux de cortisol était très élevé avant traitement dans les deux groupes ;
 - il n'y avait pas de modification entre les deux groupes en ce qui concernait les facteurs biochimiques à la fin de l'étude ;
- Dans le groupe TCC. :
 - la TCC a permis au patient d'arrêter un cercle vicieux qui aggravait ses symptômes, elle a permis de développer de nouvelles interprétations, de nouveaux comportements lui permettant d'augmenter ses stratégies pour faire face (*coping*) et de diminuer ses évitements. Au bout de 6 mois, le groupe thérapeutique a évalué que sa sensibilité aux champs électriques était significativement plus faible que le groupe témoin, et l'autoévaluation de leur inconfort a montré une diminution des facteurs « gâchettes » ;
 - diminution significative de l'indice des symptômes ;
 - les patients améliorés montraient un taux de dépression et d'agressivité plus élevé que les autres avant le traitement TCC (les résultats sont statistiquement significatifs) ;
 - les patients qui avaient un score élevé d'anxiété phobique, d'agressivité et de sensibilité, amélioraient leur score à six mois.
- la possibilité de travailler était conservée dans les deux groupes (Hillert *et al.* 1998).

Au final, ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par Andersson B. *et al.* (1996). Le handicap fonctionnel diminue, mais pas la perception de l'hypersensibilité.

À Stockholm, Hillert L. *et al.* (2002b) ont recruté des sujets qui attribuaient leurs symptômes à une hypersensibilité aux champs électriques ou électromagnétiques. Dans leur vie courante, ils confondaient les sources de stress et, par conséquent, cherchaient à éviter toute source de champs électromagnétiques. Comme cela est impossible en pratique, ils vivaient dans un état de stress chronique, du fait d'un fort sentiment d'impuissance. Cinquante pour cent des patients recrutés n'ont pas été inclus (en raison de la découverte de pathologies hormonales, psychologiques, ou encore d'un manque de disponibilité). Quatre groupes de six personnes ont été formés en fonction de l'ordre d'arrivée des patients. Au final, 22 personnes ont participé à l'étude (14 femmes, 8 hommes, âge moyen = 42 ans, compris entre 29 et 58 ans). Une approche pédagogique a été entreprise, respectant le cadre d'une TCC. Les séances étaient thématiques, il y avait huit thèmes pour huit sessions :

1. présentation du travail, du groupe ;

2. présentation des données scientifiques actuelles sur l'hypersensibilité aux champs (avec un médecin) ;
3. répercussions des symptômes et difficultés dans la vie quotidienne, le sentiment de bien-être ;
4. définition du stress, du besoin des autres ;
5. les stratégies pour faire face (*coping*) au stress ;
6. le réseau social, le support des autres ;
7. l'environnement au travail, les modifications d'organisation, le temps horaire au travail, le support social ;
8. résumé général et évaluation des patients.

La session de TCC durait 3 heures, avec des thérapeutes de quatre disciplines : psychologue, travailleur social, kinésithérapeute, médecin généraliste. La session était entrecoupée et s'étalait, au final, sur toute une journée. La première partie de la session (90 minutes), animée par le psychologue et le travailleur social consistait à :

- revoir ce qui avait été dit et fait au groupe précédent ;
- raconter leurs expériences depuis la session précédente ;
- introduire le nouveau thème de la session présente ;
- définir des tâches au domicile en rapport avec le thème de la session.

Les patients ont participé à un groupe, sur huit week-ends, abordant le corps (avec un kinésithérapeute) et la psychologie (même si les patients rejettent une origine psychogène de leurs troubles). L'intervention kinésithérapeutique était de 90, puis de 30 minutes complémentaires une fois par semaine. Elle visait à augmenter la conscience du corps, son contrôle et à améliorer la santé physique. Les critères d'évaluation ont été les suivants : 1) la capacité de travail ; 2) l'évaluation du bien-être ; 3) les stratégies de *coping*, la forme physique (*physical fitness*), l'éveil du corps (*body awareness*). Seize des 22 patients ont rapporté des événements de vie perturbateurs dans les deux années qui précédaient les symptômes. Leur score de qualité de vie (questionnaire *SF-36*) était inférieur à celui de la population générale suédoise pour 15 d'entre eux (soit 15/22 = 68 %). Au bout de huit week-ends, les principaux résultats de l'étude ont été les suivants :

- diminution des tensions musculaires ;
- meilleur éveil du corps ;
- pas de différences significatives sur les symptômes ressentis ;
- pas de modification psychologique avant / après (5 des patients exprimaient une forte attente positive à l'égard de cette thérapie de groupe) ;
- un changement positif dans la manière de percevoir son corps.

À l'issue de cette étude, 14 patients ont continué la thérapie psychologique²⁰⁸ et / ou corporelle (avec le kinésithérapeute)²⁰⁹ augmentant leur bien-être. L'hypothèse thérapeutique des auteurs était de développer une identification précoce de la réaction de stress dans le corps, dès qu'il augmentait, avec toutes ses répercussions physiques. Le but était alors de réduire la réactivité au

²⁰⁸ Cette thérapie a trois composantes, qui développent les compétences du sujet : la compréhension, la gestion de soi et la pleine conscience (*MBCT*) (Segal, Teasdale, Williams 2001).

²⁰⁹ La thérapie d'éveil du corps se poursuit en trois étapes, afin d'augmenter la prise de conscience des sensations corporelles démontrant qu'il y a urgence à changer : 1) démontrer le rapport entre les tensions musculaires existantes et les symptômes ressentis ; 2) augmenter le contrôle corporel, afin d'influencer le style relationnel au corps et, de fait, les symptômes ; 3) développer une autre relation au corps quand les symptômes surviennent.

stress, offrant la possibilité au patient d'avoir une meilleure qualité de vie et de bien-être (Hillert *et al.* 2002b).

Au total, ces trois études ont procédé à une application correcte des thérapies comportementales et cognitives et ont utilisé des critères d'évaluation cliniques, psychométriques et / ou biochimiques acceptables, mais différents selon les études. De plus, elles ont porté sur un petit nombre de sujets, respectivement 17 personnes réparties en deux groupes (9 traitées et 8 témoins en intentionnalité de traitement) dans l'étude d'Andersson *et al.* (1996), 22 personnes (10 traitées et 12 témoins en intentionnalité de traitement) dans l'étude de Hillert *et al.* (1998) et 22 personnes réparties en 4 groupes dans l'étude de Hillert L. *et al.* (2002b). Il n'est donc pas surprenant que des résultats différents aient été obtenus : réduction du degré de souffrance lié à l'EHS, réduction de la sévérité des symptômes, réduction du handicap ou réduction du nombre de personnes se déclarant EHS. Cependant, le fait que ces résultats aient atteint le seuil de significativité leur confère une crédibilité.

Des conclusions comparables ont été formulées par les trois revues qui ont analysé ces trois articles. Irvine (2005) a estimé que les TCC avaient obtenu « *un succès limité* » chez les personnes se déclarant EHS (Irvine 2005b). Pour Crasson (2005), « *des publications tendent à démontrer l'efficacité des thérapies cognitivo-comportementales au niveau du handicap perçu et du degré d'hypersensibilité* » (Crasson 2005). Enfin, Rubin *et al.* (2006) ont conclu que ces trois études n'étaient pas comparables entre elles du fait de leurs grandes hétérogénéités méthodologiques, apportaient des résultats variables, que « *les thérapies comportementales et cognitives étaient bénéfiques pour certains patients se déclarant EHS, mais pas pour tous* ».

Une information complémentaire, mais indirecte, sur ces thérapies a été fournie par une enquête sur les symptômes, les sources d'exposition, et l'efficacité des différents types de traitements médicaux conventionnels et non conventionnels (Hagström, Auranen, and Ekman 2013). Dans cette étude, la psychothérapie, sans autre précision, n'a été jugée efficace que par une personne sur les 38 qui l'ont utilisée (2,6 %) alors que d'autres mesures ont donné des résultats nettement plus satisfaisants (*cf.* § 8.1.3 ci-après).

8.1.3 Autres données sur les traitements de l'EHS

Hagström *et al.* (2013) ont eu l'originalité d'interroger des personnes se déclarant EHS, non seulement sur leurs symptômes (*cf.* § 6.1.1.1) et sur les sources d'exposition incriminées dans l'apparition de leurs symptômes (§ 3.3), mais aussi sur l'efficacité des divers traitements conventionnels et non conventionnels auxquels ils ont eu recours.

Cette enquête a été faite à l'aide d'un questionnaire adressé par voie postale à 395 personnes se déclarant EHS. La méthodologie de l'étude et les résultats concernant les symptômes sont exposés au § 6.1.1.1. Pour ce qui est des traitements, le taux de réponse n'a été que de 39,7 % (n = 157). Les participants avaient à répondre à des questions sur les traitements conventionnels auxquels ils auraient pu avoir recours (psychothérapie, médicaments, exercice d'amalgame dentaire, changements diététiques, vitamine B12 et autres suppléments, augmentation de l'exercice physique) et sur les traitements non conventionnels (suppléments diététiques naturels, solarium, acupuncture, chiropraxie/naprapathie/ostéopathie, recours à un rebouteux, physiothérapie, homéopathie, réflexologie, shiatsu). Pour chacune de ces possibilités, ils devaient dire s'ils l'avaient utilisé et, le cas échéant, si elle les avait « aidés considérablement », « aidés quelque peu », « pas du tout » ou si elle avait « aggravé la situation ». Ils avaient aussi à répondre à une question ouverte sur les actions qu'ils avaient entreprises et qui avaient conduit à une récupération partielle ou totale de leur état de santé. Les principaux résultats ont été les suivants :

- 154 personnes ont essayé plusieurs traitements de leurs symptômes, avec un nombre moyen de traitements de 5,4 par personne ;
- d'après les personnes se déclarant EHS, les meilleurs traitements auraient été les changements diététiques (69,4 %), les suppléments nutritionnels (67,8 %), l'augmentation de l'exercice physique (61,4 %) et les traitements physiques du corps, à savoir le *shiatsu*

- (64,3 %), le recours à un rebouteux (63,0 %), la chiropraxie/naprapathie/ostéopathie (48,1 %) et la réflexologie (45,9 %) ;
- d'après les personnes se déclarant EHS, les traitements les moins efficaces auraient été les psychothérapies (2,6 %) et le solarium (0,0 %). Les médicaments conventionnels ont été considérés inutiles (95,8 %) voire néfastes (4,2 %) pour traiter les symptômes de l'EHS (48 patients les ont essayés) ;
 - à la question ouverte, 75,8 % des 119 sujets ont répondu que la réduction ou l'évitement des expositions aux champs électromagnétiques avaient contribué à une récupération partielle ou complète.

Ces résultats corroborent l'expérience professionnelle du Dr Choukroun, qui a rapporté l'abondance de l'usage et du mésusage de compléments diététiques chez les personnes se déclarant EHS qui la consultent [audition Dr Choukroun]. Toutefois, pour aussi intéressants qu'ils soient, car il est toujours important de connaître le vécu des patients, ces résultats ne sauraient avoir la valeur de ceux d'un essai thérapeutique. Il ne faut pas oublier qu'il s'agit ici des réponses à un questionnaire envoyé par la poste et dont la plupart des questions étaient fermées. De plus, le taux de réponses n'a été que de 39,7 %. Néanmoins, ces résultats peuvent contribuer utilement aux choix des modalités thérapeutiques faisant l'objet d'essais thérapeutiques. En attendant que de tels essais soient réalisés, ils peuvent aussi aider les praticiens qui prennent en charge des personnes se déclarant EHS.

Au Pays-Bas, une étude de provocation récente a montré que dans les 4 mois qui avaient suivi le test au domicile de personnes se déclarant EHS, la certitude des personnes concernant leur capacité à réagir dans les minutes qui suivaient l'exposition aux champs électromagnétiques avait décru, ainsi que leurs symptômes (van Moorselaar *et al.* 2017) (*cf.* analyse de l'article au § 6.2.1.1).

Les résultats semblent indiquer que certains participants auraient tiré profit de cette méthode individualisée. Il s'agit d'une approche innovante pouvant aider les personnes se déclarant EHS réagissant en peu de temps à une exposition aux champs électromagnétiques selon leurs propres indications. Il pourrait donc être utile de déterminer si de tels tests individualisés sont appropriés à long terme et quels types de personnes concernées pourraient en tirer le plus de profit. Cette étude donne des pistes pour une nouvelle approche du traitement de l'EHS.

8.1.4 Synthèse et discussion sur les traitements de l'EHS

Plusieurs articles suggèrent que les thérapies comportementales et cognitives pourraient contribuer au traitement des symptômes décrits par les personnes se déclarant EHS. Toutefois, aucun autre traitement de l'EHS n'a été validé jusqu'à présent.

À noter que des membres du Comité de dialogue « Radiofréquences et santé » de l'Anses ont demandé des informations sur l'utilisation de psychothérapies autres que les TCC, à savoir l'EMDR (*Eye Movement Desensitization and Reprocessing*) et l'EFT (*Emotional Freedom Technique*), dans l'EHS (*cf.* Encadré 11). Il s'agit de deux thérapies corporelles de conception, développement et application purement empiriques.

Encadré 11 : l'EMDR (Eye Movement Desensitization and Reprocessing) et l'EFT (Emotional Freedom Technique)

L'EMDR consiste à faire exécuter aux patients des mouvements oculaires latéraux. Sur la base de deux méta-analyses (Davidson and Parker 2001, Van Etten and Taylor 1998) de qualité, elle a été reconnue par l'Inserm (2004) comme étant, avec la TCC, la psychothérapie la plus efficace dans le traitement du stress post-traumatique, les psychothérapies étant par ailleurs plus efficaces que les chimiothérapies dans cette affection (Inserm 2004). Elle est parfois considérée comme une simple variante de la TCC.

L'EFT est une technique de stimulation corporelle comparable à l'acupuncture, qui consiste, avec les doigts, à stimuler des quinze points, situés sur le visage, la tête, le torse et les mains. Cette stimulation est précédée de l'identification d'un problème à traiter et de la verbalisation des émotions liées à la situation générant ce problème. Elle est accompagnée par la répétition de phrases destinées à traiter le problème et

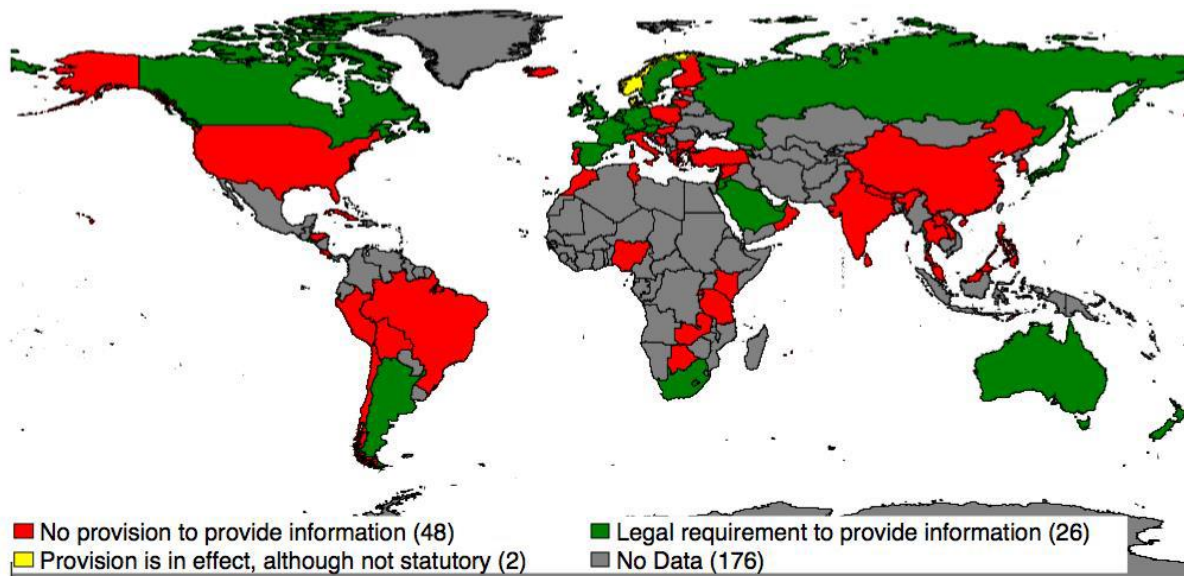
à réaffirmer la confiance du patient en ses propres valeurs. Bien qu'elle soit relativement répandue en raison de la facilité de son autoadministration, elle n'a pas encore fait l'objet de validation scientifique.

À la connaissance du groupe de travail, aucune de ces deux techniques n'a fait l'objet de publication sur son application à des personnes se déclarant EHS. Si l'application de la première (EMDR) peut être envisagée dans le cas du traitement de l'EHS, l'application de la seconde (EFT) semble prématurée, car elle n'est pas validée scientifiquement.

8.2 Prise en charge des personnes se déclarant EHS à l'étranger par les autorités publiques

8.2.1 Enquête internationale sur l'hypersensibilité aux champs électromagnétiques (EHS) et sa prise en charge

Selon une enquête internationale menée par l'EHESP en 2012²¹⁰ à l'initiative de l'OMS, 28 pays déclaraient avoir pris des dispositions pour répondre aux demandes des personnes se déclarant EHS (cf. Figure 17). Pour onze d'entre eux, il s'agit d'effectuer des mesures d'exposition et de s'assurer du respect des limites d'exposition en vigueur. Certains pays, comme le Danemark, ont déclaré que l'Etat n'avait pas d'obligation à fournir des réponses aux demandes des personnes se déclarant EHS, et que ces réponses relevaient de l'initiative des autorités locales. Dix-neuf pays, parmi lesquels le Canada, la Russie et la Nouvelle-Zélande, ont indiqué apporter des réponses individuelles aux plaintes enregistrées, le cas échéant accompagnées d'informations sur les moyens de réduire les expositions aux champs électromagnétiques.



Source : EHESP, 2014.

Figure 17 : dispositions prises pour fournir une réponse aux personnes se déclarant EHS

Afin de comprendre comment la question de l'EHS est traitée en dehors de la France, une enquête internationale, complémentaire à celle de l'EHESP menée en 2012, a été lancée le 4 juin 2015 par l'Anses auprès d'une trentaine de pays (dont ceux ayant répondu à l'enquête de l'EHESP).

²¹⁰ « Pratiques internationales de gestion des risques possiblement liés aux usages des ondes radiofréquences ». EHESP. Convention de recherche-développement N° 2013- CRD-04. Février 2014.

8.2.1.1 Présentation de l'enquête de l'Anses

L'enquête de l'Anses a ciblé, à travers les contacts de l'Agence, les personnes impliquées dans la gestion ou l'évaluation du risque lié aux radiofréquences, que ce soit dans les institutions sanitaires publiques ou les ministères en charge de la santé. Le questionnaire se divisait en cinq catégories de questions portant respectivement sur :

1. le niveau de préoccupation que constituait la question de l'EHS ;
2. la population concernée par ces troubles ;
3. les éventuelles dispositions mises en place par les autorités compétentes ;
4. l'impact de ces dispositions le cas échéant ;
5. les projets de recherche en cours et prioritaires.

Le détail du courrier est présenté en Annexe 15. Dix-neuf pays ont répondu au questionnaire (la dernière réponse est arrivée le 26 août 2015) : Afrique du Sud, Allemagne, Australie, Autriche, Belgique, Canada, Corée du Sud, Danemark, États-Unis, Finlande, Israël, Japon, Luxembourg, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Suède, Suisse, Royaume-Uni.

8.2.1.2 Résultats de l'enquête

Parmi les dix-neuf interlocuteurs ayant répondu à l'enquête, quatre institutions ont indiqué qu'elles n'avaient pas de données ni de travail en cours sur l'EHS (la Direction de la santé du Danemark, le Centre pour le contrôle et la prévention des maladies aux États-Unis, le Conseil de la santé des Pays-Bas, le ministère de la santé du Luxembourg. Cette dernière institution a mentionné que ce n'était un sujet préoccupant que pour les organisations non-gouvernementales.

Quatre autres institutions ont répondu que l'EHS n'était pas vraiment un sujet de préoccupation dans leur pays (le ministère de la santé d'Afrique du Sud, l'université nationale de *Chungnam* en Corée du Sud, l'agence de santé publique de Suède, et le ministère de la santé de Nouvelle Zélande).

Parmi les onze pays restant ayant renseigné le questionnaire, seuls quatre interlocuteurs ont déclaré que l'EHS était un sujet de préoccupation dans leur pays, il s'agit du Japon (Centre d'information sur les champs électromagnétiques du Japon), de la Finlande (Autorité de radioprotection et de sûreté nucléaire), d'Israël (Société israélienne de radioprotection) et du Canada (Santé Canada). D'autres, parmi les onze pays, se sont montrés plus réservés, déclarant que le sujet était « ponctuel », « à bas bruit » ou que ce n'était « pas un gros problème » : en Allemagne (Office Fédéral Allemand de Protection contre les rayonnements (*BfS*)), en Australie (Agence australienne de radioprotection et de sûreté nucléaire (*ARPANSA*)), en Autriche (ministère de la santé fédéral), en Belgique (Institut scientifique de santé publique), en Norvège (Agence norvégienne de radioprotection), en Suisse (Office fédéral de la santé publique (*OFSP*)) et au Royaume-Uni (Agence nationale de santé publique).

Quelques pays disposent de données relatives à la population se déclarant EHS (*cf.* aussi § 3.5 sur la prévalence de l'EHS) :

- le Japon évoque les données de l'article de Furubayashi *et al.* (2009), à savoir : 1,2 % des personnes se déclarant EHS ;
- l'Autriche dispose des données des études de Leitgeb *et al.*. Dans la première, de 1995, 2 % des personnes interrogées se déclaraient sensibles à l'électricité ou aux champs électromagnétiques (Leitgeb *et al.*, 1995). Dans la seconde, de 2005, 5 % des personnes interrogées se déclaraient EHS (Leitgeb *et al.*, 2005) ;
- la Belgique ne dispose pas de données chiffrées, mais le Conseil supérieur de la santé (CSS), dans son avis n°8927 (1^{er} octobre 2014), a observé que, d'une manière générale : « *Le nombre de personnes souffrant d'IEI-CEM a présenté une tendance à la hausse plutôt qu'à la baisse au cours des dernières années, y compris en Belgique* ».

- il n'existe pas d'étude s'intéressant à la prévalence de l'EHS en Australie. Cependant, l'Arpansa a établi un registre²¹¹ des plaintes relatives aux champs électromagnétiques où les personnes peuvent déclarer les problèmes de santé qu'elles attribuent à leur exposition aux champs électromagnétiques. Depuis 2003, 146 déclarations ont été enregistrées, dont 22 de personnes se déclarant EHS ;
- la Suisse dispose des résultats d'une enquête téléphonique²¹² sur un échantillon de 2 048 personnes choisies au hasard, qui fait état de 5 % (IC : 4-6 %) de personnes attribuant des problèmes de santé à une exposition aux rayonnements non ionisants ;
- en Allemagne, l'enquête annuelle de 2013²¹³ réalisée par le *German Mobile Telecommunication Research Programme* (DMF) (« *The general public's fears and anxieties with regard to the possible risks of high frequency electromagnetic fields of mobile telecom* ») a révélé une proportion de 9 à 10 % de personnes déclarant ressentir des effets liés aux radiofréquences. Une étude complémentaire de 2006 (« *supplementary information about EHS* »²¹⁴) a permis de déterminer que 1 à 2 % des personnes interrogées se définissaient elles-mêmes comme EHS ;
- au Royaume-Uni, les données ne sont pas collectées *via* le système médical. Cependant, des publications scientifiques ont permis de documenter le sujet à l'échelle nationale (Irvine 2005b, Eltiti *et al.* 2007b, Fox E. 2007).

Parmi les pays qui n'ont pas de données officielles, certains se basent sur le nombre d'adhérents aux associations de personnes se déclarant EHS :

- en Finlande, la principale association (*Sähköherkät ry*) compte 400 adhérents (pour une population totale d'environ 5,5 millions d'habitants) ;
- en Norvège, la *Norwegian association for electrohypersensitive* (EHS) comptait 670 membres en 2014 (pour une population totale d'environ 5,2 millions d'habitants).

Les dispositions spécifiques mises en place pour la prise en charge des personnes se déclarant EHS sont rares et varient en fonction des pays ; seuls trois interlocuteurs citent des initiatives particulières :

- en Belgique, le domaine d'action des SAMI « Services d'analyse des milieux intérieurs » s'est progressivement élargi aux radiofréquences et basses fréquences. Ces services sont chargés, sur demande du médecin traitant, de se rendre au domicile des patients pour effectuer des mesures environnementales et apporter des conseils pour réduire leur exposition aux différents polluants ;
- en Autriche, la chambre des médecins propose un protocole sous forme de notice à suivre pour les personnes se déclarant EHS. Cette notice permet au praticien d'offrir des conseils pour réduire l'exposition de la personne dans son environnement quotidien. Si les symptômes persistent, des examens supplémentaires sont alors recommandés (*cf.* exemple développé au § 3.4.1.3) ;
- au Royaume-Uni, comme dans les autres pays, le statut d'EHS n'est pas reconnu ; cependant, certains symptômes, dont les personnes se déclarant EHS font l'objet, peuvent rejoindre les

²¹¹ <http://www.arpansa.gov.au/RadiationProtection/emr/index.cfm>.

²¹² L'étude (en allemand) a été menée par l'université de Berne sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Le résumé anglais de l'étude a été publié par l'OMS (2004). *Electrical Hypersensitivity Workshop*. Prague, 25-27 October 2004. *Book of Abstracts*. World Health Organization, Geneva.

²¹³ <http://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2014022811170>.

²¹⁴ http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/risikokommunikation/risikokommunikation_abges/risiko_025_AB.pdf.

critères du handicap ; des aides, sur le plan social notamment, peuvent alors être obtenues. Il n'y a, dans ce cas, aucun besoin d'identifier la cause des troubles.

Seule la Suisse évoque l'exemple d'un bâtiment en bordure de la ville de Zurich qui a été construit spécifiquement pour des personnes SIOC, et qui convient aussi aux personnes se déclarant EHS. Cette initiative relève d'une association privée²¹⁵ (cf. exemple développé au § 8.3.2.2). Aucune autre initiative de zone blanche ou d'espace dédié n'a été rapporté par les pays répondant au questionnaire (en dehors d'initiatives privées : chambres d'hôtels en Autriche, chambres d'hôpitaux en Suède).

Aucun des pays consultés ne reconnaît l'EHS comme une maladie à part entière, dont la causalité aurait été identifiée.

8.2.1.3 Principales limites de l'enquête

L'enquête réalisée par l'Anses est strictement informative. Elle ne cherche pas à être exhaustive, sachant qu'il n'y a d'information centralisée sur le sujet de l'EHS dans aucun pays. De plus, les personnes contactées n'avaient pas les mêmes fonctions institutionnelles dans leurs pays respectifs (institutions sanitaires, ministère de la santé ou personne impliquée dans la gestion ou l'évaluation du risque lié aux radiofréquences). Aussi, les réponses enregistrées dépendent-elles de l'interlocuteur, qui peut n'avoir qu'une vision partielle des initiatives (locales, nationales) mises en œuvre dans son pays.

8.2.2 Exemple de prise en charge individualisée : le réseau de médecine environnementale en Suisse

8.2.2.1 Description du réseau de médecine environnementale en Suisse et de l'étude menée sur les premiers patients inclus dans le réseau

À l'interface entre la recherche et la médecine, le projet pilote de réseau de médecine environnementale (*Umweltmedizinisches Beratungsnetzwerk*), lancé en 2008 en Suisse par les « médecins en faveur de l'environnement », témoigne de la volonté de définir une prise en charge adaptée aux personnes se déclarant EHS par une approche expérimentale. Le projet s'articule autour d'une plateforme téléphonique, en charge de recueillir les appels de toute personne ayant des questions relatives à la santé et l'environnement, et d'un réseau de médecins suisses, vers lequel les patients sont dirigés lorsque leurs questions ne peuvent pas être traitées par téléphone ou qu'une consultation est jugée nécessaire.

Une étude (Röösli *et al.* 2011) a été menée sur les patients inclus dans le réseau entre le 1^{er} janvier 2008 et le 30 janvier 2010, pour évaluer les besoins, la faisabilité et les bénéfices perçus du projet. Plusieurs questionnaires ont jalonné le parcours du patient. Après la prise de contact avec la plateforme, si le patient était dirigé vers le réseau de médecins, deux questionnaires lui étaient proposés pour évaluer sa situation initiale (état des symptômes et expositions environnementales supposées liées aux troubles). Le patient rencontrait ensuite un des médecins du réseau et ils décidaient ensemble des étapes ou mesures à entreprendre pour améliorer son état de santé. Au sortir de cette première consultation, patients et médecins remplissaient un questionnaire de satisfaction. Les étapes de la prise en charge étaient décidées individuellement, selon les besoins du patient et l'avis du médecin (consultation de spécialiste, médecine alternative, dosimétrie, mesures *in situ*, changements dans les lieux de vie ou évolution des habitudes de vie, etc.). Après un an, un nouveau questionnaire était proposé au patient, permettant de réévaluer son état de santé et de l'interroger sur les bénéfices ressentis.

8.2.2.2 Résultats de l'étude sur les premiers patients inclus dans le réseau

Les 255 appels reçus par la plateforme ont confirmé le besoin d'informations ou de conseils sur le sujet santé-environnement dans la population générale. L'opinion des patients suivis était très

²¹⁵ <http://www.gesundes-wohnen-mcs.ch/>

majoritairement pour le maintien de la plateforme, ce qui attestait de l'intérêt perçu d'une telle structure d'informations, simple et directe.

L'évaluation par les médecins et organisateurs de la plateforme témoignait de la faisabilité du projet, tout en précisant son caractère chronophage. La dimension pluridisciplinaire donnée au réseau a été particulièrement appréciée.

Pour les 36 patients inclus dans l'étude (Röösli *et al.* 2011), les résultats ont été les suivants :

- 31 ont attribué leurs troubles aux ondes électromagnétiques (le terme EHS n'est pas utilisé dans l'étude) ;
- la santé physique et mentale des participants a été évaluée à l'aide de scores (*Short-Form-12*²¹⁶). Les scores de santé physique des patients étaient légèrement inférieurs aux scores de références (études menées sur des échantillons de population suisse ou européenne, en bonne santé) ; la moitié des patients estimait avoir un bon état de santé, mais presque tous considéraient que la maladie dégradait leur qualité de vie. Les scores de santé mentale étaient également légèrement inférieurs aux scores de référence utilisés dans l'étude ;
- préoccupés par la question des champs électromagnétiques dans leur environnement, la majorité des patients ont déjà cherché à réduire leur exposition.

Au sortir de la première consultation, médecins et patients ont témoigné de l'établissement d'un bon rapport de confiance. Les patients se sont déclarés satisfaits des étapes de prise en charge définies. Les médecins étaient partagés quant au rôle que joue l'environnement dans l'explication des troubles.

Sur ces 31 patients, 19 ont répondu au second questionnaire un an après :

- la majorité des patients a alors estimé que le réseau les a moins aidés qu'espéré ;
- en moyenne, les résultats sur l'évolution des indicateurs de santé n'ont pas montré d'amélioration significative, mais une amélioration de l'état de santé a été observée chez certains ;
- plus d'un tiers des sujets a affirmé mieux gérer ses troubles.

Les médecins du réseau ont conclu que les cas des patients étaient en général complexes et que la cause des troubles ne pouvait pas être clairement identifiée (maladies plurifactorielles). Ils ont distingué deux groupes de patients de taille à peu près égale : ceux pour lesquels une relation entre l'apparition des troubles et l'exposition au facteur environnemental supposé ne pouvait pas être exclue (exposition supérieure à la moyenne, empêchant de rejeter l'hypothèse d'une relation) et ceux pour lesquels cette relation ne semblait pas évidente (autres causes probables, comorbidités).

8.2.2.3 Réflexions du réseau de médecins suisses sur la question de l'origine des troubles des patients se déclarant EHS

D'après le rapport de Röösli *et al.* (2011), après l'année de prise en charge par le réseau, une large majorité des sujets semblait avoir gardé le même avis quant à l'origine de ses troubles. Selon les médecins, chez un certain nombre de personnes, l'histoire de la maladie semblait connectée à la fixation opérée sur les facteurs environnementaux. Aussi, au cours de l'étude, les médecins ont-ils mené une réflexion avec certains patients sur la façon de gérer la question de la cause des troubles ressentis. De fait, dans le contexte d'incertitude scientifique, l'hypothèse de causalité n'a jamais pu être totalement écartée. Cependant, dans le cadre de leur expérience, les médecins ont constaté que laisser le doute s'instaurer sur la question semblait renforcer l'attention que le patient y prête, et entraîner plus de dommages que de bénéfices au long terme. C'était le cas notamment

²¹⁶ Le *Short-Form-12* (SF12) est un questionnaire permettant de calculer un score de qualité de vie mentale et sociale et un score de qualité de vie physique. Il s'agit d'un questionnaire composé de 12 questions réalisé à partir du SF-36.

si le patient était sensible à de très bas niveaux d'exposition dont il ne pourrait jamais totalement supprimer la source. Les médecins du réseau ont avancé l'idée que nier (volontairement, même sans certitude) la causalité pourrait, dans certains cas, soulager les patients.

Mettre l'accent sur la causalité semblerait, selon les auteurs du rapport, être plutôt un frein à un traitement efficace, notamment lorsque des mesures ont été réalisées. Si la réalisation de mesures a été appréciée de manière générale, car les patients y voyaient une occasion d'objectiver leurs troubles, les médecins ont observé que ces mesures pouvaient avoir des conséquences négatives sur certains patients. En effet, il n'est pas toujours possible d'éliminer la source d'exposition. En outre, l'élimination de la source ne garantit pas la disparition des symptômes, et il existe un risque de fixation du patient sur une ou des sources jusqu'alors inconnues, mesurées au domicile. Enfin, le patient ne faisait pas toujours confiance aux mesures et ne les interprétait pas en tenant compte des valeurs limites réglementaires. Un travail de discussion avec le patient semblait donc nécessaire en amont de tout protocole de mesures.

Le traitement encouragé par les médecins du réseau a repose donc davantage sur la consolidation des compétences du patient, et non sur les hypothèses de causalité qui, au contraire, pourraient mener à une chronicisation des troubles.

Dans une réflexion ultérieure sur l'évolution de la plateforme, les auteurs ont déclaré que l'objectif du réseau était de pouvoir assurer une prise en charge précoce des personnes se déclarant sensibles aux ondes électromagnétiques, et ont formulé le souhait d'intégrer le médecin de famille dans la démarche. Ce dernier enverrait le patient vers les médecins du réseau si des examens particuliers devaient être réalisés, et assurerait lui-même le suivi à long terme. La plateforme resterait un soutien potentiel en cas de questions du médecin traitant (Steiner *et al.* 2013).

8.3 Les stratégies d'évitement utilisées

8.3.1 Dispositifs de protection contre les champs électromagnétiques

Afin d'essayer de réduire leur exposition aux champs électromagnétiques, la plupart des personnes se déclarant EHS réalisent différents aménagements de leur lieu de vie ou de leur tenue vestimentaire (Hagström *et al.* 2012). Cette tendance est associée à l'apparition de produits variés sur le marché destinés à :

- Diminuer les expositions à la source :
 - achat de téléphones filaires pour remplacer son propre téléphone DECT et celui de ses voisins ;
 - utilisation du disjoncteur pour atténuer l'exposition aux basses fréquences au domicile la nuit par exemple ;
- blinder les lieux de vie ;
 - utilisation de peintures anti-ondes sur certains murs de l'habitation ;
 - calfeutrage des murs et des fenêtres avec du film pour vitre, du grillage, du papier aluminium ou des couvertures de survie ;
 - blindage des câbles électriques ;
 - installation d'une cage de Faraday (dans la chambre généralement) ;
- servir de protections individuelles anti-ondes : vêtements et accessoires (lunettes, casquettes, etc).

Ces produits ont pour point commun d'être présentés, de manière plus ou moins argumentée, comme des dispositifs qui procureraient aux utilisateurs de ces technologies une protection contre les champs électromagnétiques en réduisant les expositions (et en particulier celle des émetteurs de la téléphonie mobile).

L'offre de dispositifs de protection est hétéroclite, et ces produits sont souvent vendus à des prix élevés (environ 70 € pour un bandeau de grossesse, 250 € pour une veste à capuche, 200 € le pot de peinture anti-ondes de cinq litres, etc.).

À l'occasion de son rapport publié en 2013, l'Anses avait fait tester 13 dispositifs « anti-ondes » présentés comme réduisant les émissions des téléphones (*patches* à coller sur le téléphone,

dispositifs à placer à proximité de l'antenne du téléphone et étuis de protection dans lesquels le téléphone mobile est placé). Les mesures effectuées n'avaient pas permis d'établir l'efficacité de ces dispositifs (Anses, 2013).

À l'occasion du présent rapport sur l'EHS, l'Anses a pris l'initiative de solliciter le CSTB (réf : n° 2015-CRD-07) pour évaluer l'efficacité des dispositifs de protections mis en œuvre par les personnes se déclarant EHS pour réduire leur exposition aux champs électromagnétiques (vêtements, « moustiquaires », peintures, etc.) (CSTB 2015).

Précisons toutefois que cette étude est une évaluation de l'efficacité de blindage de divers matériaux dans des conditions de laboratoire ; ses résultats ne peuvent en aucun cas être appliqués directement à un bâtiment ou un individu, sans une analyse préalable des conditions d'installation.

8.3.1.1 Protections utilisées par les personnes se déclarant EHS

Les moyens mis en œuvre par les personnes se déclarant EHS pour réduire leur exposition aux ondes sont nombreux. Pour les recenser, la méthodologie a consisté à croiser un recueil de témoignages et une étude du marché :

- un appel à témoignages a été lancé par l'Anses et le CSTB dans la communauté se déclarant EHS entre le 28 avril et le 18 mai 2015. Une vingtaine de témoignages ont été recueillis par voies électronique, postale, et téléphonique ;
- en complément, une étude de marché a été réalisée entre mai et juillet 2015 par le CSTB, afin de mieux comprendre l'offre commerciale en France. La démarche a consisté à adopter la posture d'un « acheteur éclairé » cherchant à se munir de dispositifs dans les meilleures conditions. À ce titre, des informations publiques sur les dispositifs, les fabricants, les distributeurs, les laboratoires d'essai, et les normes de mesure ont été relevées et comparées.

Ainsi, un panorama des dispositifs et des acteurs du marché a été réalisé. Les dispositifs identifiés (une centaine au total) ont été classés en trois groupes :

1. les dispositifs conditionnés en rouleau (56 références), classés selon leur usage :
 - a. les *tissus* servant à la fabrication de casquettes, caleçons, plaids, bandeaux de maternité, etc. ;
 - b. les *voilages* servant à la confection de baldaquins, de rideaux, de séparateurs de pièce, etc. ;
 - c. les dispositifs de *construction* (sol, papier peint, literie, et moustiquaire), destinés au blindage des bâtiments (ils peuvent être agrafés, collés, placés sous un papier peint, etc.).
2. les peintures (11 références) ;
3. les « autres » dispositifs (environ 30 références) (produits servant à fixer ou à connecter d'autres dispositifs tels que colles ou vernis, films transparents destinés au blindage des parois vitrées, feuilles d'aluminium, couvertures de survie, etc.).

Le champ de l'étude a été restreint, d'une part aux dispositifs dont le mode de fonctionnement s'appuyait sur un effet de blindage (atténuation) des champs électromagnétiques radiofréquences, et d'autre part, pour les textiles, aux produits semi-finis.

8.3.1.2 Efficacité des dispositifs de protection contre les champs électromagnétiques utilisés par les personnes se déclarant EHS

La méthode de mesure du *coefficient d'affaiblissement électromagnétique en champ diffus* (représentative d'une exposition lointaine de type antenne-relais, modules Wi-Fi, etc.) en salles réverbérantes couplées a été développée au CSTB à partir des normes utilisées pour caractériser

l'affaiblissement acoustique des matériaux du bâtiment (normes NF EN ISO 10140-2 et 717-1²¹⁷). Cette méthode est bien adaptée aux matériaux du bâtiment (gros œuvre, revêtements, vitrages, matériaux inhomogènes), aux revêtements et textiles et à la caractérisation de l'exposition à des champs électromagnétiques radiofréquences tels que l'on peut les rencontrer *in situ*. La bande de fréquences d'analyse est limitée aux domaines radiofréquences entre 700 MHz et 6 GHz.

- Mesures du coefficient d'atténuation de plusieurs matériaux en champ diffus en conditions « réalistes »

Les matériaux testés (textiles, tissus et peintures dédiés à réduire l'exposition aux champs électromagnétiques) apportaient une réelle atténuation vis-à-vis des champs électromagnétiques radiofréquences (cf. Figure 18), par rapport aux matériaux classiques du bâtiment. Les matériaux textiles et peinture développés spécifiquement pour le blindage des champs électromagnétiques ont une atténuation comprise entre 30 et 70 dB, soit respectivement 97 à 99,9 % du niveau de champ électrique.

Des produits métallisés alternatifs (produits dont l'usage initial est détourné : papier aluminium, couverture de survie, isolants thermiques minces, grillages métalliques) ont également été testés, suite au retour d'expérience de personnes se déclarant EHS. Les produits à base de couches d'aluminium, métal de bonne conductivité électrique tels que couverture de survie, papier aluminium, isolant thermique multicouches atténuaient entre 20 et 40 dB, soit 90 à 99 % du niveau de champ électrique.

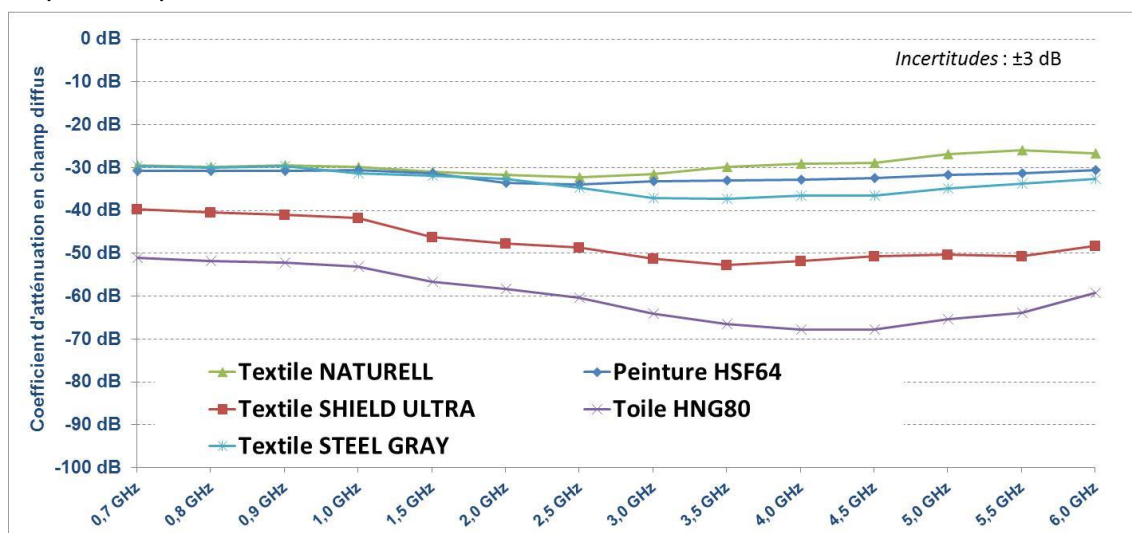


Figure 18 : coefficient d'atténuation en champ diffus – exemple de résultats de mesures

- Influence du nombre de couches d'un matériau

La multiplication du nombre de couches apportait une nette augmentation du coefficient d'atténuation sur l'ensemble des matériaux testés : l'atténuation augmentait d'environ 5 à 10 dB, en fonction des matériaux.

- Influence du lavage des tissus

Les résultats ont montré une dégradation de l'atténuation du textile d'environ 2 à 8 dB suite à cinq lavages. Il est possible que des lavages successifs aient un effet sur la structure interne des fibres métallisées (cuivre, argent, etc.) et donc sur le coefficient d'atténuation.

²¹⁷ ISO 10140-2:2010 : Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction - Partie 2: Mesurage de l'isolation au bruit aérien.

ISO 717-1:2013 : Évaluation de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction - Partie 1: Isolement aux bruits aériens.

- Influence de la continuité ou non du blindage

Sur le terrain, une mise en œuvre correcte de ces solutions de blindage et protection est nécessaire. Pour les bandes de fréquences testées, de petites ouvertures peuvent rapidement dégrader le coefficient d'atténuation. À 3 GHz, la longueur d'onde est de 10 cm, de sorte que tout défaut (fente, ouverture, etc.) du même ordre de grandeur constitue une voie de pénétration potentielle pour les champs électromagnétiques. Les câbles, blindés ou non, sont également des vecteurs privilégiés de conduction des ondes à l'intérieur d'un local faradisé s'ils ne sont pas filtrés et raccordés mécaniquement au blindage de l'enceinte. Une protection efficace suppose le traitement complet d'un local, comme cela est réalisé dans des espaces blindés comme une chambre réverbérante ou une cage de faraday. Il faut donc retenir que les ondes « hautes fréquences » s'infiltreront partout dès lors que le moindre défaut offre une voie de pénétration.

En conséquence, l'aménagement d'un local ou d'un logement suppose une analyse technique préalable des émetteurs concernés sur le terrain (localisation, puissances, bandes de fréquences), des possibles discontinuités de blindage et nécessite de dissocier le domaine des radiofréquences de celui des champs électromagnétiques basses fréquences autour du réseau 50 Hz.

Dans le cas où ces matériaux sont utilisés sur la personne (casquettes, vêtements, couverture, etc.) en ne couvrant qu'une partie du corps, l'efficacité d'atténuation est difficile à estimer. Il faudrait effectuer des mesures et/ou des simulations numériques de débit d'absorption spécifique, avec et sans protection, sur des configurations réelles d'utilisation. Cela resterait indicatif par rapport à la diversité des configurations rencontrées.

- Fréquences des faisceaux hertziens

Des essais sur une bande de fréquences plus large ont été réalisés sur plusieurs matériaux, jusqu'à la fréquence de 20 GHz. Ces essais permettent de couvrir certaines bandes utilisées par les liaisons par faisceaux hertziens : 1,4 / 6 / 8 / 11 / 13 / 18 GHz.

Des comportements différents ont été observés en fonction des matériaux. Pour les composants du bâtiment de grande épaisseur (pierre, béton), l'absorption augmentait avec la fréquence et l'atténuation gagne plus de 25 dB à 20 GHz. Dans le cas de grillages métalliques, l'atténuation diminuait avec la fréquence puisqu'elle est directement liée au ratio entre la longueur d'onde et la taille de maille (à 20 GHz la longueur d'onde est de 1,5 cm).

- Problématique de la mise à la terre

Les résultats des essais montrent que la mise à la terre du matériau n'a pas d'impact sur le coefficient d'atténuation mesuré dans le domaine des radiofréquences (cf. Figure 19). Cet aspect relève d'une problématique plus générale de sécurité électrique.

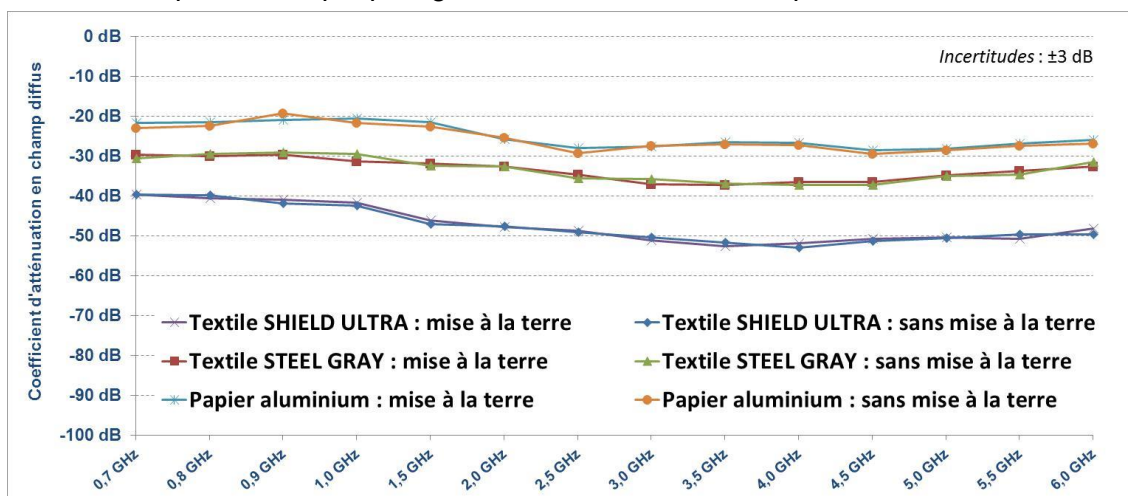


Figure 19 : coefficient d'atténuation en champ diffus – résultats des essais : influence de la mise à la terre

Cette problématique de mise à la terre est abordée fréquemment dans les témoignages reçus de personnes se déclarant EHS. Cela sort du cadre de cette étude limitée aux radiofréquences. Cependant, les essais réalisés ici permettent d'illustrer la confusion qui existe entre les basses fréquences, autour de la fréquence 50 Hz du réseau électrique et les radiofréquences. Dans ces domaines de fréquences aussi éloignés, les phénomènes physiques sont extrêmement différents.

- Réflexions et surexpositions

Dans le cas d'un « blindage » de la pièce de mauvaise qualité, ou présentant des défauts (fentes, ouvertures, trous, etc.), une partie du rayonnement externe va pénétrer à l'intérieur du local. Ce rayonnement va se transformer en une source « interne » qui, en présence d'un revêtement métallisé destiné à atténuer les champs électromagnétiques radiofréquences externes, va générer un grand nombre de réflexions des ondes à l'intérieur de la pièce. Ces réflexions sont alors susceptibles d'augmenter significativement le niveau de champ résultant en des points de « renforcement » de l'exposition.

Dans le cadre des essais, une configuration simple avec un émetteur de type Wi-Fi placé à l'intérieur d'une pièce « blindée » a conduit à une augmentation locale de 20 % du niveau de champ électrique maximum.

8.3.1.3 Conclusion sur les stratégies d'évitement mises en œuvre par les personnes se déclarant EHS

Les matériaux utilisés dans les dispositifs de protection contre les champs électromagnétiques sont « intrinsèquement » efficaces, voire très efficaces, avec des réductions du niveau de champ électromagnétique de 50 à 99 %, mesurées en laboratoire. Toutefois, leur efficacité *in situ* est plus qu'aléatoire si l'installation n'est pas faite dans les règles de l'art (règles de compatibilité électromagnétique), souvent du fait des problèmes de continuité de blindage.

Les résultats montrent même parfois, dans certains cas, des augmentations locales du champ électromagnétique lorsqu'une ouverture ou un trou (compte tenu de la fréquence) laisse passer les ondes et qu'un blindage les retient à l'intérieur de la pièce.

L'utilisation d'un accessoire vestimentaire (casquette, bandeau, etc.) réduit faiblement et très localement l'exposition d'une personne aux champs électromagnétiques. En raison des nombreuses ouvertures, ce type de produit n'est pas suffisant pour réduire efficacement l'exposition globale de la personne et peut augmenter la valeur de l'exposition en périphérie du dispositif.

Pour les « hautes fréquences », le blindage d'un lieu, pour être efficace, doit être complet, pas seulement sur les murs ou les fenêtres, mais aussi du sol au plafond.

La meilleure façon de réduire les niveaux de champs dans un lieu est d'intégrer les dispositifs de réduction lors de la construction (cf. § 8.3.2), mais cela a, bien sûr, un coût non négligeable et nécessite surtout l'implication de professionnels du domaine de la compatibilité électromagnétique (CEM).

Il ressort du recueil de témoignages que la perception de l'efficacité des solutions de protection est fondée sur le ressenti, sans forcément de lien avec les données techniques et scientifiques disponibles. Dans beaucoup de témoignages, les personnes sont toujours en recherche de solutions et remettent en cause l'efficacité des protections qu'elles ont installées.

8.3.2 Les zones blanches et immeubles collectifs dédiés aux personnes se déclarant EHS

8.3.2.1 Les zones blanches ou de faible niveau d'exposition

D'après l'Arcep, une « zone blanche » désigne une partie du territoire non couverte par les réseaux des opérateurs mobiles (téléphonie ou internet). Par extension, le terme de « zone grise » a été créé pour désigner des zones desservies par un unique, voire deux ou trois des quatre opérateurs.

La couverture s'entend comme la possibilité de passer un appel téléphonique et de le maintenir durant une minute, à l'extérieur des bâtiments et en usage piéton.

Il est possible de distinguer deux types de zones blanches :

- les espaces restés naturellement blancs : il s'agit généralement de vastes zones dans lesquelles le développement des réseaux de communication est resté limité en raison de très faibles densités de population, ou pour des raisons stratégiques afin de minimiser les interférences électromagnétiques (recherches scientifiques ou sécurité militaire). Dans d'autres cas, il peut s'agir de zones de tailles limitées, restées blanches du fait de conditions géographiques spécifiques ;
- les espaces que l'on pourrait qualifier de « blanchis », ou protégés dans un environnement lui-même exposé aux champs électromagnétiques. Il en existe quelques rares exemples (habitat protégé en milieu urbain, chambres d'hôpital blindées, etc.) ; il s'agit en général de projets initiés par des associations pour répondre à des demandes spécifiques des personnes se déclarant EHS. Les revendications portent notamment sur la création d'espaces blancs dans les transports en commun, les maternités, les centres commerciaux, etc.

8.3.2.2 Les espaces « blanchis »

En Suisse, « un logement sain pour les SIOC et les personnes se déclarant EHS »

L'association *Wohnbaugenossenschaft Gesundes Wohnen MCS* (Un logement sain pour les SIOC) a été créée en février 2008 en Suisse, avec pour objectif de permettre l'accès à un logement adapté aux personnes atteintes de maladies environnementales. M. Schifferle, SIOC et EHS depuis son enfance est à l'origine de l'association.

La construction d'un premier bâtiment pour les personnes SIOC et personnes se déclarant EHS a été soutenue par la ville de Zurich, qui a accordé un terrain pour la construction du bâtiment. Le site a été choisi pour ses caractéristiques géographiques et environnementales (notamment faibles pollution de l'air et pollution sonore), pour son faible niveau d'exposition aux champs électromagnétiques et aux rayonnements ionisants et selon des critères de faisabilité technique et économique. Le chantier a duré de 2011 à 2013 ; le coût total du projet s'est élevé à près de 5 millions d'euros (Gesundes-Wohnen-MCS 2011).

Le bâtiment comporte 15 appartements de 1 à 3 pièces (sans compter la cuisine) (Gesundes-Wohnen-MCS 2015a).

La structure du bâtiment a été pensée en deux couches concentriques (Gesundes-Wohnen-MCS 2011) : l'entrée dans chaque appartement se fait par un sas situé au niveau du cœur de l'immeuble qui permet de se dépouiller de ses habits pouvant transporter des pollutions de l'environnement extérieur.

L'électricité ne circule que dans le mur entre les 2 couches (en jaune sur la Figure 20), permettant d'alimenter les installations électriques de part et d'autre du mur et notamment la salle de bain, la cuisine, ou éventuellement une salle d'ordinateur, situées dans la couche centrale.

Les murs de façade de l'immeuble ne contiennent quant à eux aucune installation électrique (la surface où l'électricité circule est ainsi minimisée), et isolent les habitants des rayonnements électromagnétiques de l'environnement extérieur. La couche externe du bâtiment est ainsi la moins exposée; on y trouve les pièces à vivre (chambres, salons).

Dans tout le bâtiment, des circuits d'air et systèmes de purification ont été mis en place et les matériaux ont été choisis en prenant en compte la sensibilité aux produits chimiques des résidents. Des tests ont notamment été proposés à un petit échantillon de personnes pour choisir les enduits provoquant le moins de réactions (Kasser and Savi 2013).

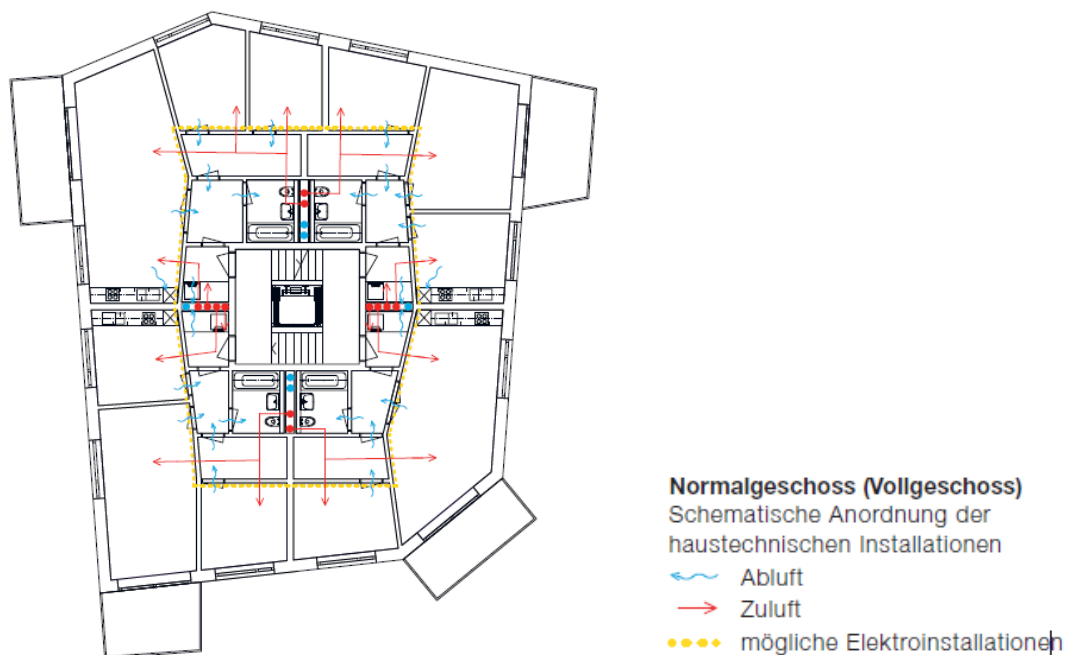


Figure 20 : un bâtiment conçu pour minimiser les pollutions dans les pièces à vivre

M. Schifferle a conduit une centaine d'entretiens [cf. entretien téléphonique avec C Schieferle], lui permettant de juger lui-même du niveau de sensibilité des candidats et de leur motivation à vivre en communauté. Certaines personnes ont pu essayer de passer une ou plusieurs nuits dans un appartement pour voir comment elles s'y sentaient. Des règles de vie strictes ont été définies pour respecter les sensibilités de chacun ; il est notamment interdit de fumer, d'utiliser des parfums, détergents, produits chimiques, Wi-Fi et téléphones mobiles dans et à proximité du bâtiment.

L'expérience a été suivie scientifiquement par une équipe de l'université de Berne, mais la publication, parue en mai 2015 (Bolliger-Salzman *et al.* 2015), ne s'intéresse qu'aux résidents SIOC. Lors d'un entretien téléphonique avec Christian Schifferle le 4 juin 2015, celui-ci a affirmé que, pour la majorité des résidents, une amélioration de l'état de santé avait été observée, bien qu'on ne puisse pas parler de guérison.

Suède : des chambres d'hôpital blindées pour les personnes se déclarant EHS

En Suède, il semblerait que plusieurs hôpitaux soient équipés pour recevoir des patients électrohypersensibles. Dans une enquête menée en 2007 (EI-Överkansligas 2007) par l'association pour les personnes se déclarant EHS, certains centres de santé ont répondu avoir aménagé une ou plusieurs chambres pour garantir un faible niveau d'exposition aux ondes électromagnétiques.

Corée du Sud : un projet de « zones de sécurité électromagnétique »

La Corée du Sud ne possède à ce jour pas de zone blanche à proprement parler, mais d'après la réponse de la *Chungnam National University* à l'enquête internationale, le gouvernement, (*MISP: Ministry of Science, Information and Communications technology and Future Planning*) envisagerait de protéger certaines zones sensibles comme les crèches ou les écoles élémentaires grâce à des réglementations applicables aux alentours (« *EMF Safety Zones* »).

8.3.2.3 Conclusion sur les zones blanches

Considérant les attentes d'une partie de la population et le fait que l'Arcep impose progressivement aux opérateurs mobiles (téléphonie ou internet) d'assurer une couverture optimale du territoire français, les zones « blanches » naturelles sont amenées à disparaître dans les années à venir, à l'exception de quelques zones situées dans des conditions géographiques spécifiques ne permettant pas une couverture téléphonique.

La création d'immeubles ou de bâtiments dédiés (*cf.* illustration de la Figure 20) est une alternative envisageable pour ceux qui souhaitent réduire leur exposition, mais avant toute nouvelle décision, une évaluation coût-bénéfice des expériences existantes est nécessaire.

9 Conclusions du groupe de travail

Le présent rapport a été rédigé dans un contexte de forte demande de la part de personnes se déclarant EHS et d'associations en faveur de la reconnaissance de l'EHS en tant que maladie et / ou handicap, ainsi que de manque de confiance de ces personnes à l'égard des institutions. Le groupe de travail a écouté les revendications de ces personnes et a auditionné une vingtaine de parties-prenantes (médecins, associations, scientifiques, etc.). Parallèlement, il a dressé un état des connaissances scientifiques à partir de la littérature publiée principalement au cours des quinze dernières années pour apporter des éléments de réponse aux déclarations, questions et hypothèses ainsi recueillies. Jointe à l'absence de modèle animal connu de l'EHS et à la quasi absence d'études *in vivo* et / ou *in vitro* spécifiques à la problématique de l'EHS, cette démarche, qui s'est voulue à la fois attentive aux expériences de terrain et respectueuse des données scientifiques, a conduit le groupe de travail à adopter un plan et une présentation spécifiquement adaptés aux différentes facettes du problème complexe que constitue actuellement l'EHS.

Le pré-rapport d'expertise ainsi élaboré a été soumis à une consultation publique ouverte entre le 27 juillet et le 15 octobre 2016, dans le but de recueillir des informations complémentaires (cf. bilan de la consultation publique en Annexe 17).

Au final, il apparaît clairement que les plaintes (douleurs, souffrance²¹⁸) formulées par les personnes se déclarant EHS correspondent à une réalité vécue. La fatigue et les troubles du sommeil sont les symptômes les plus fréquemment rapportés dans la plupart des études descriptives, ainsi qu'à travers les témoignages. Cependant, les symptômes sont multiples, communs à de nombreuses autres affections et hétérogènes, avec des descriptions variables (les questionnaires utilisés, le recrutement des personnes ne sont pas comparables d'une étude à l'autre, etc.). Les différents témoignages rapportés lors des auditions et de la consultation publique sont également hétérogènes. Il en est de même des sources d'exposition incriminées (extrêmement basse fréquences ou radiofréquences, dont les modes d'interactions avec le corps humain sont différents).

Les études qui ont essayé de décrire les caractéristiques cliniques, biologiques et / ou physiologiques de l'EHS n'ont pas permis l'élaboration de critères de diagnostic pour la pratique clinique courante, ni de critères de classification pour la recherche qui fassent l'objet d'un consensus suffisant. Il en résulte une grande imprécision dans l'organisation des recherches et dans l'interprétation de leurs résultats. Actuellement, la seule possibilité pour définir l'EHS repose sur l'auto-déclaration des personnes. Si on ajoute à cela la multiplicité des thèmes de recherche abordés, la rareté de leur approfondissement et la qualité scientifique très inégale des articles qui reposent souvent sur une méthodologie très critiquable, on comprend qu'il ne soit possible de formuler qu'un tout petit nombre de conclusions.

Ainsi, une évaluation de la prévalence de l'EHS reste très difficile à faire ; les données scientifiques sur le pourcentage de personnes se déclarant EHS dans la population en France et à l'international ne sont pas fiables et sont comprises entre 0,7 % et 13,3 %. Toutefois, les données les plus récentes (sept articles publiés entre 2008 et 2013) donnent des résultats plus resserrés, autour de 5 % (entre 1,2 % et 8,8 %) et ne confirment pas la perspective d'une augmentation progressive de la prévalence de l'EHS suggérée par certaines études plus anciennes.

Les études descriptives ont néanmoins permis de faire émerger deux éléments. Le premier est que les personnes se déclarant EHS rapportent un moins bon niveau de bien-être et sont, en moyenne, plus anxieuses et déprimées que les témoins. Ce résultat doit attirer l'attention des soignants. Cependant, cette observation est difficile à interpréter, car telles que les études ont été

²¹⁸ Cf. Note de bas de page n° 48, p 43 sur la différence entre les termes « douleur » et « souffrance ».

conçues, il n'est pas possible de déterminer si cette anxiété et / ou cette dépression sont la cause ou la conséquence des symptômes ressentis par ces personnes. L'anxiété et la dépression sont en effet des réactions communes à la plupart des maladies graves ou rares. Dans le cas des personnes se déclarant EHS, il est compréhensible que les difficultés de prise en charge médicale et la persistance des symptômes puissent engendrer de l'anxiété et / ou de la dépression. Il n'est pas possible d'affirmer si cette composante psychique est plus ou moins fréquente chez les personnes se déclarant EHS que chez celles présentant une maladie grave ou rare. En tout état de cause, aucune augmentation de la prévalence de personnalités pathologiques et / ou de troubles psychiatriques majeurs n'a été rapportée chez ces personnes. Il n'en reste pas moins que le niveau de preuve est actuellement suffisant pour conclure que l'EHS, comme de nombreuses autres affections, s'accompagne de composantes anxieuse et / ou dépressive non négligeables.

Le second élément est que l'EHS est souvent associée à un ou plusieurs syndromes ou troubles (syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques et/ou fibromyalgie principalement, migraines ou acouphènes). Le concept d'hypersensibilité comme trait de personnalité fournit une piste de réflexion sur la possibilité d'un facteur commun à ces diverses entités, qui mérite d'être étudiée.

Par ailleurs, les études de provocation sont considérées comme le meilleur moyen de démontrer, en laboratoire, une éventuelle capacité des personnes à percevoir une exposition aux champs électromagnétiques et / ou l'existence d'un lien de causalité entre les expositions aux champs électromagnétiques - extrêmement basse fréquences ou radiofréquences - d'une part, et la survenue et la persistance des symptômes d'autre part.

En ce qui concerne la capacité des personnes se déclarant EHS à percevoir une exposition aux champs électromagnétiques, aucune étude n'a mis en évidence une capacité de ces personnes à percevoir les radiofréquences. Toutefois, quelques études disparates montrent des réponses à des expositions à des champs électriques et / ou magnétiques basses fréquences ou à des courants électriques (50 et 60 Hz). Ces résultats doivent cependant être interprétés avec précaution et ces études méritent d'être répliquées en accordant une attention particulière aux critères d'inclusion des participants.

En outre, les études de provocation n'ont pas permis de mettre en évidence, de manière fiable et reproductible, l'apparition de symptômes ou d'anomalies biologiques ou physiologiques spécifiques à l'EHS en condition d'exposition (basses fréquences ou radiofréquences). Ceci suggère deux hypothèses distinctes :

- soit les symptômes ressentis par les personnes se déclarant EHS ne seraient pas dus aux expositions aux champs électromagnétiques et il n'existerait pas d'anomalie biologique et / ou physiologique objectivable lorsqu'elles sont exposées aux champs électromagnétiques (hypothèse 1) ;
- soit l'absence de résultat serait due aux limites méthodologiques des études de provocation (hypothèse 2). Ces limites ne permettent pas d'exclure avec certitude que :
 - quelques personnes sensibles aux champs électromagnétiques et présentant des effets biologiques et / ou physiologiques en condition d'exposition, n'aient pas été détectées jusqu'à présent en raison de l'imprécision des critères d'inclusion et d'exclusion des participants à ces études de provocation ;
 - des effets biologiques et / ou physiologiques puissent se manifester uniquement dans certaines conditions d'exposition (non encore testées) ;
 - les champs électromagnétiques aient certains effets biologiques et / ou physiologiques non encore analysés dans les études de provocation (cf. effets sur l'EEG du sommeil dans le rapport publié par l'Anses en 2013 sur les radiofréquences et la santé).

En outre, les résultats de plusieurs études de provocation ont conduit leurs auteurs à proposer l'hypothèse d'un rôle de l'effet *nocebo* dans l'apparition et / ou la persistance de l'EHS (compatible à la fois avec les hypothèses 1 et 2 ci-dessus). Toutefois, ces études de provocation ont été réalisées chez des personnes se déclarant EHS depuis un certain temps et ne renseignent donc pas sur les modalités de la première apparition des symptômes et de leur attribution à une exposition à des champs électromagnétiques. Il n'en reste pas moins que les résultats concordent

(une quinzaine d'articles sur le sujet) pour montrer que, soumises à des expositions simulées, les personnes se déclarant EHS expriment un nombre de fausses reconnaissances et de symptômes ressentis nettement plus élevé que les témoins, ce qui ne peut être expliqué que par un effet *nocebo*. Le niveau de preuve est donc suffisant pour dire qu'un effet *nocebo* joue un rôle non négligeable dans la persistance de l'EHS. Si les mécanismes qui sous-tendent cet effet sont encore mal connus, il est bien établi que ce phénomène, comme l'effet *placebo*, intervient souvent dans la relation soignants-soignés, et qu'il s'agit d'une réponse cognitivo-affective normale. De plus, sa survenue n'exclut pas la présence d'une affection organique non identifiée.

Au final, les causes d'apparition des symptômes décrits par les personnes se déclarant EHS restent inconnues.

En attendant une meilleure compréhension de ce problème complexe, et notamment des composantes biologiques, physiologiques et / ou psychiques de l'EHS, il est évident que de nombreuses personnes se déclarant EHS présentent un état de souffrance (physique et / ou psychique) plus ou moins important. Ceci nécessite et justifie une prise en charge adaptée par le système de soins. Une telle prise en charge est par ailleurs une condition nécessaire à la réalisation de recherches de qualité.

10 Recommandations du groupe de travail

Le groupe de travail a rédigé les recommandations ci-après, avec pour objectifs principaux d'améliorer la prise en charge des personnes se déclarant EHS, et d'approfondir les connaissances sur l'EHS. Il recommande aussi d'évaluer les moyens empiriques de diagnostic et de prise en charge de l'EHS actuellement utilisés.

10.1 Amélioration de la prise en charge des personnes se déclarant EHS par les professionnels de santé

Pour améliorer la prise en charge des personnes se déclarant EHS, il est avant tout indispensable d'établir et de préserver un climat de confiance entre toutes les parties prenantes. Pour cela, le groupe de travail recommande aux pouvoirs publics d'organiser une stratégie de prise en charge de ces personnes, en partenariat avec les professionnels de santé et en priorité de :

- demander à la Haute Autorité de Santé (HAS) d'examiner la pertinence d'appliquer à l'EHS les recommandations qu'elle a formulées dans le « rapport d'orientation sur le syndrome fibromyalgique de l'adulte » de juillet 2010 et le guide « Fibromyalgie de l'adulte : favoriser une prise en charge précoce et graduée » de juin 2011.
- créer une cellule de coordination ayant pour mission de faciliter le rapprochement entre tous les acteurs impliqués dans la prise en charge des personnes se déclarant EHS et notamment :
 - d'harmoniser les pratiques des centres de consultation de pathologies professionnelles et environnementales (CCPP) et élaborer un guide de bonnes pratiques cliniques à destination des professionnels de santé ;
 - d'étudier la possibilité de mettre en place au sein des CCPP des consultations pluridisciplinaires, avec des médecins, psychologues, physiciens et préventeurs en hygiène et sécurité, comme il en existe pour d'autres disciplines et à l'étranger²¹⁹ ;
 - de rassembler les données de santé disponibles, afin de faciliter les programmes de recherche, en lien avec les activités des Délégations à la Recherche Clinique et à l'Innovation (DRCI) ;
 - de conseiller aux Maisons départementales des personnes handicapées (MDPH) de s'adresser aux CCPP pour mener les expertises médicales des personnes se déclarant EHS dans le cadre de l'attribution du statut de « handicapé » et des avantages sociaux qui en découlent ;
 - de proposer des éléments à introduire dans les formations initiales et continues des professionnels de santé et dans les formations en environnement, hygiène et sécurité du travail, sur la thématique des champs électromagnétiques et de leurs effets possibles sur la santé, en collaboration avec les instances universitaires.
 - ainsi que d'étudier la faisabilité et l'efficacité d'une plateforme téléphonique et internet dédiée aux syndromes médicalement inexpliqués et de préciser le rôle des CCPP,
- demander à la Société française de médecine du travail d'étudier la faisabilité d'un guide de bonnes pratiques à l'égard des personnes se déclarant EHS en milieu professionnel²²⁰.

²¹⁹ sur le modèle de celles décrites dans l'étude de Brand *et al.* (2009) par exemple.

10.2 Évaluation des moyens empiriques actuellement utilisés pour poser un « diagnostic » ou pour le « traitement » des personnes se déclarant EHS

Considérant :

- que certains auteurs ou praticiens ont proposé des méthodes empiriques de diagnostic empirique et / ou de traitement des personnes se déclarant EHS non validées à ce jour ;
- que ces méthodes reposent toutes sur l'hypothèse de l'existence d'analogies et / ou d'associations entre l'EHS et d'autres syndromes médicalement inexplicables (notamment SIOC, fibromyalgie, etc.) ou la migraine ;
- qu'il y a très peu d'études sur l'efficacité des différents traitements testés pour la prise en charge médicale des personnes se déclarant EHS ;

le groupe de travail recommande d'évaluer en priorité l'efficacité des différents modes de diagnostic empirique et de traitement recensés pour traiter les personnes se déclarant EHS, notamment sur :

- la balance ortho/para-sympathique (dynamique du système nerveux autonome), en particulier la variabilité de la fréquence cardiaque ;
- les méthodes tridimensionnelles de référence²²¹, la circulation sanguine et le métabolisme énergétique du cerveau chez les personnes se déclarant EHS, afin de vérifier l'hypothèse d'une ischémie cérébrale en rapport avec l'EHS ;
- les questionnaires sur l'EHS ;
- en réalisant des essais cliniques sur l'efficacité des différents traitements de l'EHS proposés de manière empirique.

10.3 Approfondissement des connaissances sur l'EHS

La nécessité de poursuivre les recherches sur l'EHS résulte de l'incertitude engendrée par le dilemme persistant entre, d'une part, les déclarations de personnes, selon lesquelles elles présenteraient une intolérance aux champs électromagnétiques et, d'autre part, l'absence de preuves scientifiques d'une relation de cause à effet entre les expositions à ces champs et les symptômes dont elles se plaignent.

Dans ce contexte, le groupe de travail recommande aux pouvoirs publics d'encourager la recherche sur l'EHS en :

- pérennisant le financement de l'effort de recherche sur les effets sanitaires des radiofréquences en général ;
- soutenant les appels à projets de recherche (APR) sur l'EHS.

²²⁰ Ce guide pourrait s'appuyer sur les données validées de la science et sur une enquête auprès des médecins de travail prenant en charge ces personnes. Il pourrait définir les modalités d'utilisation des mesures de champs électromagnétiques en milieu professionnel quand une source de champs électromagnétiques est mise en cause par une personne se déclarant EHS et, en collaboration avec les structures hospitalières de pathologie professionnelle, les modalités de recours à ces structures.

²²¹ TEP (Tomographie par Émission de Positrons) scan par exemple.

Sur le plan des protocoles expérimentaux, le groupe de travail propose quelques pistes d'amélioration en Annexe 18.

10.3.1 Études de provocation

Considérant que :

- les études de provocation sont celles qui ont le meilleur niveau de preuve pour démontrer un éventuel lien de causalité entre l'exposition aux champs électromagnétiques et les symptômes décrits par les personnes se déclarant EHS, mais ont été, jusqu'à présent, entachées de limites méthodologiques (cf. § 6.2.3) et n'ont pas permis d'aboutir à un consensus scientifique (cf. § 6.2.4) ;
- des personnes se déclarant EHS rapportent être plus sensibles à certains types de signaux (ou variations de signaux) qu'à d'autres²²² ;

le groupe de travail recommande aux scientifiques de mener des études de provocation (avec des groupes homogènes et bien caractérisés) sur les effets :

- de signaux proches de ceux rencontrés dans l'environnement ;
- des expositions aux champs électromagnétiques en concevant de nouveaux protocoles (différents modes d'exposition, effets différés, etc.).

10.3.2 Recherches sur les principaux symptômes de l'EHS

10.3.2.1 Troubles du sommeil et des rythmes circadiens

Considérant que :

- les troubles du sommeil figurent parmi les symptômes les plus fréquemment rapportés par les personnes se déclarant EHS, mais restent mal caractérisés ;
- des anomalies de l'EEG de sommeil ont été décrites, chez des personnes non-EHS, après exposition aux radiofréquences (cf. Rapport Anses 2013), et que ces anomalies semblent avoir été retrouvées chez des personnes se déclarant EHS, sans toutefois avoir fait l'objet d'une comparaison avec celles observées chez des personnes non-EHS (cf. § 6.2.1.2.5) ;
- de très récents travaux expérimentaux ont montré, pour la première fois, que des rats étaient capables de choisir un environnement où leur exposition aux radiofréquences était la plus faible durant la période de repos (jour) et que ce choix était associé à une augmentation de la durée du sommeil paradoxal (cf. § 5.3.1)) ;
- la symptomatologie des personnes se déclarant EHS (troubles du sommeil notamment) rend possible l'hypothèse d'un dysfonctionnement de l'horloge circadienne ;

le groupe de travail recommande :

²²² Des travaux récents conduits aux Pays-Bas (Van Moorselaar *et al.*, 2016) ont montré la faisabilité et l'intérêt de réaliser une étude de provocation rigoureuse tout en étant spécifique à chaque participant se déclarant EHS.

- que les futures études sur le sommeil approfondissent les relations entre les troubles du sommeil rapportés par les personnes se déclarant EHS et les troubles associés (comme la somnolence diurne, les troubles de la mémoire, de l'attention, de la concentration, de l'humeur et la modification de l'activité physique) ;
- que des études de provocation utilisant la polysomnographie soient réalisées, afin d'analyser de manière objective la qualité du sommeil lors d'une exposition aux champs électromagnétiques chez des personnes se déclarant EHS ;
- d'étudier à la fois la prévalence, l'intensité et les caractéristiques des troubles subjectifs ou auto-rapportés du sommeil (avec des échelles d'intensité notamment) et les rythmes circadiens chez des personnes se déclarant EHS et chez des témoins.

10.3.2.2 Migraines et céphalées

Considérant que :

- les maux de tête sont un des symptômes les plus fréquemment rapportés par les personnes se déclarant EHS, mais que, jusqu'à présent, les recherches sur ce thème ont rarement été conduites en conformité avec la classification internationale des céphalées ;
- les rares études ayant fait la distinction entre migraines et autres céphalées ont mis en évidence une fréquence non négligeable de crises ou d'antécédents migraineux chez les personnes se déclarant EHS, sans qu'il soit possible de dire si cette fréquence est plus élevée que dans la population générale ;
- l'expérience d'un médecin (*cf.* § 7.5.3.2) concernant l'utilisation de médicaments anti-migraineux chez des personnes se déclarant EHS soulève des hypothèses intéressantes, dont la vérification pourrait déboucher sur un traitement efficace par des médicaments antimigraineux de personnes se déclarant EHS ;

le groupe de travail recommande :

- d'étudier les différents types de céphalées présentées par les personnes se déclarant EHS sur la base de la classification internationale, pour préciser les relations entre migraine et EHS. Il s'agit de définir si les maux de tête de ces personnes sont, en tout ou partie, des migraines, et si elles (ou certaines d'entre elles) ont plus de migraines que les personnes non-EHS ;
- en fonction des résultats des recherches précédentes, de réaliser des essais cliniques, afin d'étudier l'efficacité (et de préciser les indications) des traitements antimigraineux chez les personnes se déclarant EHS.

10.3.2.3 Fonctions cognitives

Considérant que :

- la mesure des performances cognitives dans le cadre des recherches sur les radiofréquences pose un certain nombre de problèmes liés au fait qu'il n'existe pas de standards ou de normes concernant la méthodologie d'évaluation comportementale de la cognition chez les personnes exposées ;
- cette absence d'outils validés contribuerait aux données non cohérentes de la littérature chez les témoins (*cf.* rapport Anses de 2013), et serait un obstacle important pour la validation des effets ou de l'absence d'effet des radiofréquences sur les fonctions cognitives, et ceci, chez les témoins ou les personnes se déclarant EHS ;

le groupe de travail recommande :

- de concentrer les recherches sur les troubles de la mémoire de personnes se déclarant EHS en les faisant objectiver dans des centres de consultations spécialisées ;
- d'étudier les facteurs (stress, sommeil, anxiété, âge, genre, niveau d'éducation, etc.) pouvant avoir un impact sur les performances mnésiques de ces personnes.

10.3.2.4 Hypersensibilité et étude globale de la personnalité

Considérant que :

- l'hypersensibilité (cf. § 3.8.4) a été décrite comme un trait de caractère et de comportement qui commence à être documenté, à la fois du point de vue psychologique et neurobiologique ;
- l'étude de la personnalité n'a utilisé jusqu'à présent chez les personnes se déclarant EHS que des tests n'explorant qu'un petit nombre de composantes (anxiété, dépression, somatisation) ;

le groupe de travail recommande :

- d'étudier les relations qui pourraient exister entre l'hypersensibilité comme trait de caractère et l'EHS, dans un but exploratoire, afin d'évaluer l'intérêt de poursuivre les investigations avec des marqueurs d'imagerie fonctionnelle cérébrale ;
- d'étudier la personnalité des personnes se déclarant EHS avec des tests qui, comme le MMPI, en explorent la plupart des composantes (normales et pathologiques).

10.3.2.5 EHS et autres troubles ou syndromes associés

Considérant :

- qu'il existe de nombreuses associations entre l'EHS et / ou plusieurs syndromes ou troubles (le plus souvent syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques (SIOC ou *multiple chemical sensitivity*) ou fibromyalgie, acouphènes, troubles du système nerveux autonome et troubles psychosociaux ;
- que les troubles cutanés sont fréquents au cours de l'EHS et que des anomalies des petites fibres nerveuses de la peau ont été mises en évidence dans la fibromyalgie ;

le groupe de travail recommande :

- d'approfondir l'analyse des relations (études sur la fréquence d'association) entre l'EHS et d'autres troubles présentant des analogies (syndromes médicalement inexpliqués notamment) en comparant des personnes se déclarant EHS à des témoins sans aucun syndrome d'intolérance environnementale, ainsi qu'à des témoins se plaignant d'autres troubles présentant des analogies ;
- de comparer les aspects cliniques et éventuellement physiopathologiques de l'EHS d'une part, et du SIOC, de la fibromyalgie, des acouphènes idiopathiques, et des troubles psychosociaux, d'autre part ;
- de poursuivre l'étude de la variabilité de la fréquence cardiaque au repos et après lever actif pour tester l'orthostatisme de ces personnes ;
- d'étudier les anomalies des petites fibres nerveuses de la peau lors des comparaisons entre EHS et fibromyalgie.

10.3.3 Autres propositions de recherche

Considérant que :

- les très rares études de suivi sur le long-terme des personnes se déclarant EHS ne dépassent pas un an ;
- quelques études, ainsi que les auditions et les témoignages mettent l'accent sur l'errance médicale des personnes se déclarant EHS ;
- l'isolement des personnes se déclarant EHS est systématiquement souligné ;
- la prise en charge et les représentations des personnes se déclarant EHS peuvent varier d'un pays à l'autre ;

le groupe de travail recommande :

- d'encourager de grandes études prospectives, comme le projet COSMOS, à inclure la problématique de l'EHS dans leurs questionnaires de suivi ;
- d'étudier les difficultés de la relation soignant-soigné pour les personnes se déclarant EHS ;
- de rechercher les différents facteurs qui contribuent à l'isolement psycho-social de ces personnes ;
- de mener des études comparatives sur le vécu et les représentations des EHS dans plusieurs pays.

10.4 Exposition aux champs électromagnétiques

Considérant :

- que malgré les nombreux témoignages de personnes se déclarant EHS et rapportant la fin de leurs symptômes avec la fin de l'exposition aux ondes, les éléments scientifiques disponibles à l'heure actuelle ne plaident ni en faveur ni en défaveur d'une amélioration de leur état de santé, suite à un abaissement des niveaux d'exposition ;
- que la loi n° 2015-136 du 9 février 2015 relative à la sobriété (dite « loi Abeille ») confie à l'ANFR les modalités de traitement et la trajectoire de résorption des points atypiques ;
- qu'aucune donnée scientifique ne permet d'objectiver l'efficacité de zones blanches ou d'immeubles « blanchis », ni de chambres d'hôpital spécifiques ;

le groupe de travail recommande aux pouvoirs publics :

- de mettre en œuvre les recommandations du rapport publié par l'Anses en 2013 pour la population générale en matière de niveaux d'exposition (§ 13.3, p 346), dont celle visant à peser avec soin des conséquences d'un éventuel abaissement des niveaux d'exposition induits par les antennes-relais de téléphonie mobile, et celle d'étudier le lien entre la multiplication du nombre d'antennes et l'augmentation parallèle possible de la valeur moyenne de l'exposition ;
- d'évaluer rigoureusement les bénéfices en matière de santé d'éventuelles zones blanches si de telles zones devaient être expérimentées.

Date de validation du pré-rapport d'expertise collective par le groupe de travail : 1^{er} juillet 2016.

Date de validation du rapport d'expertise collective par le groupe de travail : 23 octobre 2017.

11 Bibliographie

11.1 Publications

- "Gesundes Wohnen MCS, Un logement sain pour les chimicosensibles." accessed 2015/08/06. <http://www.gesundes-wohnen-mcs.ch/willkommen.html>.
- Abelin, T., N. Bachmann, B. Bisig, and et al. 2000. "Gesundheit und Gesundheitsverhalten in der Schweiz 1997." *Neuenburg*.
- Aboul Ezz, H. S., Y. A. Khadrawy, N. A. Ahmed, N. M. Radwan, and M. M. El Bakry. 2013. "The effect of pulsed electromagnetic radiation from mobile phone on the levels of monoamine neurotransmitters in four different areas of rat brain." *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 17 (13):1782-8.
- Acevedo, B. P., E. N. Aron, A. Aron, M. D. Sangster, N. Collins, and L. L. Brown. 2014. "The highly sensitive brain: an fMRI study of sensory processing sensitivity and response to others' emotions." *Brain Behav* 4 (4):580-94. doi: 10.1002/brb3.242.
- Afsset. 2009. *Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences*.
- Aggarwal, Rohit, Sarah Ringold, Dinesh Khanna, Tuhina Neogi, Sindhu R. Johnson, Amy Miller, Hermine I. Brunner, Rikke Ogawa, David Felson, Alexis Ogdie, Daniel Aletaha, and Brian M. Feldman. 2015. "Distinctions Between Diagnostic and Classification Criteria?" *Arthritis Care & Research* 67 (7):891-897. doi: 10.1002/acr.22583.
- Ahmad, M., P. Galland, T. Ritz, R. Wiltschko, and W. Wiltschko. 2007. "Magnetic intensity affects cryptochrome-dependent responses in Arabidopsis thaliana." *Planta* 225 (3):615-624. doi: 10.1007/s00425-006-0383-0.
- Akerstedt, T. 2006. "Psychosocial stress and impaired sleep." *Scand J Work Environ Health* 32 (6):493-501.
- Åkerstedt, T., and M. Gillberg. 1990. "Subjective and objective sleepiness in the active individual." *International Journal of Neuroscience* 52 (1-2):29-37. doi: 10.3109/00207459008994241.
- Akerstedt, T., K. Hume, D. Minors, and J. Waterhouse. 1994a. "The subjective meaning of good sleep, an intraindividual approach using the Karolinska Sleep Diary." *Perceptual and Motor Skills* 79 (1 Pt 1):287-296.
- Akerstedt, T., K. Hume, D. Minors, and J. Waterhouse. 1994b. "The meaning of good sleep: A longitudinal study of polysomnography and subjective sleep quality." *Journal of Sleep Research* 3 (3):152-158.
- Andersen, J. H., and J. C. Jensen. 2012. "Modern health worries and visits to the general practitioner in a general population sample: An 18month follow-up study." *Journal of Psychosomatic Research* 73 (4):264-267. doi: 10.1016/j.jpsychores.2012.07.007.
- Andersson, B., M. Berg, B. B. Arnetz, L. Melin, I. Langlet, and S. Lidén. 1996. "A cognitive-behavioral treatment of patients suffering from 'electric hypersensitivity': Subjective effects and reactions in a double-blind provocation study." *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 38 (8):752-758.
- Andrianome, S., L. Hugueville, R. de Seze, M. Hanot-Roy, K. Blazy, C. Gamez, and B. Selmaoui. 2016. "Disturbed sleep in individuals with Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF): Melatonin assessment as a biological marker." *Bioelectromagnetics*. doi: 10.1002/bem.21965.
- ANFR. 2017. Etude de l'exposition du public aux ondes radioélectriques - Analyse des résultats de mesures d'exposition du public aux ondes électromagnétiques réalisées en 2016 dans le cadre du dispositif national de surveillance.
- Anses. 2013. *Mise à jour de l'expertise "radiofréquences et santé"*.
- Anses. 2016. *Exposition aux radiofréquences et santé des enfants*.
- Anses. 2017. *Exposition de la population aux champs électromagnétiques émis par les « compteurs communicants »*

- Arai, J. A., S. Li, D. M. Hartley, and L. A. Feig. 2009. "Transgenerational rescue of a genetic defect in long-term potentiation and memory formation by juvenile enrichment." *Journal of Neuroscience* 29 (5):1496-1502. doi: 10.1523/JNEUROSCI.5057-08.2009.
- Arnetz, BB., T. Akerstedt, L. Hillert, A. Lowden, N. Kuster, and C. Wiholm. 2007. "The Effects of 884 MHz GSM Wireless Communication Signals on Self-reported Symptom and Sleep (EEG)- An Experimental Provocation Study." *PIERS Online* 3 (7): 1148-1150
- Aron, E. N., and A. Aron. 1997. "Sensory-processing sensitivity and its relation to introversion and emotionality." *J Pers Soc Psychol* 73 (2):345-68.
- Aron, E. N., A. Aron, and J. Jagiellowicz. 2012. "Sensory processing sensitivity: a review in the light of the evolution of biological responsivity." *Pers Soc Psychol Rev* 16 (3):262-82. doi: 10.1177/1088868311434213.
- Atlasz, T., L. Kellényi, P. Kovács, N. Babai, G. Thuróczy, L. Hejmel, and I. Hernádi. 2006. "The application of surface plethysmography for heart rate variability analysis after GSM radiofrequency exposure." *Journal of Biochemical and Biophysical Methods* 69 (1-2):233-236. doi: 10.1016/j.jbbm.2006.03.017.
- Augner, C., M. Florian, G. Pauser, G. Oberfeld, and G. W. Hacker. 2009a. "GSM base stations: Short-term effects on well-being." *Bioelectromagnetics* 30 (1):73-80. doi: 10.1002/bem.20447.
- Augner, C., T. Gnamb, R. Winker, and A. Barth. 2012. "Acute effects of electromagnetic fields emitted by GSM mobile phones on subjective well-being and physiological reactions: a meta-analysis." *Sci Total Environ* 424:11-5. doi: 10.1016/j.scitotenv.2012.02.034.
- Augner, C., and G. W. Hacker. 2009b. "Are people living next to mobile phone base stations more strained? Relationship of health concerns, self-estimated distance to base station, and psychological parameters." *Indian J Occup Environ Med* 13 (3):141-5. doi: 10.4103/0019-5278.58918.
- Austrian Medical Association. 2012. *Guideline of Austrian Medical Association for the diagnoses and treatment of EMF-related health problems and illnesses (EMF syndrome). Consensus paper of the Austrian Medical Association's EMF working group 2012.*
- Bach, V. 2017. Réponses physiologiques d'adaptation ou d'évitement du rat juvénile exposé aux ondes radiofréquences type antenne relais. Université de Picardie Jules Verne.
- Bachelot-Narquin, R., N. Kosciusko-Morizet, and C. Jouanno. 2009. *Dix orientations retenues par le gouvernement suite à la table ronde "radiofréquences, santé, environnement"*.
- Baguley, D., D. McFerran, and D. Hall. 2013. "Tinnitus." *Lancet* 382 (9904):1600-7. doi: 10.1016/s0140-6736(13)60142-7.
- Bailer, J., M. Witthöft, C. Paul, C. Bayerl, and F. Rist. 2005. "Evidence for overlap between idiopathic environmental intolerance and somatoform disorders." *Psychosomatic Medicine* 67 (6):921-929. doi: 10.1097/01.psy.0000174170.66109.b7.
- Bailer, J., M. Witthöft, and F. Rist. 2008. "Psychological predictors of short- and medium term outcome in individuals with idiopathic environmental intolerance (IEI) and individuals with somatoform disorders." *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues* 71 (11-12):766-775. doi: 10.1080/15287390801985562.
- Baker, R. R. 1980. "Goal orientation by blindfolded humans after long-distance displacement: Possible involvement of a magnetic sense." *Science* 210 (4469):555-557.
- Baliatsas, C., J. Bolte, J. Yzermans, G. Kelfkens, M. Hooiveld, E. Lebret, and I. van Kamp. 2015a. "Actual and perceived exposure to electromagnetic fields and non-specific physical symptoms: an epidemiological study based on self-reported data and electronic medical records." *International journal of hygiene and environmental health* 218 (3):331-344. doi: 10.1016/j.ijheh.2015.02.001.
- Baliatsas, C., I. Van Kamp, M. Hooiveld, J. Yzermans, and E. Lebret. 2014a. "Comparing non-specific physical symptoms in environmentally sensitive patients: Prevalence, duration, functional status and illness behavior." *Journal of Psychosomatic Research* 76 (5):405-413. doi: 10.1016/j.jpsychores.2014.02.008.
- Baliatsas, C., I. van Kamp, M. Hooiveld, J. Yzermans, and E. Lebret. 2014b. "Comparing non-specific physical symptoms in environmentally sensitive patients: Prevalence, duration, functional status and illness behavior." *J Psychosom Res* 76 (5):405-13. doi: 10.1016/j.jpsychores.2014.02.008.
- Banaclocha, M. A., I. Bókkon, and H. M. Banaclocha. 2010. "Long-term memory in brain magnetite." *Medical Hypotheses* 74 (2):254-257. doi: 10.1016/j.mehy.2009.09.024.

- Barker, A. T., P. R. Jackson, H. Parry, L. A. Coulton, G. G. Cook, and S. M. Wood. 2007. "The effect of GSM and TETRA mobile handset signals on blood pressure, catechol levels and heart rate variability." *Bioelectromagnetics* 28 (6):433-8. doi: 10.1002/bem.20333.
- Bartha, L., W. Baumzweiger, D. S. Buscher, T. Callender, K. A. Dahl, A. Davidoff, A. Donnay, S. B. Edelson, B. D. Elson, E. Elliott, D. P. Flayhan, G. Heuser, P. M. Keyl, K. H. Kilburn, P. Gibson, L. A. Jason, J. Krop, R. D. Mazlen, R. G. McGill, J. McTamney, W. J. Meggs, W. Morton, M. Nass, C. L. Oliver, D. D. Panjwani, L. A. Plumlee, D. Rapp, M. B. Shayevitz, J. Sherman, R. M. Singer, A. Solomon, A. Vodjani, J. M. Woods, and G. Ziem. 1999. "Multiple Chemical Sensitivity: A 1999 Consensus." *Archives of Environmental Health* 54 (3):147-149. doi: 10.1080/00039899909602251.
- Barutcu, I., A. M. Esen, D. Kaya, M. Turkmen, O. Karakaya, M. Saglam, M. Melek, A. Çeläk, C. Kälät, E. Onrat, and C. Kirma. 2011. "Do mobile phones pose a potential risk to autonomic modulation of the heart?" *PACE - Pacing and Clinical Electrophysiology* 34 (11):1511-1514. doi: 10.1111/j.1540-8159.2011.03162.x.
- Beard, GM. . 1869. "Neurasthenia, or nervous exhaustion. ." *Boston Med Surg J* 3 :217-21.
- Begall, S., J. Červený, J. Neef, O. Vojtěch, and H. Burda. 2008. "Magnetic alignment in grazing and resting cattle and deer (Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (2008) 105, (13451-13455) DOI: 10.1073/pnas.0803650105)." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105 (44):17206. doi: 10.1073/pnas.0809028105.
- Belpomme, D., C. Campagnac, and P. Irigaray. 2015. "Reliable disease biomarkers characterizing and identifying electrohypersensitivity and multiple chemical sensitivity as two etiopathogenic aspects of a unique pathological disorder." *Reviews on Environmental Health* 30 (4):251-271. doi: 10.1515/reveh-2015-0027.
- Belpomme, D., C. Campagnac, and P. Irigaray. 2016. "Corrigendum to: Reliable disease biomarkers characterizing and identifying electrohypersensitivity and multiple chemical sensitivity as two etiopathogenic aspects of a unique pathological disorder." *Rev Environ Health*. doi: 10.1515/reveh-2015-8888.
- Belsky, J., C. Jonassaint, M. Pluess, M. Stanton, B. Brummett, and R. Williams. 2009. "Vulnerability genes or plasticity genes?" *Mol Psychiatry* 14 (8):746-54. doi: 10.1038/mp.2009.44.
- Belyaev, I., A. Dean, H. Eger, G. Hubmann, R. Jandrisovits, O. Johansson, M. Kern, M. Kundi, P. Lercher, W. Mosgöller, H. Moshammer, K. Müller, G. Oberfeld, P. Ohnsorge, P. Pelzmann, C. Scheingraber, and R. Thill. 2015a. "EUROPAEM EMF Guideline 2015 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses." *Reviews on Environmental Health* 30 (4):337-371. doi: 10.1515/reveh-2015-0033.
- Belyaev, I., A. Dean, H. Eger, G. Hubmann, R. Jandrisovits, M. Kern, M. Kundi, H. Moshammer, P. Lercher, K. Muller, G. Oberfeld, P. Ohnsorge, P. Pelzmann, C. Scheingraber, and R. Thill. 2016. "EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses." *Rev Environ Health* 31 (3):363-97. doi: 10.1515/reveh-2016-0011.
- Belyaev, I. Y., L. Hillert, M. Protopopova, C. Tamm, L. O. G. Malmgren, B. R. R. Persson, G. Selivanova, and M. Harms-Ringdahl. 2005. "915 MHz microwaves and 50 Hz magnetic field affect chromatin conformation and 53BP1 foci in human lymphocytes from hypersensitive and healthy persons." *Bioelectromagnetics* 26 (3):173-184. doi: 10.1002/bem.20103.
- Belyaev, I. Y., C. B. Koch, O. Terenius, K. Roxström-Lindquist, L. O. G. Malmgren, W. H. Sommer, L. G. Salford, and B. R. R. Persson. 2006. "Exposure of rat brain to 915 MHz GSM microwaves induces changes in gene expression but not double stranded DNA breaks or effects on chromatin conformation." *Bioelectromagnetics* 27 (4):295-306. doi: 10.1002/bem.20216.
- Belyaev, I. Y., E. Markova, L. Hillert, L. O. G. Malmgren, and B. R. R. Persson. 2009. "Microwaves from UMTS/GSM mobile phones induce long-lasting inhibition of 53BP1/γ-H2AX DNARepair foci in human lymphocytes." *Bioelectromagnetics* 30 (2):129-141. doi: 10.1002/bem.20445.
- Belyaev, Igor, Amy Dean, Horst Eger, Gerhard Hubmann, Reinhold Jandrisovits, Olle Johansson, Markus Kern, Michael Kundi, Piero Lercher, Wilhelm Mosgöller, Hanns Moshammer, Kurt Müller, Gerd Oberfeld, Peter Ohnsorge, Peter Pelzmann, Claus Scheingraber, and Roby Thill. 2015b. Retraction of: EUROPAEM EMF Guideline 2015 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. In *Reviews on Environmental Health*.
- Benedetti, F., M. Amanzio, C. Casadio, A. Oliaro, and G. Maggi. 1997. "Blockade of placebo hyperalgesia by the cholecystokinin antagonist proglumide." *Pain* 71 (2):135-40.

- Benedetti, F., J. Durando, and S. Vighetti. 2014. "Nocebo and placebo modulation of hypobaric hypoxia headache involves the cyclooxygenase-prostaglandins pathway." *Pain* 155 (5):921-8. doi: 10.1016/j.pain.2014.01.016.
- Benedetti, F., W. Thoen, C. Blanchard, S. Vighetti, and C. Arduino. 2013. "Pain as a reward: changing the meaning of pain from negative to positive co-activates opioid and cannabinoid systems." *Pain* 154 (3):361-7. doi: 10.1016/j.pain.2012.11.007.
- Berg-Beckhoff, G., J. Breckenkamp, P. V. Larsen, and B. Kowall. 2014. "General practitioners' knowledge and concern about electromagnetic fields." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 11 (12):12969-12982. doi: 10.3390/ijerph111212969.
- Berg-Beckhoff, G., K. Heyer, B. Kowall, J. Breckenkamp, and O. Razum. 2010a. "The views of primary care physicians on health risks from electromagnetic fields." *Dtsch Arztebl Int* 107 (46):817-23. doi: 10.3238/arztebl.2010.0817.
- Berg-Beckhoff, G., K. Heyer, B. Kowall, J. Breckenkamp, and O. Razum. 2010b. "The views of primary care physicians on health risks from electromagnetic fields." *Deutsches Arzteblatt* 107 (46):817-823. doi: 10.3238/arztebl.2010.0817.
- Bergdahl, J. 1995. "Psychologic aspects of patients with symptoms presumed to be caused by electricity or visual display units." *Acta Odontologica Scandinavica* 53 (5):304-310. doi: 10.3109/00016359509005992.
- Bergdahl, J., L. Mårell, M. Bergdahl, and H. Perris. 2005. "Psychobiological personality dimensions in two environmental-illness patient groups." *Clinical Oral Investigations* 9 (4):43-48. doi: 10.1007/s00784-005-0015-2.
- Bergdahl, J., B. Stenberg, N. Eriksson, G. Lindén, and L. Widman. 2004. "Coping and self-image in patients with visual display terminal-related skin symptoms and perceived hypersensitivity to electricity." *International Archives of Occupational and Environmental Health* 77 (8):538-542. doi: 10.1007/s00420-004-0546-x.
- Bergdahl, J., A. Tillberg, and E. Stenman. 1998. "Odontologic survey of referred patients with symptoms allegedly caused by electricity or visual display units." *Acta Odontol Scand* 56 (5):303-7.
- Bergqvist, U., O. Franzen, W. J. Rea, and E. J. Fenveys. 1993. "Electromagnetic Field Sensitivity (Letter and Reply)." *Electro Magnetobiol* 12 (1):5-7.
- Bergqvist, U., and E editors. Vogel. 1997. *Possible implications of subjective symptoms and electromagnetic fields. A report by a European group of experts for the European Commission, DG V: National Institute for Working Life (Arbete och Halsa 1997:19).*
- Bergqvist, U. O. V. 1984. "Video display terminals and health. A technical and medical appraisal of the state of the art." *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 10 (SUPPL. 2):1-87.
- Berthelot, J. M. 2016. "Is electromagnetic hypersensitivity entirely ascribable to nocebo effects?" *Joint Bone Spine* 83 (2):121-3. doi: 10.1016/j.jbspin.2015.11.003.
- Blakemore, R. 1975. "Magnetotactic bacteria." *Science* 190 (4212):377-379.
- Blettner, M., B. Schlehofer, J. Breckenkamp, B. Kowall, S. Schmiedel, U. Reis, P. Potthoff, J. Schüz, and G. Berg-Beckhoff. 2009. "Mobile phone base stations and adverse health effects: Phase 1 of a population-based, cross-sectional study in Germany." *Occupational and Environmental Medicine* 66 (2):118-123. doi: 10.1136/oem.2007.037721.
- Bolliger-Salzmann, Heinz, Beatrice Metry, Anna ErbCand, Sarah Heiniger, and Elean Schaffner. 2015. "Evaluation des MCS-Pilotprojekts der Wohnbaugenossenschaft Gesundes Wohnen MCS - Eine explorative Studie Schlussbericht."
- Bonde, J. P. 2008. "Psychosocial factors at work and risk of depression: a systematic review of the epidemiological evidence." *Occup Environ Med* 65 (7):438-45. doi: 10.1136/oem.2007.038430.
- Borbely, A. A., and A. Wirz-Justice. 1982. "Sleep, sleep deprivation and depression. A hypothesis derived from a model of sleep regulation." *Hum Neurobiol* 1 (3):205-10.
- Borraz O, Devigne M, Salomon M. 2004. Controverses et mobilisations autour des antennes relais de téléphonie mobile. CSO/FNSP.
- Bortkiewicz, A., E. Gadzicka, W. Szymczak, and M. Zmyslony. 2012. "Heart rate variability (HRV) analysis in radio and TV broadcasting stations workers." *Int J Occup Med Environ Health* 25 (4):446-55. doi: 10.2478/s13382-012-0059-x.

- Bortkiewicz, A., E. Gadzicka, M. Zmyslony, and W. Szymczak. 2006. "Neurovegetative disturbances in workers exposed to 50 Hz electromagnetic fields." *Int J Occup Med Environ Health* 19 (1):53-60.
- Bortkiewicz, A., M. Zmyslony, and E. Gadzicka. 1998. "[Exposure to electromagnetic fields with frequencies of 50 Hz and changes in the circulatory system in workers at electrical power stations]." *Med Pr* 49 (3):261-74.
- Boutry, C. M., S. Kuehn, P. Achermann, A. Romann, J. Keshvari, and N. Kuster. 2008. "Dosimetric evaluation and comparison of different RF exposure apparatuses used in human volunteer studies." *Bioelectromagnetics* 29 (1):11-19. doi: 10.1002/bem.20356.
- Brand, S., P. Heller, A. J. Bircher, C. Braun-Fahrleander, A. Huss, M. Niederer, S. Schwarzenbach, R. Waeber, L. Wegmann, and J. Kuechenhoff. 2009. "Patients with environment-related disorders: Comprehensive results of interdisciplinary diagnostics." *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 212 (2):157-171. doi: 10.1016/j.ijheh.2008.05.004.
- Buchner, K.; Eger H. 2011. "Changes of Clinically Important Neurotransmitters under the Influence of Modulated RF Fields — A Long-term Study under Real-life Conditions." *Umwelt-Medizin-Gesellschaft* 24(1): 44-57.
- Buysse, D. J., C. F. Reynolds Iii, T. H. Monk, S. R. Berman, and D. J. Kupfer. 1989. "The Pittsburgh sleep quality index: A new instrument for psychiatric practice and research." *Psychiatry Research* 28 (2):193-213. doi: 10.1016/0165-1781(89)90047-4.
- Caccamo, D., E. Cesareo, S. Mariani, D. Raskovic, R. Ientile, M. Curro, L. Korkina, and C. De Luca. 2013. "Xenobiotic sensor- and metabolism-related gene variants in environmental sensitivity-related illnesses: a survey on the Italian population." *Oxid Med Cell Longev* 2013:831969. doi: 10.1155/2013/831969.
- Caro, X. J., and E. F. Winter. 2015. "The Role and Importance of Small Fiber Neuropathy in Fibromyalgia Pain." *Curr Pain Headache Rep* 19 (12):55. doi: 10.1007/s11916-015-0527-7.
- Carrubba, S., C. Frilot, A. L. Chesson, and A. A. Marino. 2007. "Nonlinear EEG activation evoked by low-strength low-frequency magnetic fields." *Neuroscience Letters* 417 (2):212-216. doi: 10.1016/j.neulet.2007.02.046.
- Carrubba, S., C. Frilot, A. L. Chesson, and A. A. Marino. 2010b. "Numerical analysis of recurrence plots to detect effect of environmental-strength magnetic fields on human brain electrical activity." *Medical Engineering and Physics* 32 (8):898-907. doi: 10.1016/j.medengphy.2010.06.006.
- Carrubba, S., C. Frilot, A. L. Chesson Jr, and A. A. Marino. 2010a. "Mobile-phone pulse triggers evoked potentials." *Neuroscience Letters* 469 (1):164-168. doi: 10.1016/j.neulet.2009.11.068.
- Carrubba, S., and A. A. Marino. 2008. "The effects of low-frequency environmental-strength electromagnetic fields on brain electrical activity: A critical review of the literature." *Electromagnetic Biology and Medicine* 27 (2):83-101. doi: 10.1080/15368370802088758.
- Carskadon, M.A, and W.C Dement. 1977. "Sleep tendency: an objective measure of sleep loss." *Sleep Research* 6: 200.
- Carskadon, M.A., W.C. Dement, M.M Mitler, T Roth, P.R Westbrook, and S Keenan. 1986. "Guidelines for the Multiple Sleep Latency Test (MSLT): a standard measure of sleepiness. ." *Sleep* 9:519–524.
- Caspi, A., A. R. Hariri, A. Holmes, R. Uher, and T. E. Moffitt. 2010. "Genetic sensitivity to the environment: the case of the serotonin transporter gene and its implications for studying complex diseases and traits." *Am J Psychiatry* 167 (5):509-27. doi: 10.1176/appi.ajp.2010.09101452.
- Caspi, A., K. Sugden, T. E. Moffitt, A. Taylor, I. W. Craig, H. Harrington, J. McClay, J. Mill, J. Martin, A. Braithwaite, and R. Poulton. 2003. "Influence of life stress on depression: moderation by a polymorphism in the 5-HTT gene." *Science* 301 (5631):386-9. doi: 10.1126/science.1083968.
- Cathébras, P. 2006. *Troubles fonctionnels et somatisation - Comment aborder les symptômes médicalement inexpliqués*. Edited by Masson éd. Paris.
- Chassidim, Y., U. Vazana, O. Prager, R. Veksler, G. Bar-Klein, K. Schoknecht, M. Fassler, S. Lublinsky, and I. Shelef. 2015. "Analyzing the blood-brain barrier: The benefits of medical imaging in research and clinical practice." *Seminars in Cell and Developmental Biology* 38:43-52. doi: 10.1016/j.semdb.2014.11.007.
- Chateauraynaud, Francis, and Josquin Debaz. 2010. "Le partage de l'hypersensible : le surgissement des électro-hypersensibles dans l'espace public." *Sciences sociales et santé*:5-33.

- Chen, C., C. Chen, R. Moyzis, H. Stern, Q. He, H. Li, J. Li, B. Zhu, and Q. Dong. 2011. "Contributions of dopamine-related genes and environmental factors to highly sensitive personality: a multi-step neuronal system-level approach." *PLoS One* 6 (7):e21636. doi: 10.1371/journal.pone.0021636.
- Chia, S. E. 2001. "Erratum: "Prevalence of headache among handheld cellular telephone users in Singapore: A community study" (Environmental Health Perspectives (2000) vol. 108 (1059-1062))." *Environmental Health Perspectives* 109 (2).
- Chia, S. E., H. P. Chia, and J. S. Tan. 2000. "Prevalence of headache among handheld cellular telephone users in Singapore: A community study." *Environmental Health Perspectives* 108 (11):1059-1062.
- Choi, S. B., M. K. Kwon, J. W. Chung, J. S. Park, K. Chung, and D. W. Kim. 2014. "Effects of short-term radiation emitted by WCDMA mobile phones on teenagers and adults." *BMC Public Health* 14 (1). doi: 10.1186/1471-2458-14-438.
- Cinel, C., R. Russo, A. Boldini, and E. Fox. 2008. "Exposure to mobile phone electromagnetic fields and subjective symptoms: A double-blind study." *Psychosomatic Medicine* 70 (3):345-348. doi: 10.1097/PSY.0b013e31816521f1.
- Cioffi, D. 1991. "Beyond attentional strategies: A cognitive-perceptual model of somatic interpretation." *Psychological Bulletin* 109 (1):25-41.
- CIRC. 2013. "IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans." In, edited by WHO Press.
- Coggon, D. 2012. "Letter to the editor: Electromagnetic hypersensitivity." *International Journal of Neuroscience* 122 (7):405. doi: 10.3109/00207454.2012.675377.
- COPIC. 2013. "Diminution de l'exposition aux ondes électromagnétiques émises par les antennes-relais de téléphonie mobile." *RAPPORT DE SYNTHÈSE DES EXPERIMENTATIONS DU COPIC*.
- Cosquer, B., A. P. Vasconcelos, J. Frohlich, and J. C. Cassel. 2005. "Blood-brain barrier and electromagnetic fields: effects of scopolamine methylbromide on working memory after whole-body exposure to 2.45 GHz microwaves in rats." *Behav Brain Res* 161 (2):229-37. doi: 10.1016/j.bbr.2005.02.025.
- Costa, A., V. Branca, C. Minoia, P. D. Pigatto, and G. Guzzi. 2010. "Heavy metals exposure and electromagnetic hypersensitivity." *Science of the Total Environment* 408 (20):4919-4920. doi: 10.1016/j.scitotenv.2010.06.045.
- Crasson, M. 2005. "L'hypersensibilité à l'Électricité: Une approche multidisciplinaire pour un problème multifactoriel. Revue de la littérature." *Revue Européenne de Psychologie Appliquée* 55 (1):51-67. doi: 10.1016/j.erap.2004.10.001.
- Croft, R. J., D. L. Hamblin, J. Spong, A. W. Wood, R. J. McKenzie, and C. Stough. 2008. "The effect of mobile phone electromagnetic fields on the alpha rhythm of human electroencephalogram." *Bioelectromagnetics* 29 (1):1-10. doi: 10.1002/bem.20352.
- Croft, R. J., S. Leung, R. J. McKenzie, S. P. Loughran, S. Iskra, D. L. Hamblin, and N. R. Cooper. 2010. "Effects of 2G and 3G mobile phones on human alpha rhythms: Resting EEG in adolescents, young adults, and the elderly." *Bioelectromagnetics* 31 (6):434-44. doi: 10.1002/bem.20583.
- CSTB. 2015. "Evaluation de l'efficacité des dispositifs de protection utilisés contre les champs électromagnétiques." N/Réf. DSC 2015-128/FG/GC.
- Cullen, M. R. 1987. "Multiple chemical sensitivities: summary and directions for future investigators." *Occupational medicine (Philadelphia, Pa.)* 2 (4):801-804.
- Curcio, G., M. Ferrara, F. Moroni, G. D'Inzeo, M. Bertini, and L. De Gennaro. 2005. "Is the brain influenced by a phone call? An EEG study of resting wakefulness." *Neurosci Res* 53 (3):265-70. doi: 10.1016/j.neures.2005.07.003.
- Dahmen, N., D. Ghezal-Ahmadi, and A. Engel. 2009. "Blood laboratory findings in patients suffering from self-perceived electromagnetic hypersensitivity (EHS)." *Bioelectromagnetics* 30 (4):299-306. doi: 10.1002/bem.20486.
- Danker-Hopfe, H., H. Dorn, A. Bahr, P. Anderer, and C. Sauter. 2011. "Effects of electromagnetic fields emitted by mobile phones (GSM 900 and WCDMA/UMTS) on the macrostructure of sleep." *J Sleep Res* 20 (1 Pt 1):73-81. doi: 10.1111/j.1365-2869.2010.00850.x.
- Darien IL., Académie Américaine de Médecine du sommeil (American Academy of Sleep Medicine). 2005. "International clarification of sleep disorders revised diagnostic and coding manual (AASM-ICSD)."p 298.

- Davidson, P. R., and K. C. H. Parker. 2001. "Eye movement desensitization and reprocessing (emdr): A meta-analysis." *Journal of Consulting and Clinical Psychology* 69 (2):305-316. doi: 10.1037//0022-006X.69.2.305.
- Davis, C. C., and Q. Balzano. 2010. "The brain is not a radio receiver for wireless phone signals: Human tissue does not demodulate a modulated radiofrequency carrier." *Comptes Rendus Physique* 11 (9-10):585-591. doi: 10.1016/j.crhy.2010.09.002.
- de Graaff, M. B., and Christian Bröer. 2012. "'We are the canary in a coal mine': Establishing a disease category and a new health risk." *Health, Risk & Society* 14 (2):129-147. doi: 10.1080/13698575.2012.661040.
- De Luca, C., J. Chung Sheun Thai, D. Raskovic, E. Cesareo, D. Caccamo, A. Trukhanov, and L. Korkina. 2014. "Metabolic and genetic screening of electromagnetic hypersensitive subjects as a feasible tool for diagnostics and intervention." *Mediators of Inflammation* 2014. doi: 10.1155/2014/924184.
- De Luca, C., A. Gugliandolo, C. Calabrò, M. Currò, R. Ientile, D. Raskovic, L. Korkina, and D. Caccamo. 2015. "Role of polymorphisms of inducible nitric oxide synthase and endothelial nitric oxide synthase in idiopathic environmental intolerances." *Mediators of Inflammation* 2015. doi: 10.1155/2015/245308.
- de Luca, C., D. Raskovic, V. Pacifico, J. C. S. Thai, and L. Korkina. 2011. "The search for reliable biomarkers of disease in multiple chemical sensitivity and other environmental intolerances." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8 (7):2770-2797. doi: 10.3390/ijerph8072770.
- De Ridder, D., A. B. Elgoyhen, R. Romo, and B. Langguth. 2011. "Phantom percepts: tinnitus and pain as persisting aversive memory networks." *Proc Natl Acad Sci U S A* 108 (20):8075-80. doi: 10.1073/pnas.1018466108.
- Diekelmann, S., and J. Born. 2010. "The memory function of sleep." *Nature Reviews Neuroscience* 11 (2):114-126. doi: 10.1038/nrn2762.
- Dieudonné, M. 2016. "Does electromagnetic hypersensitivity originate from nocebo responses? Indications from a qualitative study." *Bioelectromagnetics* 37 (1):14-24. doi: 10.1002/bem.21937.
- Dobson, J. 2004. Magnetic iron compounds in neurological disorders. In *Annals of the New York Academy of Sciences*.
- Dömötör, Z., B. K. Doering, and F. Koteles. 2016. "Dispositional aspects of body focus and idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF)." *Scand J Psychol* 57 (2):136-43. doi: 10.1111/sjop.12271.
- Driscoll, I., D. A. Hamilton, R. A. Yeo, W. M. Brooks, and R. J. Sutherland. 2005. "Virtual navigation in humans: The impact of age, sex, and hormones on place learning." *Hormones and Behavior* 47 (3):326-335. doi: 10.1016/j.yhbeh.2004.11.013.
- Dunn, J. R., M. Fuller, J. Zoeger, J. Dobson, F. Heller, J. Hammann, E. Caine, and B. M. Moskowitz. 1995. "Magnetic material in the human hippocampus." *Brain Research Bulletin* 36 (2):149-153. doi: 10.1016/0361-9230(94)00182-Z.
- Durmer, J. S., and D. F. Dinges. 2005. "Neurocognitive consequences of sleep deprivation." *Seminars in Neurology* 25 (1):117-129. doi: 10.1055/s-2005-867080.
- Dworsky, L. N. 2002. "Comment: 'Project NEMESIS: Perception of a 50 Hz electric and magnetic field at low intensities'." *Bioelectromagnetics* 23 (7):553-4; discussion 555. doi: 10.1002/bem.10064.
- Eberhardt, J. L., B. R. Persson, A. E. Brun, L. G. Salford, and L. O. Malmgren. 2008. "Blood-brain barrier permeability and nerve cell damage in rat brain 14 and 28 days after exposure to microwaves from GSM mobile phones." *Electromagn Biol Med* 27 (3):215-29. doi: 10.1080/15368370802344037.
- Eder, S. H. K., H. Cadiou, A. Muhamad, P. A. McNaughton, J. L. Kirschvink, and M. Winkhofer. 2012. "Magnetic characterization of isolated candidate vertebrate magnetoreceptor cells." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109 (30):12022-12027. doi: 10.1073/pnas.1205653109.
- Eek, F., J. Merlo, U. Gerdtham, and T. Lithman. 2009. "Health care utilisation and attitudes towards health care in subjects reporting environmental annoyance from electricity and chemicals." *J Environ Public Health* 2009:106389. doi: 10.1155/2009/106389.
- El-Överkansligas, Riksförbund. 2007. Hospital Accommodations of EHS Patients In Sweden.

- Eldridge-Thomas, B., and G. J. Rubin. 2013. "Idiopathic Environmental Intolerance Attributed to Electromagnetic Fields: A Content Analysis of British Newspaper Reports." *PLoS ONE* 8 (6). doi: 10.1371/journal.pone.0065713.
- Eltiti, S., D. Wallace, A. Ridgewell, K. Zougkou, R. Russo, F. Sepulveda, D. Mirshekar-Syahkal, P. Rasor, R. Deeble, and E. Fox. 2007a. "Does short-term exposure to mobile phone base station signals increase symptoms in individuals who report sensitivity to electromagnetic fields? A double-blind randomized provocation study." *Environmental Health Perspectives* 115 (11):1603-1608. doi: 10.1289/ehp.10286.
- Eltiti, S., D. Wallace, R. Russo, and E. Fox. 2015. "Aggregated data from two double-blind base station provocation studies comparing individuals with idiopathic environmental intolerance with attribution to electromagnetic fields and controls." *Bioelectromagnetics* 36 (2):96-107. doi: 10.1002/bem.21892.
- Eltiti, S., D. Wallace, K. Zougkou, R. Russo, S. Joseph, P. Rasor, and E. Fox. 2007b. "Development and evaluation of the electromagnetic hypersensitivity questionnaire." *Bioelectromagnetics* 28 (2):137-151. doi: 10.1002/bem.20279.
- Eris, A. H., H. S. Kiziltan, I. Meral, H. Genc, M. Trabzon, H. Seyithanoglu, B. Yagci, and O. Uysal. 2015. "Effect of Short-term 900 MHz low level electromagnetic radiation exposure on blood serotonin and glutamate levels." *Bratislava Medical Journal* 116 (2):101-103. doi: 10.4149/BLL_2015_019.
- Esmekaya, M. A., C. Ozer, and N. Seyhan. 2011. "900 MHz pulse-modulated radiofrequency radiation induces oxidative stress on heart, lung, testis and liver tissues." *Gen Physiol Biophys* 30 (1):84-9. doi: 10.4149/gpb_2011_01_84.
- Fatahi, Mahsa, Liliana Ramona Demenescu, and Oliver Speck. 2016. "Subjective perception of safety in healthy individuals working with 7 T MRI scanners: a retrospective multicenter survey." *Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine* 29 (3):379-387. doi: 10.1007/s10334-016-0527-6.
- Feng, J., Z. Zhang, X. Wu, A. Mao, F. Chang, X. Deng, H. Gao, C. Ouyang, K. J. Dery, K. Le, J. Longmate, C. Marek, R. P. St Amand, T. G. Krontiris, and J. E. Shively. 2013. "Discovery of potential new gene variants and inflammatory cytokine associations with fibromyalgia syndrome by whole exome sequencing." *PLoS One* 8 (6):e65033. doi: 10.1371/journal.pone.0065033.
- Fischer, A., F. Sananbenesi, X. Wang, M. Dobbin, and L. H. Tsai. 2007. "Recovery of learning and memory is associated with chromatin remodelling." *Nature* 447 (7141):178-82. doi: 10.1038/nature05772.
- Flodin, U., A. Seneby, and C. Tegenfeldt. 2000. "Provocation of electric hypersensitivity under everyday conditions." *Scand J Work Environ Health* 26 (2):93-8.
- Foley, L. E., R. J. Gegear, and S. M. Reppert. 2011. "Human cryptochrome exhibits light-dependent magnetosensitivity." *Nature Communications* 2 (1). doi: 10.1038/ncomms1364.
- Fox E., Eltiti S., Russo R., Mirshekar D., Sepulveda F., Wallace D., Zougkou K., Ridgewell A., Deeble R., Joseph S., Rasor P. 2007. "Hypersensitivity Symptoms Associated with Electromagnetic Field Exposure " *Mobile Telecommunications and Health Research Programme*.
- Franke, H., E. B. Ringelstein, and F. Stogbauer. 2005b. "Electromagnetic fields (GSM 1800) do not alter blood-brain barrier permeability to sucrose in models in vitro with high barrier tightness." *Bioelectromagnetics* 26 (7):529-35. doi: 10.1002/bem.20123.
- Franke, H., J. Streckert, A. Bitz, J. Goeke, V. Hansen, E. B. Ringelstein, H. Nattkamper, H. J. Galla, and F. Stogbauer. 2005a. "Effects of Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) electromagnetic fields on the blood-brain barrier in vitro." *Radiat Res* 164 (3):258-69.
- Frei, P., E. Mohler, C. Braun-Fahrlander, J. Fröhlich, G. Neubauer, and M. Röösli. 2012. "Cohort study on the effects of everyday life radio frequency electromagnetic field exposure on non-specific symptoms and tinnitus." *Environment International* 38 (1):29-36. doi: 10.1016/j.envint.2011.08.002.
- Frick, U, M Mayer, S Hauser, H Binder, R Rosner, and P. Eichhammer. 2006b. "Development of a German-language measuring instrument for electrosmog complaints / Entwicklung eines deutschsprachigen Messinstruments für "Elektrosmog-Beschwerden. ." *Umweltmedizin in Forschung und Praxis*. 11 :11-22.
- Frick, U., M. Mayer, S. Hauser, H. Binder, R. Rosner, and P. Eichhammer. 2006a. "Development of a standardized questionnaire to measure EMF-related symptoms in the general population - A psychometric analysis." *Umweltmedizin in Forschung und Praxis* 11 (2):103-113.

- Frick, U., J. Rehm, and P. Eichhammer. 2002. "Risk perception, somatization, and self report of complaints related to electromagnetic fields - A randomized survey study." *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 205 (5):353-360.
- Frick, Ulrich, Alexander Kharraz, Simone Hauser, Rainer Wiegand, Jürgen Rehm, Ulla von Kovatsits, and Peter Eichhammer. 2005. "Comparison perception of singular transcranial magnetic stimuli by subjectively electrosensitive subjects and general population controls." *Bioelectromagnetics* 26 (4):287-298. doi: 10.1002/bem.20085.
- Furubayashi, Toshiaki, Akira Ushiyama, Yasuo Terao, Yoko Mizuno, Kei Shirasawa, Pornanong Pongpaibool, Ally Y. Simba, Kanako Wake, Masami Nishikawa, Kaori Miyawaki, Asako Yasuda, Mitsunori Uchiyama, Hitomi Kobayashi Yamashita, Hiroshi Masuda, Shogo Hirota, Miyuki Takahashi, Tomoko Okano, Satomi Inomata-Terada, Shigeru Sokejima, Eiji Maruyama, Soichi Watanabe, Masao Taki, Chiyoji Ohkubo, and Yoshikazu Ugawa. 2009. "Effects of short-term W-CDMA mobile phone base station exposure on women with or without mobile phone related symptoms." *Bioelectromagnetics* 30 (2):100-113. doi: 10.1002/bem.20446.
- Gálvez, N., B. Fernández, P. Sánchez, R. Cuesta, M. Ceolín, M. Clemente-León, S. Trasobares, M. López-Haro, J. J. Calvino, O. Stéphan, and J. M. Domínguez-Vera. 2008. "Comparative structural and chemical studies of ferritin cores with gradual removal of their iron contents." *Journal of the American Chemical Society* 130 (25):8062-8068. doi: 10.1021/ja800492z.
- Gangi, S., and O. Johansson. 2000. "A theoretical model based upon mast cells and histamine to explain the recently proclaimed sensitivity to electric and/or magnetic fields in humans." *Med Hypotheses* 54 (4):663-71. doi: 10.1054/mehy.1999.0923.
- Gardner, R. M., J. F. Nyland, S. L. Evans, S. B. Wang, K. M. Doyle, C. M. Crainiceanu, and E. K. Silbergeld. 2009. "Mercury induces an unopposed inflammatory response in human peripheral blood mononuclear cells in vitro." *Environmental Health Perspectives* 117 (12):1932-1938. doi: 10.1289/ehp.0900855.
- Gegear, R. J., L. E. Foley, A. Casselman, and S. M. Reppert. 2010. "Animal cryptochromes mediate magnetoreception by an unconventional photochemical mechanism." *Nature* 463 (7282):804-807. doi: 10.1038/nature08719.
- Genuis, S. J., and C. T. Lipp. 2012. "Electromagnetic hypersensitivity: Fact or fiction?" *Science of the Total Environment* 414:103-112. doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.11.008.
- Gesundes-Wohnen-MCS. 2011. MCS Prospekt dritte Auflage. In *Description du projet*.
- Gesundes-Wohnen-MCS. 2015a. Grundrisse und Mieten. In *Plans et loyers*.
- Geuter, S., and C. Buchel. 2013. "Facilitation of pain in the human spinal cord by nocebo treatment." *J Neurosci* 33 (34):13784-90. doi: 10.1523/jneurosci.2191-13.2013.
- Ghezel-Ahmadi, D. 2010b. "Response to Costa et al." *Science of the Total Environment* 408 (20):4921. doi: 10.1016/j.scitotenv.2010.06.044.
- Ghezel-Ahmadi, D., A. Engel, J. Weidemann, L. T. Budnik, X. Baur, U. Frick, S. Hauser, and N. Dahmen. 2010a. "Heavy metal exposure in patients suffering from electromagnetic hypersensitivity." *Science of the Total Environment* 408 (4):774-778. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.11.023.
- Gilbert, Claude. 2003. "La fabrique des risques." *Cahiers internationaux de sociologie* 1/2003 n° 114:55-72. doi: 10.3917/cis.114.0055.
- Girel, M. 2014. *Agnotologie. Mode d'emploi, Critique n° 799, 2014*.
- Goldberg, D. 1992. "General Health Questionnaire (GHQ-12). ." *Windsor, UK: NFER-Nelson 1992*.
- Goldberg, L. R. 1990. "An alternative "description of personality": the big-five factor structure." *J Pers Soc Psychol* 59 (6):1216-29.
- Goldberg, LR. 1993. "The structure of phenotypic personality traits." *Am Psychol* 48(1):26-34.
- Gould, J. L., and K. P. Able. 1981. "Human homing: an elusive phenomenon." *Science* 212 (4498):1061-1063.
- Gräff, J., and I. M. Mansuy. 2008. "Epigenetic codes in cognition and behaviour." *Behavioural Brain Research* 192 (1):70-87. doi: 10.1016/j.bbr.2008.01.021.
- Grafstrom, G., H. Nittby, A. Brun, L. Malmgren, B. R. Persson, L. G. Salford, and J. Eberhardt. 2008. "Histopathological examinations of rat brains after long-term exposure to GSM-900 mobile phone radiation." *Brain Res Bull* 77 (5):257-63. doi: 10.1016/j.brainresbull.2008.08.004.

- Greco, M. 2012. "The classification and nomenclature of 'medically unexplained symptoms': conflict, performativity and critique." *Soc Sci Med* 75 (12):2362-9. doi: 10.1016/j.socscimed.2012.09.010.
- Greville-Harris, M., and P. Dieppe. 2015. "Bad is more powerful than good: the nocebo response in medical consultations." *Am J Med* 128 (2):126-9. doi: 10.1016/j.amjmed.2014.08.031.
- Hagström, M., J. Auranen, and R. Ekman. 2013. "Electromagnetic hypersensitive Finns: Symptoms, perceived sources and treatments, a questionnaire study." *Pathophysiology* 20 (2):117-122. doi: 10.1016/j.pathophys.2013.02.001.
- Hagström, M., J. Auranen, O. Johansson, and R. Ekman. 2012. "Reducing electromagnetic irradiation and fields alleviates experienced health hazards of VDU work." *Pathophysiology* 19 (2):81-87. doi: 10.1016/j.pathophys.2012.01.005.
- Hardell, L., M. Carlberg, F. Söderqvist, K. Hardell, H. Björnfoth, B. Van Bavel, and G. Lindstrom. 2008. "Increased concentrations of certain persistent organic pollutants in subjects with self-reported electromagnetic hypersensitivity-A pilot study." *Electromagnetic Biology and Medicine* 27 (2):197-203. doi: 10.1080/15368370802089053.
- Harlacher, U., and et al. 1998. "Electric Hypersensitivity : An Explanatory Model, Some Characteristics of Sufferers and Effects of Psychological Treatment with Cognitive Behavioural Methods (in Swedish); ." PhD Diss, Lund, University of Lund. .
- Harvey, C. J., P. Gehrman, and C. A. Espie. 2014. "Who is predisposed to insomnia: a review of familial aggregation, stress-reactivity, personality and coping style." *Sleep Med Rev* 18 (3):237-47. doi: 10.1016/j.smrv.2013.11.004.
- Hata, K., H. Yamaguchi, G. Tsurita, S. Watanabe, K. Wake, M. Taki, S. Ueno, and H. Nagawa. 2005. "Short term exposure to 1439 MHz pulsed TDMA field does not alter melatonin synthesis in rats." *Bioelectromagnetics* 26 (1):49-53. doi: 10.1002/bem.20080.
- Hauser, W., E. Hansen, and P. Enck. 2012. "Nocebo phenomena in medicine: their relevance in everyday clinical practice." *Dtsch Arztebl Int* 109 (26):459-65. doi: 10.3238/arztebl.2012.0459.
- Havas, M., J. Marrongelle, B. Pollner, E. Kelley, C.R.G. Rees, and L. Tully. 2010. "Provocation study using heart rate variability shows microwave radiation from DECT phone affects autonomic nervous system." *European Journal of Oncology*.
- Havas, M., and J. Marrongelle. 2013. "Replication of heart rate variability provocation study with 2.4-GHz cordless phone confirms original findings." *Electromagnetic Biology and Medicine* 32 (2):253-266. doi: 10.3109/15368378.2013.776437.
- Havas, M., and J. Marrongelle. 2014. "Statement of retraction: "Replication of heart rate variability provocation study with 2.4-GHz cordless phone confirms original findings" (Electromagnetic Biology and Medicine (2013) 32, 2, (253-66) DOI: 10.3109/15368378.2013.776437)." *Electromagnetic Biology and Medicine* 33 (4):335. doi: 10.3109/15368378.2014.978190.
- Hech, K.; Balzer, HU. 1997. Biologische Wirkungen Elektromagnetischer Felder im Frequenzbereich 0 – 3 GHz auf den Menschen, Studie russischer Literatur von 1960 – 1996. I.S.F. Institut für Stressforschung Forschung und Entwicklung.
- Hedendahl, L., M. Carlberg, and L. Hardell. 2015. "Electromagnetic hypersensitivity-an increasing challenge to the medical profession." *Reviews on Environmental Health* 30 (4):209-215. doi: 10.1515/reveh-2015-0012.
- Heinrich, S., A. Ossig, S. Schlittmeier, and J. Hellbrück. 2007. "Electromagnetic fields of a UMTS mobile phone base station and possible effects on health - Results from an experimental field study." *Umweltmedizin in Forschung und Praxis* 12 (3):171-180.
- Heinrich, S., S. Thomas, C. Heumann, R. von Kries, and K. Radon. 2010. "Association between exposure to radiofrequency electromagnetic fields assessed by dosimetry and acute symptoms in children and adolescents: A population based cross-sectional study." *Environmental Health: A Global Access Science Source*:75. doi: 10.1186/1476-069X-9-75.
- Heinrich, S., S. Thomas, C. Heumann, R. von Kries, and K. Radon. 2011. "The impact of exposure to radio frequency electromagnetic fields on chronic well-being in young people - A cross-sectional study based on personal dosimetry." *Environment International* 37 (1):26-30. doi: 10.1016/j.envint.2010.06.008.
- Heiss, W. D. 2014. "Radionuclide imaging in ischemic stroke." *Journal of Nuclear Medicine* 55 (11):1831-1841. doi: 10.2967/jnumed.114.145003.

- Hetherington, L. H., and J. M. Battershill. 2013. "Review of evidence for a toxicological mechanism of idiopathic environmental intolerance." *Human and Experimental Toxicology* 32 (1):3-17. doi: 10.1177/0960327112457189.
- Hietanen, M., A. M. Hämäläinen, and T. Husman. 2002. "Hypersensitivity Symptoms Associated with Exposure to Cellular Telephones: No Causal Link." *Bioelectromagnetics* 23 (4):264-270. doi: 10.1002/bem.10016.
- Hill, A. B. 1965. "THE ENVIRONMENT AND DISEASE: ASSOCIATION OR CAUSATION?" *Proceedings of the Royal Society of Medicine* 58:295-300.
- Hillert, L. 2004. "Cognitive behavioral therapy for patients who report electrical hypersensitivity" In: *Hansson Mild K, Repacholi M, van Deventer E, Ravazzani P, editors. International Workshop on EMF Hypersensitivity, Prague, Czech Republic 2004. Geneva: WHO Press.*
- Hillert, L., T. Åkerstedt, A. Lowden, C. Wiholm, N. Kuster, S. Ebert, C. Boutry, S. D. Moffat, M. Berg, and B. B. Arnetz. 2008. "The effects of 884 MHz GSM wireless communication signals on headache and other symptoms: An experimental provocation study." *Bioelectromagnetics* 29 (3):185-196. doi: 10.1002/bem.20379.
- Hillert, L., N. Berglind, B. B. Arnetz, and T. Bellander. 2002a. "Prevalence of self-reported hypersensitivity to electric or magnetic fields in a population-based questionnaire survey." *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 28 (1):33-41.
- Hillert, L., B. K. Hedman, B. F. Dölling, and B. B. Arnetz. 1998. "Cognitive behavioural therapy for patients with electric sensitivity - A multidisciplinary approach in a controlled study." *Psychotherapy and Psychosomatics* 67 (6):302-310.
- Hillert, L., B. K. Hedman, E. Söderman, and B. B. Arnetz. 1999. "Hypersensitivity to electricity: Working definition and additional characterization of the syndrome." *Journal of Psychosomatic Research* 47 (5):429-438. doi: 10.1016/S0022-3999(99)00048-3.
- Hillert, L., B. Kolmodin-Hedman, P. Eneroth, and B. B. Arnetz. 2001. "The effect of supplementary antioxidant therapy in patients who report hypersensitivity to electricity: a randomized controlled trial." *MedGenMed : Medscape general medicine* 3 (2):11.
- Hillert, L., P. Savlin, A. L. Berg, A. Heidenberg, and B. Kolmodin-Hedman. 2002b. "Environmental illness - Effectiveness of a salutogenic group-intervention programme." *Scandinavian Journal of Public Health* 30 (3):166-175. doi: 10.1080/14034940210133852.
- Hocking, B. 1998. "Preliminary report: Symptoms associated with mobile phone use." *Occupational Medicine* 48 (6):357-360. doi: 10.1093/occmed/48.6.357.
- Homberg, J. R., and K. P. Lesch. 2011. "Looking on the bright side of serotonin transporter gene variation." *Biol Psychiatry* 69 (6):513-9. doi: 10.1016/j.biopsych.2010.09.024.
- Homberg, J. R., D. Schubert, E. Asan, and E. N. Aron. 2016. "Sensory processing sensitivity and serotonin gene variance: Insights into mechanisms shaping environmental sensitivity." *Neurosci Biobehav Rev* 71:472-483. doi: 10.1016/j.neubiorev.2016.09.029.
- Huss, A., M. Murbach, I. van Moorselaar, N. Kuster, R. van Strien, H. Kromhout, R. Vermeulen, and P. Slottje. 2016. "Novel exposure Units for at-home personalized testing of electromagnetic sensibility." *Bioelectromagnetics* 37 (1):62-68. doi: 10.1002/bem.21943.
- Huss, A., and M. Rösli. 2006. "Consultations in primary care for symptoms attributed to electromagnetic fields - A survey among general practitioners." *BMC Public Health* 6. doi: 10.1186/1471-2458-6-267.
- Hutter, H. P., H. Moshhammer, P. Wallner, M. Cartellieri, D. M. Denk-Linnert, M. Katzinger, K. Ehrenberger, and M. Kundi. 2010. "Tinnitus and mobile phone use." *Occupational and Environmental Medicine* 67 (12):804-808. doi: 10.1136/oem.2009.048116.
- Hutter, H. P., H. Moshhammer, P. Wallner, and M. Kundi. 2006. "Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations." *Occup Environ Med* 63 (5):307-13. doi: 10.1136/oem.2005.020784.
- Icnirp. 1998. "Icnirp guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)." *Health Physics* 74 (4):494-522.
- Icnirp. 2002. "General approach to protection against non- ionizing radiation protection." *Health Physics* 82(4):540-548.
- Icnirp. 2003. *Exposure to Static and Low Frequency Electromagnetic Fields, Biological Effects and Health Consequences (0-100 kHz) - Review of the Scientific Evidence and Health Consequences.*

- Icnirp. 2010. "ICNIRP GUIDELINES for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1Hz - 100 kHz) " *Health Physics* 99(6) : 818-836.
- Inserm. 2004. *Expertise collective Inserm. Psychothérapies : Trois approches évaluées.*
- IPCS/WHO, International Programme on Chemical Safety/World Health Organization. 1996. "Conclusions and recommendations of a workshop on multiple chemical sensitivities (MCS)." *Regulatory Toxicology Pharmacology* 2 4: S188-S189.
- Irlenbusch, L., B. Bartsch, J. Cooper, I. Herget, B. Marx, J. Raczek, and F. Thoss. 2007. "Influence of a 902.4 MHz GSM signal on the human visual system: investigation of the discrimination threshold." *Bioelectromagnetics* 28 (8):648-54. doi: 10.1002/bem.20344.
- Irvine, N. 2005b. Definition, Epidemiology and Management of Electrical Sensitivity - Report for the Radiation Protection Division of the Health Protection Agency edited by HPA-RPD-010: HPA.
- Jagiellowicz, J., X. Xu, A. Aron, E. Aron, G. Cao, T. Feng, and X. Weng. 2011. "The trait of sensory processing sensitivity and neural responses to changes in visual scenes." *Soc Cogn Affect Neurosci* 6 (1):38-47. doi: 10.1093/scan/nsq001.
- Jastreboff, P. J., and J. W. P. azell. 1993. "A neurophysiological approach to tinnitus: Clinical implications." *British Journal of Audiology* 27 (1):7-17. doi: 10.3109/03005369309077884.
- Jensen, K. B., R. Loitole, E. Kosek, F. Petzke, S. Carville, P. Fransson, H. Marcus, S. C. Williams, E. Choy, Y. Mainguy, O. Vitton, R. H. Gracely, R. Gollub, M. Ingvar, and J. Kong. 2012. "Patients with fibromyalgia display less functional connectivity in the brain's pain inhibitory network." *Mol Pain* 8:32. doi: 10.1186/1744-8069-8-32.
- Jirtle, R. L., and M. K. Skinner. 2007. "Environmental epigenomics and disease susceptibility." *Nature Reviews Genetics* 8 (4):253-262. doi: 10.1038/nrg2045.
- Johansson, A., S. Forsgren, B. Stenberg, J. Wilén, N. Kalezic, and M. Sandström. 2008. "No effect of mobile phone-like RF exposure on patients with atopic dermatitis." *Bioelectromagnetics* 29 (5):353-362. doi: 10.1002/bem.20402.
- Johansson, A., S. Nordin, M. Heiden, and M. Sandström. 2010. "Symptoms, personality traits, and stress in people with mobile phone-related symptoms and electromagnetic hypersensitivity." *Journal of Psychosomatic Research* 68 (1):37-45. doi: 10.1016/j.jpsychores.2009.06.009.
- Johansson, O. 2006. "Electrohypersensitivity: state-of-the-art of a functional impairment." *Electromagn Biol Med* 25 (4):245-58. doi: 10.1080/15368370601044150.
- Johansson, O. 2009. "Disturbance of the immune system by electromagnetic fields-A potentially underlying cause for cellular damage and tissue repair reduction which could lead to disease and impairment." *Pathophysiology* 16 (2-3):157-77. doi: 10.1016/j.pathophys.2009.03.004.
- Johansson, O., S. Gangi, Y. Liang, K. Yoshimura, C. Jing, and P. Y. Liu. 2001. "Cutaneous mast cells are altered in normal healthy volunteers sitting in front of ordinary TVs/PCs--results from open-field provocation experiments." *J Cutan Pathol* 28 (10):513-9.
- Johns, M. W. 1991. "A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale." *Sleep* 14 (6):540-5.
- Johnson, J. V., and E. M. Hall. 1988. "Job strain, work place social support, and cardiovascular disease: a cross-sectional study of a random sample of the Swedish working population." *Am J Public Health* 78 (10):1336-42.
- Kantz, J., J. Müller, K. P. Hadeler, F. M. Landstorfer, and F. Lang. 2005. "Insensitivity of cardiovascular function to low power cm-/mm-microwaves." *International Journal of Environmental Health Research* 15 (3):207-215. doi: 10.1080/09603120500105695.
- Kasser, Ueli , and Daniel Savi. 2013. Baustofftests für MCS Kranke. In *Tests des matériaux par des sujets MCS.*
- Kato, Y., and O. Johansson. 2012. "Reported functional impairments of electrohypersensitive Japanese: A questionnaire survey." *Pathophysiology* 19 (2):95-100. doi: 10.1016/j.pathophys.2012.02.002.
- Kelfkens, G., C. Baliatsas, J. Bolte, and I. Van Kamp. 2012. "ECOLOG based estimation of exposure to mobile phone base stations in the Netherlands." In: *Proceedings: 7th International Workshop on Biological Effects of EMF. Electromagnetic Research Group (EMRG), Valletta, ISBN 978-99957-0-361-5.*

- Keltner, J. R., A. Furst, C. Fan, R. Redfern, B. Inglis, and H. L. Fields. 2006. "Isolating the modulatory effect of expectation on pain transmission: a functional magnetic resonance imaging study." *J Neurosci* 26 (16):4437-43. doi: 10.1523/jneurosci.4463-05.2006.
- Kety, S. S., and C. F. Schmidt. 1948. "The Effects of Altered Arterial Tensions of Carbon Dioxide and Oxygen on Cerebral Blood Flow and Cerebral Oxygen Consumption of Normal Young Men." *J Clin Invest* 27 (4):484-92.
- Kim, D. W., J. L. Choi, K. C. Nam, D. I. Yang, and M. K. Kwon. 2012. "Origins of electromagnetic hypersensitivity to 60 Hz magnetic fields: A provocation study." *Bioelectromagnetics* 33 (4):326-33. doi: 10.1002/bem.20711.
- Kim, S. K., J. L. Choi, M. K. Kwon, J. Y. Choi, and D. W. Kim. 2013. "Effects of 60 Hz magnetic fields on teenagers and adults." *Environmental Health: A Global Access Science Source* 12 (1). doi: 10.1186/1476-069X-12-42.
- Kirschvink, J. L., A. Kobayashi-Kirschvink, and B. J. Woodford. 1992. "Magnetite biomineralization in the human brain." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 89 (16):7683-7687.
- Knave, B. 1994. "Electric and magnetic fields and health outcomes - An overview." *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 20 (SPEC. ISS.):78-89.
- Knave, B. G., R. I. Wibom, M. Voss, L. D. Hedstrom, and U. O. Bergqvist. 1985. "Work with video display terminals among office employees. I. Subjective symptoms and discomfort." *Scand J Work Environ Health* 11 (6):457-66.
- Ko, C. H., and J. S. Takahashi. 2006. "Molecular components of the mammalian circadian clock." *Human Molecular Genetics* 15 (SUPPL. 2). doi: 10.1093/hmg/ddl207.
- Koivisto, M., C. M. Krause, A. Revonsuo, M. Laine, and H. Hämäläinen. 2000b. "The effects of electromagnetic field emitted by GSM phones on working memory." *NeuroReport* 11 (8):1641-1643.
- Koivisto, M., A. Revonsuo, C. Krause, C. Haarala, L. Sillanmäki, M. Laine, and H. Hämäläinen. 2000a. "Effects of 902 MHz electromagnetic field emitted by cellular telephones on response times in humans." *NeuroReport* 11 (2):413-415.
- Kolk, A. M., G. J. F. P. Hanewald, S. Schagen, and C. M. T. Gijssbers Van Wijk. 2003. "A symptom perception approach to common physical symptoms." *Social Science and Medicine* 57 (12):2343-2354. doi: 10.1016/S0277-9536(02)00451-3.
- Korpinen, L. H., and R. J. Pääkkönen. 2009b. "Self-report of physical symptoms associated with using mobile phones and other electrical devices." *Bioelectromagnetics* 30 (6):431-437. doi: 10.1002/bem.20500.
- Koteles, F., and G. Bardos. 2009. "[Perceptual characteristics of drugs and their potential effects]." *Psychiatr Hung* 24 (4):282-95.
- Köteles, F., R. Szemerszky, M. Gubányi, J. Körmendi, C. Szekrényesi, R. Lloyd, L. Molnár, O. Drozdovszky, and G. Bárdos. 2013a. "Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF) and electrosensitivity (ES) - Are they connected?" *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 216 (3):362-370. doi: 10.1016/j.ijheh.2012.05.007.
- Kowalczyk, Christine, Gemma Yarwood, Roger Blackwell, Marisa Priestner, Zenon Sienkiewicz, Simon Bouffler, Iftekhar Ahmed, Raed Abd-Alhameed, Peter Excell, Vildana Hodzic, Christopher Davis, Robert Gammon, and Quirino Balzano. 2010. "Absence of nonlinear responses in cells and tissues exposed to RF energy at mobile phone frequencies using a doubly resonant cavity." *Bioelectromagnetics* 31 (7):556-565. doi: 10.1002/bem.20597.
- Kowall, B., J. Breckenkamp, and G. Berg-Beckhoff. 2015. "General practitioners using complementary and alternative medicine differ from general practitioners using conventional medicine in their view of the risks of electromagnetic fields: A postal survey from Germany." *Journal of Primary Care and Community Health* 6 (1):21-28. doi: 10.1177/2150131914546332.
- Kowall, B., J. Breckenkamp, M. Blettner, B. Schlehofer, J. Schüz, and G. Berg-Beckhoff. 2012. "Determinants and stability over time of perception of health risks related to mobile phone base stations." *International Journal of Public Health* 57 (4):735-743. doi: 10.1007/s00038-011-0310-4.
- Kowall, B., J. Breckenkamp, K. Heyer, and G. Berg-Beckhoff. 2010. "German wide cross sectional survey on health impacts of electromagnetic fields in the view of general practitioners." *International Journal of Public Health* 55 (5):507-512. doi: 10.1007/s00038-009-0110-2.

- Koyama, T., J. G. McHaffie, P. J. Laurienti, and R. C. Coghill. 2005. "The subjective experience of pain: where expectations become reality." *Proc Natl Acad Sci U S A* 102 (36):12950-5. doi: 10.1073/pnas.0408576102.
- Kühnlein, A., C. Heumann, S. Thomas, S. Heinrich, and K. Radon. 2009. "Personal exposure to MobilE communication networks and well-being in children—a statistical analysis based on a functional approach." *Bioelectromagnetics* 30 (4):261-269. doi: 10.1002/bem.20477.
- Kundi, M., and H. P. Hutter. 2009. "Mobile phone base stations—Effects on wellbeing and health." *Pathophysiology* 16 (2-3):123-35. doi: 10.1016/j.pathophys.2009.01.008.
- Kuribayashi, M., J. Wang, O. Fujiwara, Y. Doi, K. Nabae, S. Tamano, T. Ogiso, M. Asamoto, and T. Shirai. 2005. "Lack of effects of 1439 MHz electromagnetic near field exposure on the blood-brain barrier in immature and young rats." *Bioelectromagnetics* 26 (7):578-88. doi: 10.1002/bem.20138.
- Kwon, M. K., J. Y. Choi, S. K. Kim, T. K. Yoo, and D. W. Kim. 2012b. "Effects of radiation emitted by WCDMA mobile phones on electromagnetic hypersensitive subjects." *Environmental Health: A Global Access Science Source* 11 (1). doi: 10.1186/1476-069X-11-69.
- Kwon, M. K., S. K. Kim, J. M. Koo, J. Y. Choi, and D. W. Kim. 2012c. "EHS subjects do not perceive RF EMF emitted from smart phones better than non-EHS subjects." *Conference proceedings : ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Conference 2012*:2190-2193.
- Kwon, M. K., K. C. Nam, S. Lee, K. H. Jang, and D. W. Kim. 2011. "Effects of RF fields emitted from smart phones on cardio-respiratory parameters: a preliminary provocation study." *Conference proceedings : ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Conference 2011*:1961-1964.
- Kwon, M. S., M. Koivisto, M. Laine, and H. Hamalainen. 2008. "Perception of the electromagnetic field emitted by a mobile phone." *Bioelectromagnetics* 29 (2):154-9. doi: 10.1002/bem.20375.
- Kwon, M. S., V. Vorobyev, S. Kännälä, M. Laine, J. O. Rinne, T. Toivonen, J. Johansson, M. Teräs, J. Joutsa, L. Tuominen, H. Lindholm, T. Alanko, and H. Hämäläinen. 2012a. "No effects of short-term GSM mobile phone radiation on cerebral blood flow measured using positron emission tomography." *Bioelectromagnetics* 33 (3):247-256. doi: 10.1002/bem.20702.
- Lambrozo, J., M. Souques, F. Bourg, X. Guillaume, and A. Perrin. 2013a. "French general practitioners and electromagnetic fields." *Presse Medicale* 42 (5). doi: 10.1016/j.lpm.2012.09.026.
- Lambrozo, Jacques, Martine Souques, Fabrice Bourg, Xavier Guillaume, and Anne Perrin. 2013b. "Les médecins généralistes français face aux champs électromagnétiques." *La Presse Médicale* 42 (5):e133-e143. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lpm.2012.09.026>.
- Lamech, F. 2014. "Self-reporting of symptom development from exposure to radiofrequency fields of wireless smart meters in Victoria, Australia: A case series." *Alternative Therapies in Health and Medicine* 20 (6):28-39.
- Landgrebe, M., W. Barta, K. Rosengarth, U. Frick, S. Hauser, B. Langguth, R. Rutschmann, M. W. Greenlee, G. Hajak, and P. Eichhammer. 2008a. "Neuronal correlates of symptom formation in functional somatic syndromes: A fMRI study." *NeuroImage* 41 (4):1336-1344. doi: 10.1016/j.neuroimage.2008.04.171.
- Landgrebe, M., U. Frick, S. Hauser, G. Hajak, and B. Langguth. 2009. "Association of tinnitus and electromagnetic hypersensitivity: Hints for a shared pathophysiology?" *PLoS ONE* 4 (3). doi: 10.1371/journal.pone.0005026.
- Landgrebe, M., U. Frick, S. Hauser, B. Langguth, R. Rosner, G. Hajak, and P. Eichhammer. 2008b. "Cognitive and neurobiological alterations in electromagnetic hypersensitive patients: Results of a case-control study." *Psychological Medicine* 38 (12):1781-1791. doi: 10.1017/S0033291708003097.
- Landgrebe, M., S. Hauser, B. Langguth, U. Frick, G. Hajak, and P. Eichhammer. 2007. "Altered cortical excitability in subjectively electrosensitive patients: Results of a pilot study." *Journal of Psychosomatic Research* 62 (3):283-288. doi: 10.1016/j.jpsychores.2006.11.007.
- Leitgeb, N., and J. Schröttner. 2002. "Electric current perception study challenges electric safety limits." *J Med Eng Technol* 26 (4):168-72. doi: 10.1080/03091900210156878.
- Leitgeb, N., and J. Schröttner. 2003. "Electrosensibility and electromagnetic hypersensitivity." *Bioelectromagnetics* 24 (6):387-94. doi: 10.1002/bem.10138.

- Leitgeb, N., J. Schröttner, and M. Bohm. 2005. "Does "electromagnetic pollution" cause illness? An inquiry among Austrian general practitioners." *Wien Med Wochenschr* 155 (9-10):237-41.
- Leitgeb, Norbert, Jörg Schröttner, Roman Cech, and Reinhold Kerbl. 2008. "EMF-protection sleep study near mobile phone base stations." *Somnologie - Schlafforschung und Schlafmedizin* 12 (3):234-243. doi: 10.1007/s11818-008-0353-9.
- Leloup, J. C., and A. Goldbeter. 2008. "Modeling the circadian clock: From molecular mechanism to physiological disorders." *BioEssays* 30 (6):590-600. doi: 10.1002/bies.20762.
- Lerchl, A., H. Kruger, M. Niehaus, J. R. Streckert, A. K. Bitz, and V. Hansen. 2008. "Effects of mobile phone electromagnetic fields at nonthermal SAR values on melatonin and body weight of Djungarian hamsters (*Phodopus sungorus*)." *J Pineal Res* 44 (3):267-72. doi: 10.1111/j.1600-079X.2007.00522.x.
- Leung, S., R. J. Croft, R. J. McKenzie, S. Iskra, B. Silber, N. R. Cooper, B. O'Neill, V. Cropley, A. Diaz-Trujillo, D. Hamblin, and D. Simpson. 2011. "Effects of 2G and 3G mobile phones on performance and electrophysiology in adolescents, young adults and older adults." *Clin Neurophysiol* 122 (11):2203-16. doi: 10.1016/j.clinph.2011.04.006.
- Levallois, P., R. Neutra, G. Lee, and L. Hristova. 2002. "Study of self-reported hypersensitivity to electromagnetic fields in California." *Environmental Health Perspectives* 110 Suppl 4:619-623.
- Levenstein, S., C. Prantera, V. Varvo, M. L. Scribano, E. Berto, C. Luzi, and A. Andreoli. 1993. "Development of the perceived stress questionnaire: A new tool for psychosomatic research." *Journal of Psychosomatic Research* 37 (1):19-32. doi: 10.1016/0022-3999(93)90120-5.
- Lewczuk, B., G. Redlarski, A. Zak, N. Ziolkowska, B. Przybylska-Gornowicz, and M. Krawczuk. 2014. "Influence of electric, magnetic, and electromagnetic fields on the circadian system: current stage of knowledge." *Biomed Res Int* 2014:169459. doi: 10.1155/2014/169459.
- Linden, V., and S. Rolfsen. 1981. "Video computer terminals and occupational dermatitis." *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 7 (1):62-64.
- Lonne-Rahm, S., B. Andersson, L. Melin, M. Schultzberg, B. Arnetz, and M. Berg. 2000. "Provocation with stress and electricity of patients with "sensitivity to electricity"." *J Occup Environ Med* 42 (5):512-6.
- Loughran, S. P., R. J. McKenzie, M. L. Jackson, M. E. Howard, and R. J. Croft. 2012. "Individual differences in the effects of mobile phone exposure on human sleep: rethinking the problem." *Bioelectromagnetics* 33 (1):86-93. doi: 10.1002/bem.20691.
- Lowden, A., T. Akerstedt, M. Ingre, C. Wiholm, L. Hillert, N. Kuster, J. P. Nilsson, and B. Arnetz. 2011. "Sleep after mobile phone exposure in subjects with mobile phone-related symptoms." *Bioelectromagnetics* 32 (1):4-14. doi: 10.1002/bem.20609.
- Lower, B. H., and D. A. Bazylinski. 2013. "The bacterial magnetosome: A unique prokaryotic organelle." *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology* 23 (1-2):63-80. doi: 10.1159/000346543.
- Lundgren-Nilsson, A., I. H. Jonsdottir, J. Pallant, and G. Ahlberg. 2012. "Internal construct validity of the Shirom-Melamed Burnout Questionnaire (SMBQ)." *BMC Public Health* 12 (1). doi: 10.1186/1471-2458-12-1.
- Lyskov, E., M. Sandström, and K. Hansson Mild. 2001b. "Neurophysiological study of patients with perceived 'electrical hypersensitivity'." *International Journal of Psychophysiology* 42 (3):233-241. doi: 10.1016/S0167-8760(01)00141-6.
- Lyskov, E., M. Sandström, and K. H. Mild. 2001a. "Provocation study of persons with perceived electrical hypersensitivity and controls using magnetic field exposure and recording of electrophysiological characteristics." *Bioelectromagnetics* 22 (7):457-462. doi: 10.1002/bem.73.
- Maaroufi, K., L. Had-Aissouni, C. Melon, M. Sakly, H. Abdelmelek, B. Poucet, and E. Save. 2014. "Spatial learning, monoamines and oxidative stress in rats exposed to 900 MHz electromagnetic field in combination with iron overload." *Behav Brain Res* 258:80-9. doi: 10.1016/j.bbr.2013.10.016.
- Maeda, K., A. J. Robinson, K. B. Henbest, H. J. Hogben, T. Biskup, M. Ahmad, E. Schleicher, S. Weber, C. R. Timmel, and P. J. Hore. 2012. "Magnetically sensitive light-induced reactions in cryptochrome are consistent with its proposed role as a magnetoreceptor." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109 (13):4774-4779. doi: 10.1073/pnas.1118959109.
- Maher, B. A., I. A. Ahmed, V. Karloukovski, D. A. MacLaren, P. G. Foulds, D. Allsop, D. M. Mann, R. Torres-Jardon, and L. Calderon-Garciduenas. 2016. "Magnetite pollution nanoparticles in the human brain." *Proc Natl Acad Sci U S A* 113 (39):10797-801. doi: 10.1073/pnas.1605941113.

- Marazziti, D. 2017. "Understanding the role of serotonin in psychiatric diseases." *F1000Res* 6:180. doi: 10.12688/f1000research.10094.1.
- Marchi, N., J. J. Bazarian, V. Puvenna, M. Janigro, C. Ghosh, J. Zhong, T. Zhu, E. Blackman, D. Stewart, J. Ellis, R. Butler, and D. Janigro. 2013. "Consequences of Repeated Blood-Brain Barrier Disruption in Football Players." *PLoS ONE* 8 (3). doi: 10.1371/journal.pone.0056805.
- Marino, A. A., S. Carrubba, and D. E. McCarty. 2012. "Response to letter to the editor concerning "Electromagnetic hypersensitivity: Evidence for a novel neurological syndrome"." *International Journal of Neuroscience* 122 (7):402-403. doi: 10.3109/00207454.2011.648764.
- Markovà, E., L. Hillert, L. Malmgren, B. R. R. Persson, and I. Y. Belyaev. 2005. "Microwaves from GSM mobile telephones affect 53BP1 and γ -H2AX foci in human lymphocytes from hypersensitive and healthy persons." *Environmental Health Perspectives* 113 (9):1172-1177. doi: 10.1289/ehp.7561.
- Masuda, H., S. Hirota, A. Ushiyama, A. Hirata, T. Arima, H. Kawai, K. Wake, S. Watanabe, M. Taki, A. Nagai, and C. Ohkubo. 2015b. "No Dynamic Changes in Blood-brain Barrier Permeability Occur in Developing Rats During Local Cortex Exposure to Microwaves." *In Vivo* 29 (3):351-7.
- Masuda, H., S. Hirota, A. Ushiyama, A. Hirata, T. Arima, H. Watanabe, K. Wake, S. Watanabe, M. Taki, A. Nagai, and C. Ohkubo. 2015a. "No changes in cerebral microcirculatory parameters in rat during local cortex exposure to microwaves." *In Vivo* 29 (2):207-15.
- Masuda, H., A. Ushiyama, S. Hirota, K. Wake, S. Watanabe, Y. Yamanaka, M. Taki, and C. Ohkubo. 2007a. "Effects of acute exposure to a 1439 MHz electromagnetic field on the microcirculatory parameters in rat brain." *In Vivo* 21 (4):555-62.
- Masuda, H., A. Ushiyama, S. Hirota, K. Wake, S. Watanabe, Y. Yamanaka, M. Taki, and C. Ohkubo. 2007b. "Effects of subchronic exposure to a 1439 MHz electromagnetic field on the microcirculatory parameters in rat brain." *In Vivo* 21 (4):563-70.
- Masuda, H., A. Ushiyama, M. Takahashi, J. Wang, O. Fujiwara, T. Hikage, T. Nojima, K. Fujita, M. Kudo, and C. Ohkubo. 2009. "Effects of 915 MHz electromagnetic-field radiation in TEM cell on the blood-brain barrier and neurons in the rat brain." *Radiation Research* 172 (1):66-73. doi: 10.1667/RR1542.1.
- McCarty, D. E., S. Carrubba, A. L. Chesson, C. Frilot, E. Gonzalez-Toledo, and A. A. Marino. 2011. "Electromagnetic hypersensitivity: Evidence for a novel neurological syndrome." *International Journal of Neuroscience* 121 (12):670-676. doi: 10.3109/00207454.2011.608139.
- McQuade, J. M., J. H. Merritt, S. A. Miller, T. Scholin, M. C. Cook, A. Salazar, O. B. Rahimi, M. R. Murphy, and P. A. Mason. 2009. "Radiofrequency-radiation exposure does not induce detectable leakage of albumin across the blood-brain barrier." *Radiat Res* 171 (5):615-21. doi: 10.1667/rr1507.1.
- MEDDE. 2014. Bilan de la campagne de mesures réalisées en 2014.
- Meg Tseng, M. C., Y. P. Lin, and T. J. Cheng. 2011a. "Prevalence and psychiatric comorbidity of self-reported electromagnetic field sensitivity in Taiwan: A population-based study." *Journal of the Formosan Medical Association* 110 (10):634-641. doi: 10.1016/j.jfma.2011.08.005.
- Meg Tseng, M. C., Y. P. Lin, and T. J. Cheng. 2011b. "Prevalence and psychiatric comorbidity of self-reported electromagnetic field sensitivity in Taiwan: a population-based study." *J Formos Med Assoc* 110 (10):634-41. doi: 10.1016/j.jfma.2011.08.005.
- Meg Tseng, M. C., Y. P. Lin, F. C. Hu, and T. J. Cheng. 2013. "Risks Perception of Electromagnetic Fields in Taiwan: The Influence of Psychopathology and the Degree of Sensitivity to Electromagnetic Fields." *Risk Analysis* 33 (11):2002-2012. doi: 10.1111/risa.12041.
- Melamed, S., T. Kushnir, A. Shirom, and S. Melamed. 1992. "Burnout and risk factors for cardiovascular diseases." *Behavioral Medicine* 18 (2):53-60. doi: 10.1080/08964289.1992.9935172.
- Melzack, R. 1999. "From the gate to the neuromatrix." *Pain Suppl* 6:S121-6.
- Mild, KH., G Oftedal, M Sandström, and et al. 1998. *Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones; a Swedish-Norwegian epidemiological study, Solna, Sweden: National Institute of Working Life, 1998 [Report No.: 1998:23].*
- Mild, KH., M Repacholi, E van Deventer, and P Ravazzanni. 2006. *Electromagnetic hypersensitivity, ed. OMS, .*
- Miller, C. S. 1997. "Toxicant-induced loss of tolerance - An emerging theory of disease?" *Environmental Health Perspectives* 105 (SUPPL. 2):445-453.

- Miller, C. S., and T. J. Prihoda. 1999. "The Environmental Exposure and Sensitivity Inventory (EESI): a standardized approach for measuring chemical intolerances for research and clinical applications." *Toxicol Ind Health* 15 (3-4):370-85. doi: 10.1177/074823379901500311.
- Mirabel-Sarron, C. 2013. *Soigner la dépression avec les thérapies comportementales et cognitives, 2013, Ed. Dunod.*
- Mirabel-Sarron, C. . 2015. *L'entretien en thérapies comportementales et cognitive 4ème édition 2015, Ed. Dunod.*
- Miro, L. 1960. apport sur les troubles cliniques et les modifications hématologiques observées sur le personnel de la base radar, soumis aux ondes ultra-courtes. Rapport interne de l'Armée de l'Air.
- Mizuno, Y., Y. Moriguchi, T. Hikage, Y. Terao, T. Ohnishi, T. Nojima, and Y. Ugawa. 2009. "Effects of W-CDMA 1950 MHz EMF emitted by mobile phones on regional cerebral blood flow in humans." *Bioelectromagnetics* 30 (7):536-544. doi: 10.1002/bem.20508.
- Mollasadeghi, A., A. H. Mehrparvar, S. Atighechi, M. H. Davari, P. Shokouh, M. Mostaghaci, and M. Bahaloo. 2013. "Sensorineural hearing loss after magnetic resonance imaging." *Case Rep Radiol* 2013:510258. doi: 10.1155/2013/510258.
- Montagne, A., S. R. Barnes, M. D. Sweeney, M. R. Halliday, A. P. Sagare, Z. Zhao, A. W. Toga, R. E. Jacobs, C. Y. Liu, L. Amezcua, M. G. Harrington, H. C. Chui, M. Law, and B. V. Zlokovic. 2015. "Blood-brain barrier breakdown in the aging human hippocampus." *Neuron* 85 (2):296-302. doi: 10.1016/j.neuron.2014.12.032.
- Moore, S. R., and R. A. Depue. 2016. "Neurobehavioral foundation of environmental reactivity." *Psychol Bull* 142 (2):107-64. doi: 10.1037/bul0000028.
- Mortazavi, S. M., M. Atefi, and F. Kholghi. 2011b. "The pattern of mobile phone use and prevalence of self-reported symptoms in elementary and junior high school students in shiraz, iran." *Iran J Med Sci* 36 (2):96-103.
- Mortazavi, S. M. J., A. Mahbudi, M. Atefi, S. Bagheri, N. Bahaedini, and A. Besharati. 2011a. "An old issue and a new look: Electromagnetic hypersensitivity caused by radiations emitted by GSM mobile phones." *Technology and Health Care* 19 (6):435-443. doi: 10.3233/THC-2011-0641.
- Mueller, C. H., H. Krueger, and C. Schierz. 2002. "Project NEMESIS: perception of a 50 Hz electric and magnetic field at low intensities (laboratory experiment)." *Bioelectromagnetics* 23 (1):26-36.
- Mueller, Christopher H., and Christoph Schierz. 2002. "Reply to comment by Lawrence N. Dworsky, Ph.D., on "Project NEMESIS: Perception of 50 Hz electric and magnetic field at low intensities (laboratory experiment)"." *Bioelectromagnetics* 23 (7):555-555. doi: 10.1002/bem.10065.
- Munch, M., and V. Bromundt. 2012. "Light and chronobiology: implications for health and disease." *Dialogues Clin Neurosci* 14 (4):448-53.
- Mutter, J., J. Naumann, H. Walach, and F. Daschner. 2005. "Amalgam risk assessment with coverage of references up to 2005." *Gesundheitswesen* 67 (3):204-216. doi: 10.1055/s-2005-857962.
- Nam, K. C., S. W. Kim, S. C. Kim, and D. W. Kim. 2006. "Effects of RF exposure of teenagers and adults by CDMA cellular phones." *Bioelectromagnetics* 27 (7):509-514. doi: 10.1002/bem.20229.
- Nam, K. C., J. H. Lee, H. W. Noh, E. J. Cha, N. H. Kim, and D. W. Kim. 2009. "Hypersensitivity to RF fields emitted from CDMA cellular phones: A provocation study." *Bioelectromagnetics* 30 (8):641-650. doi: 10.1002/bem.20518.
- Napadow, V., J. Kim, D. J. Clauw, and R. E. Harris. 2012. "Decreased intrinsic brain connectivity is associated with reduced clinical pain in fibromyalgia." *Arthritis and Rheumatism* 64 (7):2398-2403. doi: 10.1002/art.34412.
- Němec, P., J. Altmann, S. Marhold, H. Burda, and H. H. A. Oelschläger. 2001. "Neuroanatomy of magnetoreception: The superior colliculus involved in magnetic orientation in a mammal." *Science* 294 (5541):366-368. doi: 10.1126/science.1063351.
- Neubauer, C., A. M. Phelan, H. Kues, and D. G. Lange. 1990. "Microwave irradiation of rats at 2.45 GHz activates pinocytotic-like uptake of tracer by capillary endothelial cells of cerebral cortex." *Bioelectromagnetics* 11 (4):261-268. doi: 10.1002/bem.2250110402.
- Nieto-Hernandez, R., J. Williams, A. J. Cleare, S. Landau, S. Wessely, and G. J. Rubin. 2011. "Can exposure to a terrestrial trunked radio (TETRA)-like signal cause symptoms? A randomised double-blind provocation study." *Occup Environ Med* 68 (5):339-44. doi: 10.1136/oem.2010.055889.

- Nilsen, A. 1982. "Facial rash in visual display unit operators." *Contact Dermatitis* 8 (1):25-28.
- Nittby, H., A. Brun, J. Eberhardt, L. Malmgren, B. R. Persson, and L. G. Salford. 2009. "Increased blood-brain barrier permeability in mammalian brain 7 days after exposure to the radiation from a GSM-900 mobile phone." *Pathophysiology* 16 (2-3):103-12. doi: 10.1016/j.pathophys.2009.01.001.
- Nordin, S., G. Neely, D. Olsson, and M. Sandström. 2014. "Odor and noise intolerance in persons with self-reported electromagnetic hypersensitivity." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 11 (9):8794-8805. doi: 10.3390/ijerph110908794.
- Nowak, N. T., M. P. Diamond, S. J. Land, and S. D. Moffat. 2014. "Contributions of sex, testosterone, and androgen receptor CAG repeat number to virtual Morris water maze performance." *Psychoneuroendocrinology* 41:13-22. doi: 10.1016/j.psyneuen.2013.12.003.
- O'Neill, P. 2013. "Magnetoreception and baroreception in birds." *Development Growth and Differentiation* 55 (1):188-197. doi: 10.1111/dgd.12025.
- Oftedal, G. 2012. "Are some people hypersensitive to electromagnetic fields ?" *Systematic review of scientific studies. EMF Spectrum 2012*.
- Oftedal, G., A. Straume, A. Johnsson, and L. J. Stovner. 2007. "Mobile phone headache: A double blind, sham-controlled provocation study." *Cephalalgia* 27 (5):447-455. doi: 10.1111/j.1468-2982.2007.01336.x.
- Olesen, J. 1971. "Contralateral focal increase of cerebral blood flow in man during arm work." *Brain* 94 (4):635-46.
- Olshansky, B. 2007. "Placebo and nocebo in cardiovascular health: implications for healthcare, research, and the doctor-patient relationship." *J Am Coll Cardiol* 49 (4):415-21. doi: 10.1016/j.jacc.2006.09.036.
- OMS. 2006. "Electromagnetic Hypersensitivity. Proceedings International Workshop on EMF Hypersensitivity." Prague, Czech Republic. October 25-27, 2004. .
- Oreskes, N. , and E. M. Conway. 2012. *Les Marchands de doute. Comment une poignée de scientifiques ont masqué la vérité sur des enjeux de société tels que le tabagisme et le réchauffement climatique, Paris, Le Pommier, 2012.*
- Oscar, K. J., and T. D. Hawkins. 1977. "Microwave alteration of the blood-brain barrier system of rats." *Brain Research* 126 (2):281-293. doi: 10.1016/0006-8993(77)90726-0.
- Ouillon, A. 2014. Electrosensibilité : le rapport médecins-profanes à l'épreuve d'une pathologie environnementale. In *Philosophy*.
- Ozgur, E., G. Guler, and N. Seyhan. 2010. "Mobile phone radiation-induced free radical damage in the liver is inhibited by the antioxidants N-acetyl cysteine and epigallocatechin-gallate." *Int J Radiat Biol* 86 (11):935-45. doi: 10.3109/09553002.2010.496029.
- Pace-Schott, E. F., and R. M. C. Spencer. 2011. Age-related changes in the cognitive function of sleep. In *Progress in Brain Research*.
- Pall, M. L. 2013. "Electromagnetic fields act via activation of voltage-gated calcium channels to produce beneficial or adverse effects." *Journal of Cellular and Molecular Medicine* 17 (8):958-965. doi: 10.1111/jcmm.12088.
- Pall, M. L. 2014. "Microwave electromagnetic fields act by activating voltage-gated calcium channels: why the current international safety standards do not predict biological hazard." *Recent Res. Devel. Mol. Cell. Biol*.
- Palmquist, E., A. S. Claeson, G. Neely, B. Stenberg, and S. Nordin. 2014. "Overlap in prevalence between various types of environmental intolerance." *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 217 (4-5):427-434. doi: 10.1016/j.ijheh.2013.08.005.
- Panagopoulos, D. J., N. Messini, A. Karabarbounis, A. L. Philippetis, and L. H. Margaritis. 2000. "A mechanism for action of oscillating electric fields on cells." *Biochem Biophys Res Commun* 272 (3):634-40. doi: 10.1006/bbrc.2000.2746.
- Parazzini, M., P. Ravazzani, G. Thuroczy, F. B. Molnar, G. Ardesi, A. Sacchetti, and L. T. Mainardi. 2013. "Nonlinear heart rate variability measures under electromagnetic fields produced by GSM cellular phones." *Electromagnetic Biology and Medicine* 32 (2):173-181. doi: 10.3109/15368378.2013.776424.

- Parazzini, M., P. Ravazzani, G. Tognola, G. Thuróczy, F. B. Molnar, A. Sacchettini, G. Ardesi, and L. T. Mainardi. 2007c. "Electromagnetic fields produced by GSM cellular phones and heart rate variability." *Bioelectromagnetics* 28 (2):122-129. doi: 10.1002/bem.20275.
- Peixoto, L., and T. Abel. 2013. "The role of histone acetylation in memory formation and cognitive impairments." *Neuropsychopharmacology* 38 (1):62-76. doi: 10.1038/npp.2012.86.
- Pelletier, A., S. Delanaud, P. Decima, G. Thuroczy, R. de Seze, M. Cerri, V. Bach, J. P. Libert, and N. Loos. 2013. "Effects of chronic exposure to radiofrequency electromagnetic fields on energy balance in developing rats." *Environ Sci Pollut Res Int* 20 (5):2735-46. doi: 10.1007/s11356-012-1266-5.
- Pennebaker, JW. 1982. *The psychology of physical symptoms*: New York: Springer; 1982.
- Persson, B. R. R.; Malmgren, L.; Brun, A.; Eberhardt, J.; Nittby, H.; and Salford, L. G. . 2012. "Non-Thermal Effects on the Blood-Brain Barrier in Fischer rats by exposure to microwaves." *Acta Scientiarum Lundensia*
- Petrie, K. J., B. Sivertsen, M. Hysing, E. Broadbent, R. Moss-Morris, H. R. Eriksen, and H. Ursin. 2001. "Thoroughly modern worries: The relationship of worries about modernity to reported symptoms, health and medical care utilization." *Journal of Psychosomatic Research* 51 (1):395-401. doi: 10.1016/S0022-3999(01)00219-7.
- Pilla, A. A. 2012. "Electromagnetic fields instantaneously modulate nitric oxide signaling in challenged biological systems." *Biochem Biophys Res Commun* 426 (3):330-3. doi: 10.1016/j.bbrc.2012.08.078.
- Poullietier de Gannes, F., B. Billaudel, M. Taxile, E. Haro, G. Ruffie, P. Leveque, B. Veyret, and I. Lagroye. 2009. "Effects of head-only exposure of rats to GSM-900 on blood-brain barrier permeability and neuronal degeneration." *Radiat Res* 172 (3):359-67. doi: 10.1667/rr1578.1.
- Preece, A. W., G. Iwi, A. Davies-Smith, K. Wesnes, S. Butler, E. Lim, and A. Varey. 1999. "Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man." *International Journal of Radiation Biology* 75 (4):447-456.
- Presman, Aleksandr Samuilovich. 1970. *Electromagnetic fields and life*.
- Proctor, Robert N. 2011. *Golden Holocaust. Origins of the Cigarette Catastrophe and the Case for Abolition*: Berkeley, University of California Press.
- Qin, F., J. Zhang, H. Cao, W. Guo, L. Chen, O. Shen, J. Sun, C. Yi, J. Li, J. Wang, and J. Tong. 2014. "Circadian alterations of reproductive functional markers in male rats exposed to 1800 MHz radiofrequency field." *Chronobiol Int* 31 (1):123-33. doi: 10.3109/07420528.2013.830622.
- Qin, F., J. Zhang, H. Cao, C. Yi, J. X. Li, J. Nie, L. L. Chen, J. Wang, and J. Tong. 2012. "Effects of 1800-MHz radiofrequency fields on circadian rhythm of plasma melatonin and testosterone in male rats." *J Toxicol Environ Health A* 75 (18):1120-8. doi: 10.1080/15287394.2012.699846.
- Rahn-Lee, L., and A. Komeili. 2013. "The magnetosome model: Insights into the mechanisms of bacterial biomineralization." *Frontiers in Microbiology* 4 (NOV). doi: 10.3389/fmicb.2013.00352.
- Raines, Jeremy K. 1981. *Electromagnetic field interaction with the human body : observed effects and theory*. Report prepared for National Aeronautics and Space Administration.
- Razavi, Morteza Kafaei, Ahmad Reza Raji, Mohsen Maleki, Hesam Dehghani, and Alireza Haghpeima. 2015. "Histopathological and immunohistochemical study of rat brain tissue after exposure to mobile phone radiation." *Comparative Clinical Pathology* 24 (5):1271-1276. doi: 10.1007/s00580-015-2113-0.
- Rea, W. J., Y. Pan, E. J. Fenyves, Sujisawa, H. Suyama, N. Samadi, and G. H. Ross. 1991. "Electromagnetic Field Sensitivity." *J Bioelectricity* 10 (1-2):241-256.
- Rea, William J., and Ervin J. Fenyves. 1993. "Letters to the Editors Electromagnetic Field Sensitivity: Reply." *Electro- and Magnetobiology* 12 (1):vii-vii. doi: 10.3109/15368379309012857.
- Redmayne, M., E. Smith, and M. J. Abramson. 2013. "The relationship between adolescents' well-being and their wireless phone use: A cross-sectional study." *Environmental Health: A Global Access Science Source* 12 (1). doi: 10.1186/1476-069X-12-90.
- Regel, S. J., S. Negovetic, M. Rösli, V. Berdiñas, J. Schuderer, A. Huss, U. Lott, N. Kuster, and P. Achermann. 2006. "UMTS base station-like exposure, well-being, and cognitive performance." *Environmental Health Perspectives* 114 (8):1270-1275. doi: 10.1289/ehp.8934.

- Regel, S. J., G. Tinguely, J. Schuderer, M. Adam, N. Kuster, H. P. Landolt, and P. Achermann. 2007. "Pulsed radio-frequency electromagnetic fields: dose-dependent effects on sleep, the sleep EEG and cognitive performance." *J Sleep Res* 16 (3):253-8. doi: 10.1111/j.1365-2869.2007.00603.x.
- Reid, K. J., L. L. McGee-Koch, and P. C. Zee. 2011. "Cognition in circadian rhythm sleep disorders." *Prog Brain Res* 190:3-20. doi: 10.1016/b978-0-444-53817-8.00001-3.
- Richards, E. J. 2006. "Inherited epigenetic variation--revisiting soft inheritance." *Nat Rev Genet* 7 (5):395-401. doi: 10.1038/nrg1834.
- Ricœur, P. . 1994. "La souffrance n'est pas la douleur." *Revue Autrement/Mutations* n°142, 58-69.
- Ring, A., C. F. Dowrick, G. M. Humphris, J. Davies, and P. Salmon. 2005. "The somatising effect of clinical consultation: what patients and doctors say and do not say when patients present medically unexplained physical symptoms." *Soc Sci Med* 61 (7):1505-15. doi: 10.1016/j.socscimed.2005.03.014.
- Robbins, J. M., and L. J. Kirmayer. 1991. "Attributions of common somatic symptoms." *Psychol Med* 21 (4):1029-45.
- Robinson, M. E., J. G. Craggs, D. D. Price, W. M. Perlstein, and R. Staud. 2011. "Gray matter volumes of pain-related brain areas are decreased in fibromyalgia syndrome." *Journal of Pain* 12 (4):436-443. doi: 10.1016/j.jpain.2010.10.003.
- Röösl, M. 2008a. "Radiofrequency electromagnetic field exposure and non-specific symptoms of ill health: a systematic review." *Environ Res* 107 (2):277-87. doi: 10.1016/j.envres.2008.02.003.
- Röösl, M., E. Mohler, and P. Frei. 2010a. "Sense and sensibility in the context of radiofrequency electromagnetic field exposure." *Comptes Rendus Physique* 11 (9-10):576-584. doi: 10.1016/j.crhy.2010.10.007.
- Röösl, M., M. Moser, Y. Baldinini, M. Meier, and C. Braun-Fahrlander. 2004. "Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure--a questionnaire survey." *Int J Hyg Environ Health* 207 (2):141-50. doi: 10.1078/1438-4639-00269.
- Röösl, Martin , Patrizia Frei, Heinz Bolliger-Salzmann, Jürgen Barth, Michaela Hlavica, and Anke Huss. 2011. "Umweltmedizinische Beratungsstruktur im Praxisalltag : Machbarkeit, Bedarf und Nutzen - Begleitstudie."
- Rubin, G. J., A. J. Cleare, and S. Wessely. 2008. "Psychological factors associated with self-reported sensitivity to mobile phones." *Journal of Psychosomatic Research* 64 (1):1-9. doi: 10.1016/j.jpsychores.2007.05.006.
- Rubin, G. J., A. J. Cleare, and S. Wessely. 2012a. "Letter to the editor: Electromagnetic hypersensitivity." *International Journal of Neuroscience* 122 (7):401. doi: 10.3109/00207454.2011.648763.
- Rubin, G. J., A. J. Cleare, and S. Wessely. 2012b. "Right to reply: Correspondence about electromagnetic hypersensitivity." *International Journal of Neuroscience* 122 (7):404. doi: 10.3109/00207454.2012.654414.
- Rubin, G. J., J. Das Munshi, and S. Wessely. 2005. "Electromagnetic hypersensitivity: A systematic review of provocation studies." *Psychosomatic Medicine* 67 (2):224-232. doi: 10.1097/01.psy.0000155664.13300.64.
- Rubin, G. J., J. Das Munshi, and S. Wessely. 2006a. "A systematic review of treatments for electromagnetic hypersensitivity." *Psychotherapy and Psychosomatics* 75 (1):12-18. doi: 10.1159/000089222.
- Rubin, G. J., G. Hahn, B. S. Everitt, A. J. Cleare, and S. Wessely. 2006b. "Are some people sensitive to mobile phone signals? Within participants double blind randomised provocation study." *British Medical Journal* 332 (7546):886-889. doi: 10.1136/bmj.38765.519850.55.
- Rubin, G. J., R. Nieto-Hernandez, and S. Wessely. 2010. "Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (formerly 'electromagnetic hypersensitivity'): An updated systematic review of provocation studies." *Bioelectromagnetics* 31 (1):1-11. doi: 10.1002/bem.20536.
- Rudenko, A., and L. H. Tsai. 2014. "Epigenetic modifications in the nervous system and their impact upon cognitive impairments." *Neuropharmacology* 80:70-82. doi: 10.1016/j.neuropharm.2014.01.043.
- Sack, R. L., D. Auckley, R. R. Auger, M. A. Carskadon, K. P. Wright, Jr., M. V. Vitiello, and I. V. Zhdanova. 2007. "Circadian rhythm sleep disorders: part I, basic principles, shift work and jet lag disorders. An American Academy of Sleep Medicine review." *Sleep* 30 (11):1460-83.

- Salford, L. G., A. E. Brun, J. L. Eberhardt, L. Malmgren, and B. R. Persson. 2003. "Nerve cell damage in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones." *Environ Health Perspect* 111 (7):881-3; discussion A408.
- Salkovskis, P. M., K. A. Rimes, H. M. Warwick, and D. M. Clark. 2002. "The Health Anxiety Inventory: development and validation of scales for the measurement of health anxiety and hypochondriasis." *Psychol Med* 32 (5):843-53.
- Sancar, A. 2004. "Regulation of the mammalian circadian clock by cryptochrome." *Journal of Biological Chemistry* 279 (33):34079-34082. doi: 10.1074/jbc.R400016200.
- Sandström, M., E. Lyskov, A. Berglund, S. Medvedev, and K. H. Mild. 1997. "Neurophysiological effects of flickering light in patients with perceived electrical hypersensitivity." *J Occup Environ Med* 39 (1):15-22.
- Sandström, M., E. Lyskov, R. Hörnsten, K. H. Mild, U. Wiklund, P. Rask, V. Klucharev, B. Stenberg, and P. Bjerle. 2003. "Holter ECG monitoring in patients with perceived electrical hypersensitivity." *International Journal of Psychophysiology* 49 (3):227-235. doi: 10.1016/S0167-8760(03)00145-4.
- Schalling, D., B. Cronholm, M. Asberg, and S. Espmark. 1973. "Ratings of psychic and somatic anxiety indicants. Interrater reliability and relations to personality variables." *Acta Psychiatr Scand* 49 (3):353-68.
- Schedlowski, M., P. Enck, W. Rief, and U. Bingel. 2015. "Neuro-Bio-Behavioral Mechanisms of Placebo and Nocebo Responses: Implications for Clinical Trials and Clinical Practice." *Pharmacol Rev* 67 (3):697-730. doi: 10.1124/pr.114.009423.
- Scheier, M. F., C. S. Carver, and M. W. Bridges. 1994. "Distinguishing optimism from neuroticism (and trait anxiety, self-mastery, and self-esteem): a reevaluation of the Life Orientation Test." *J Pers Soc Psychol* 67 (6):1063-78.
- Schliephake, E. 1932. "Arbeitsergebnisse auf dem Kurzwellengebiet – Vortrag von der Berliner Medizinischen Gesellschaft am 15 VI 1932." *Deutsche Medizinische Wochenschrift* N°32.
- Schmid, M. R., S. P. Loughran, S. J. Regel, M. Murbach, A. Bratic Grunauer, T. Rusterholz, A. Bersagliere, N. Kuster, and P. Achermann. 2012. "Sleep EEG alterations: effects of different pulse-modulated radio frequency electromagnetic fields." *J Sleep Res* 21 (1):50-8. doi: 10.1111/j.1365-2869.2011.00918.x.
- Schmitt, B. E., M. Gugger, K. Augustiny, C. Bassetti, and B. P. Radanov. 2000. "[Prevalence of sleep disorders in an employed Swiss population: results of a questionnaire survey]." *Schweiz Med Wochenschr* 130 (21):772-8.
- Schoeni, A., K. Roser, and M. Roosli. 2015. "Memory performance, wireless communication and exposure to radiofrequency electromagnetic fields: A prospective cohort study in adolescents." *Environ Int* 85:343-51. doi: 10.1016/j.envint.2015.09.025.
- Schooneveld, H and Kuiper J. 2007. *Electrohypersensitivity (EHS) in the Netherlands – A Questionnaire survey*: Stichting EHS (Dutch EHS Foundation) All rights reserved.
- Schreier, N., A. Huss, and M. Rösli. 2006. "The prevalence of symptoms attributed to electromagnetic field exposure: A cross-sectional representative survey in Switzerland." *Sozial- und Präventivmedizin* 51 (4):202-209. doi: 10.1007/s00038-006-5061-2.
- Schröttner, J., and N. Leitgeb. 2008. "Sensitivity to electricity - Temporal changes in Austria." *BMC Public Health* 8. doi: 10.1186/1471-2458-8-310.
- Schröttner, J., N. Leitgeb, and L. Hillert. 2007. "Investigation of electric current perception thresholds of different EHS groups." *Bioelectromagnetics* 28 (3):208-13. doi: 10.1002/bem.20294.
- Seitz, H., D. Stinner, T. Eikmann, C. Herr, and M. Roosli. 2005. "Electromagnetic hypersensitivity (EHS) and subjective health complaints associated with electromagnetic fields of mobile phone communication - a literature review published between 2000 and 2004." *Sci Total Environ* 349 (1-3):45-55. doi: 10.1016/j.scitotenv.2005.05.009.
- Selmaoui, B., and Y. Touitou. 2003. "Reproducibility of the circadian rhythms of serum cortisol and melatonin in healthy subjects: a study of three different 24-h cycles over six weeks." *Life Sci* 73 (26):3339-49.
- Sheehan, D. V., Y. Lecrubier, K. H. Sheehan, P. Amorim, J. Janavs, E. Weiller, T. Hergueta, R. Baker, and G. C. Dunbar. 1998. "The Mini-International Neuropsychiatric Interview (M.I.N.I.): the development

- and validation of a structured diagnostic psychiatric interview for DSM-IV and ICD-10." *J Clin Psychiatry* 59 Suppl 20:22-33;quiz 34-57.
- Shellock, F. G., and J. V. Crues. 2004. "MR procedures: biologic effects, safety, and patient care." *Radiology* 232 (3):635-52. doi: 10.1148/radiol.2323030830.
- Shimosako, N., and J. R. Kerr. 2014. "Use of single-nucleotide polymorphisms (SNPs) to distinguish gene expression subtypes of chronic fatigue syndrome/myalgic encephalomyelitis (CFS/ME)." *J Clin Pathol* 67 (12):1078-83. doi: 10.1136/jclinpath-2014-202597.
- Singh, S., K. V. Mani, and N. Kapoor. 2015. "Effect of occupational EMF exposure from radar at two different frequency bands on plasma melatonin and serotonin levels." *Int J Radiat Biol* 91 (5):426-34. doi: 10.3109/09553002.2015.1004466.
- Sirav, B., and N. Seyhan. 2009. "Blood-brain barrier disruption by continuous-wave radio frequency radiation." *Electromagn Biol Med* 28 (2):215-22.
- Sirav, B., and N. Seyhan. 2011. "Effects of radiofrequency radiation exposure on blood-brain barrier permeability in male and female rats." *Electromagn Biol Med* 30 (4):253-60. doi: 10.3109/15368378.2011.600167.
- Sirav, B., and N. Seyhan. 2016. "Effects of GSM modulated radio-frequency electromagnetic radiation on permeability of blood-brain barrier in male & female rats." *J Chem Neuroanat* 75 (Pt B):123-7. doi: 10.1016/j.jchemneu.2015.12.010.
- Sneider, J. T., D. A. Hamilton, J. E. Cohen-Gilbert, D. J. Crowley, I. M. Rosso, and M. M. Silveri. 2015. "Sex differences in spatial navigation and perception in human adolescents and emerging adults." *Behavioural Processes* 111:42-50. doi: 10.1016/j.beproc.2014.11.015.
- Soderqvist, F., M. Carlberg, and L. Hardell. 2009a. "Use of wireless telephones and serum S100B levels: a descriptive cross-sectional study among healthy Swedish adults aged 18-65 years." *Sci Total Environ* 407 (2):798-805. doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.09.051.
- Soderqvist, F., M. Carlberg, and L. Hardell. 2009b. "Mobile and cordless telephones, serum transthyretin and the blood-cerebrospinal fluid barrier: a cross-sectional study." *Environ Health* 8:19. doi: 10.1186/1476-069x-8-19.
- Soderqvist, F., M. Carlberg, and L. Hardell. 2015. "Biomarkers in volunteers exposed to mobile phone radiation." *Toxicol Lett* 235 (2):140-6. doi: 10.1016/j.toxlet.2015.03.016.
- Soderqvist, F., M. Carlberg, H. Zetterberg, and L. Hardell. 2012. "Use of wireless phones and serum beta-trace protein in randomly recruited persons aged 18-65 years: a cross-sectional study." *Electromagn Biol Med* 31 (4):416-24. doi: 10.3109/15368378.2012.683224.
- Solov'yov, I. A., H. Mouritsen, and K. Schulten. 2010. "Acuity of a cryptochrome and vision-based magnetoreception system in birds." *Biophys J* 99 (1):40-9. doi: 10.1016/j.bpj.2010.03.053.
- Spielberger, CD, RL Gorsuch, R Lushene, PR Vagg, and GA. Jacobs. 1983. "Manual for the State-Trait Anxiety Inventory. ." *Consulting Psychologists Press, Inc.; Palo Alto, CA: 1983.*
- Spielberger, CD, and SJ. Sydeman. 1994. "State-Trait anxiety inventory and State-Trait anger expression inventory. ." *In ME Maruish (éd.) The use for psychological testing for treatment planning and outcome assessment (pp. 292-321). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.*
- Stam, R. 2010. "Electromagnetic fields and the blood-brain barrier." *Brain Res Rev* 65 (1):80-97. doi: 10.1016/j.brainresrev.2010.06.001.
- Stansfeld, S. A., C. R. Clark, L. M. Jenkins, and A. Tarnopolsky. 1985. "Sensitivity to noise in a community sample: I. Measurement of psychiatric disorder and personality." *Psychological Medicine* 15 (2):243-254. doi: 10.1017/S0033291700023527.
- Staudenmayer, H. 2006. "Idiopathic Environmental Intolerance (IEI) : A Causation Analysis." *In Mild KH, Repacholi M, Van Deventer E, Ravazzani P ed. Electromagnetic Hypersensitivity. Proc. Int Workshop on EMF Hypersensitivity. WHO Library, 2006, pp 39-53.*
- Steiner, Edith, Bernhard Aufderreggen, Hansjörg Bhend, Yvonne Gilli, Peter Kälin, and Cornelia Semadeni. 2013. "Erfahrungen des Pilotprojektes „Umweltmedizinisches Beratungsnetz" des Vereins Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz (AefU)." *Therapeutische Umschau*. doi: 10.1024/0040-5930/a000473.
- Stenberg, B. 2006. *Characterizing electrical hypersensitivity*. In Mild KH, Repacholi M, Van Deventer E, Ravazzani P ed. *Electromagnetic Hypersensitivity. Proc. Int Workshop on EMF Hypersensitivity. WHO Library, 2006, pp 29-38.*

- Stenberg, B., J. Bergdahl, B. Edvardsson, N. Eriksson, G. Linden, and L. Widman. 2002. "Medical and social prognosis for patients with perceived hypersensitivity to electricity and skin symptoms related to the use of visual display terminals." *Scand J Work Environ Health* 28 (5):349-57.
- Steyer, R., P. Schwenkmezger, P. Notz, and M. Eid. 1997. "The multi-dimensional well-being questionnaire (MDBF) [Der Mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen (MDBF).]" *Göttingen: Hogrefe. p36 (German)*.
- Stovner, L. J., G. Oftedal, A. Straume, and A. Johnsson. 2008. "Nocebo as headache trigger: evidence from a sham-controlled provocation study with RF fields." *Acta Neurol Scand Suppl* 188:67-71. doi: 10.1111/j.1600-0404.2008.01035.x.
- Summerfield, C., and F. P. de Lange. 2014. "Expectation in perceptual decision making: neural and computational mechanisms." *Nat Rev Neurosci* 15 (11):745-56. doi: 10.1038/nrn3838.
- Szemerszky, R., Z. Dömötör, T. Berkes, and F. Köteles. 2016. "Attribution-Based Nocebo Effects. Perceived Effects of a Placebo Pill and a Sham Magnetic Field on Cognitive Performance and Somatic Symptoms." *International Journal of Behavioral Medicine* 23 (2):204-213. doi: 10.1007/s12529-015-9511-1.
- Szemerszky, R., M. Gubányi, D. Árvai, Z. Dömötör, and F. Köteles. 2015. "Is There a Connection Between Electrosensitivity and Electrosensibility? A Replication Study." *International Journal of Behavioral Medicine* 22 (6):755-763. doi: 10.1007/s12529-015-9477-z.
- Szemerszky, R., F. Köteles, R. Lihi, and G. Bárdos. 2010. "Polluted places or polluted minds? An experimental sham-exposure study on background psychological factors of symptom formation in 'Idiopathic Environmental Intolerance attributed to electromagnetic fields'." *Int J Hyg Environ Health* 213 (5):387-94. doi: 10.1016/j.ijheh.2010.05.001.
- Szemerszky, R., F. Köteles, R. Lihi, and G. Bárdos. 2010. "Polluted places or polluted minds? An experimental sham-exposure study on background psychological factors of symptom formation in 'Idiopathic Environmental Intolerance attributed to electromagnetic fields'." *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 213 (5):387-394. doi: 10.1016/j.ijheh.2010.05.001.
- Szemerszky, R., K. Ferenc, and B. György. 2009. "Non-specific symptoms attributed to environmental electromagnetic load and the psychological background of symptom production." *Magyar Pszichologiai Szemle* 64 (3):553-571. doi: 10.1556/MPSzle.64.2009.3.6.
- Taheri, S., C. Gasparovic, N. J. Shah, and G. A. Rosenberg. 2011. "Quantitative measurement of blood-brain barrier permeability in human using dynamic contrast-enhanced MRI with fast T1 mapping." *Magn Reson Med* 65 (4):1036-42. doi: 10.1002/mrm.22686.
- Tamer, A., H. Gündüz, and S. Özyildirim. 2009. "The cardiac effects of a mobile phone positioned closest to the heart." *Anadolu Kardiyoloji Dergisi* 9 (5):380-384.
- Tang, J., Y. Zhang, L. Yang, Q. Chen, L. Tan, S. Zuo, H. Feng, Z. Chen, and G. Zhu. 2015. "Exposure to 900 MHz electromagnetic fields activates the mcp-1/ERK pathway and causes blood-brain barrier damage and cognitive impairment in rats." *Brain Res* 1601:92-101. doi: 10.1016/j.brainres.2015.01.019.
- Theorell, T., A. Perski, T. Akerstedt, F. Sigala, G. Ahlberg-Hultén, J. Svensson, and P. Eneroth. 1988. "Changes in job strain in relation to changes in physiological state. A longitudinal study." *Scand J Work Environ Health* 14 (3):189-96.
- Thoss, F., and B. Bartsch. 2003. "The human visual threshold depends on direction and strength of a weak magnetic field." *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology* 189 (10):777-779. doi: 10.1007/s00359-003-0450-y.
- Tjonn, HH. 1984. "Report of facial rashes among VDU operators in Norway." In: Pearce BG, editor. *Health hazards of VDT's. Chichester (UK): John Wiley & Sons, 1984:17-23*.
- Tomruk, A., G. Guler, and A. S. Dincel. 2010. "The influence of 1800 MHz GSM-like signals on hepatic oxidative DNA and lipid damage in nonpregnant, pregnant, and newly born rabbits." *Cell Biochem Biophys* 56 (1):39-47. doi: 10.1007/s12013-009-9068-1.
- Touitou, Y., and B. Selmaoui. 2012. "The effects of extremely low-frequency magnetic fields on melatonin and cortisol, two marker rhythms of the circadian system." *Dialogues Clin Neurosci* 14 (4):381-99.
- Tuengler, A., and L. von Klitzing. 2013. "Hypothesis on how to measure electromagnetic hypersensitivity." *Electromagn Biol Med* 32 (3):281-90. doi: 10.3109/15368378.2012.712586.
- UIT. 2012. "Règlement des radiocommunications."

- UMRESTTE, Ifsttar et Université Claude Bernard Lyon 1. 2016. Étude sur l'EHS auprès de médecins généralistes de la région Rhône-Alpes. Contrat de recherche et développement (CRD) financé par l'Anses: UMRESTTE - Unité Mixte de Recherche Épidémiologique et de Surveillance Transport Travail Environnement.
- Van Den Bulck, J. 2007. "Adolescent use of mobile phones for calling and for sending text messages after lights out: Results from a prospective cohort study with a one-year follow-up." *Sleep* 30 (9):1220-1223.
- Van Dongen, D., T. Smid, and D. R. M. Timmermans. 2014. "Symptom attribution and risk perception in individuals with idiopathic environmental intolerance to electromagnetic fields and in the general population." *Perspectives in Public Health* 134 (3):160-168. doi: 10.1177/1757913913492931.
- Van Etten, M. L., and S. Taylor. 1998. "Comparative Efficacy of Treatments for Post-traumatic Stress Disorder: A Meta-Analysis." *Clinical Psychology and Psychotherapy* 5 (3):126-144.
- van Moorselaar, I., P. Slottje, P. Heller, R. van Strien, H. Kromhout, M. Murbach, N. Kuster, R. Vermeulen, and A. Huss. 2017. "Effects of personalised exposure on self-rated electromagnetic hypersensitivity and sensibility - A double-blind randomised controlled trial." *Environ Int* 99:255-262. doi: 10.1016/j.envint.2016.11.031.
- Vanderstraeten, J., L. Verschaeve, H. Burda, C. Bouland, and C. de Brouwer. 2012. "Health effects of extremely low-frequency magnetic fields: Reconsidering the melatonin hypothesis in the light of current data on magnetoreception." *Journal of Applied Toxicology* 32 (12):952-958. doi: 10.1002/jat.2761.
- Vecchio, F., C. Babiloni, F. Ferreri, P. Buffo, G. Cibelli, G. Curcio, S. van Dijkman, J. M. Melgari, F. Giambattistelli, and P. M. Rossini. 2010. "Mobile phone emission modulates inter-hemispheric functional coupling of EEG alpha rhythms in elderly compared to young subjects." *Clin Neurophysiol* 121 (2):163-71. doi: 10.1016/j.clinph.2009.11.002.
- Volkow, N. D., D. Tomasi, G. J. Wang, J. S. Fowler, F. Telang, R. Wang, D. Alexoff, J. Logan, C. Wong, K. Pradhan, E. C. Caparelli, Y. Ma, and M. Jayne. 2010. "Effects of low-field magnetic stimulation on brain glucose metabolism." *Neuroimage* 51 (2):623-8. doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.02.015.
- Vorobyov, V., B. Janać, V. Pešić, and Z. Prolić. 2010. "Repeated exposure to low-level extremely low frequency-modulated microwaves affects cortex-hypothalamus interplay in freely moving rats: EEG study." *International Journal of Radiation Biology* 86 (5):376-383. doi: 10.3109/09553000903567938.
- Wallace, D., S. Eltiti, A. Ridgewell, K. Garner, R. Russo, F. Sepulveda, S. Walker, T. Quinlan, S. Dudley, S. Maung, R. Deeble, and E. Fox. 2010. "Do TETRA (Airwave) base station signals have a short-term impact on health and well-being? a randomized double-blind provocation study." *Environmental Health Perspectives* 118 (6):735-741. doi: 10.1289/ehp.0901416.
- Wallace, D., S. Eltiti, A. Ridgewell, K. Garner, R. Russo, F. Sepulveda, S. Walker, T. Quinlan, S. Dudley, S. Maung, R. Deeble, and E. Fox. 2012. "Cognitive and physiological responses in humans exposed to a TETRA base station signal in relation to perceived electromagnetic hypersensitivity." *Bioelectromagnetics* 33 (1):23-39. doi: 10.1002/bem.20681.
- Wang, L. F., X. Li, Y. B. Gao, S. M. Wang, L. Zhao, J. Dong, B. W. Yao, X. P. Xu, G. M. Chang, H. M. Zhou, X. J. Hu, and R. Y. Peng. 2015. "Activation of VEGF/Fik-1-ERK Pathway Induced Blood-Brain Barrier Injury After Microwave Exposure." *Mol Neurobiol* 52 (1):478-91. doi: 10.1007/s12035-014-8848-9.
- Waterhouse, J. . 2010. *Circadian rhythms and cognition* Prog Brain Res 2010, 185 : 131-153.
- Wenzel, F., J. Reissenweber, and E. David. 2005. "Cutaneous microcirculation is not altered by a weak 50 Hz magnetic field." *Biomed Tech (Berl)* 50 (1-2):14-8. doi: 10.1515/bmt.2005.003.
- Wessely, S. 1990. "Old wine in new bottles: neurasthenia and 'ME'." *Psychol Med* 20 (1):35-53.
- Westby, G. W. M., and K. J. Partridge. 1986. "Human homing: Still no evidence despite geomagnetic controls." *Journal of Experimental Biology* VOL. 120:325-331.
- Wilén, J., A. Johansson, N. Kalezic, E. Lyskov, and M. Sandström. 2006. "Psychophysiological tests and provocation of subjects with mobile phone related symptoms." *Bioelectromagnetics* 27 (3):204-214. doi: 10.1002/bem.20195.

- Williams, W. M., M. Del Cerro, and S. M. Michaelson. 1984b. "Effect of 2450 MHz microwave energy on the blood-brain barrier to hydrophilic molecules. B. Effect on the permeability to HRP." *Brain Research* 319 (2):171-181.
- Williams, W. M., W. Hoss, M. Formaniak, and S. M. Michaelson. 1984a. "Effect of 2450 MHz microwave energy on the blood-brain barrier to hydrophilic molecules. A. Effect on the permeability to sodium fluorescein." *Brain Res* 319 (2):165-70.
- Wiltschko, W., and R. Wiltschko. 2005. "Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals." *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology* 191 (8):675-693. doi: 10.1007/s00359-005-0627-7.
- Winklhofer, M. 2012. "Physiology. An avian magnetometer." *Science* 336 (6084):991-2. doi: 10.1126/science.1223786.
- Witthoft, M., and G. J. Rubin. 2013. "Are media warnings about the adverse health effects of modern life self-fulfilling? An experimental study on idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF)." *J Psychosom Res* 74 (3):206-12. doi: 10.1016/j.jpsychores.2012.12.002.
- Wolburg, H., and A. Lippoldt. 2002. "Tight junctions of the blood-brain barrier: Development, composition and regulation." *Vascular Pharmacology* 38 (6):323-337. doi: 10.1016/S1537-1891(02)00200-8.
- Wolf, M., G. S. van Doorn, and F. J. Weissing. 2008. "Evolutionary emergence of responsive and unresponsive personalities." *Proc Natl Acad Sci U S A* 105 (41):15825-30. doi: 10.1073/pnas.0805473105.
- Wolfe, F., H. A. Smythe, M. B. Yunus, R. M. Bennett, C. Bombardier, D. L. Goldenberg, P. Tugwell, S. M. Campbell, M. Abeles, P. Clark, and et al. 1990. "The American College of Rheumatology 1990 Criteria for the Classification of Fibromyalgia. Report of the Multicenter Criteria Committee." *Arthritis Rheum* 33 (2):160-72.
- Wood, A. W., S. P. Loughran, and C. Stough. 2006. "Does evening exposure to mobile phone radiation affect subsequent melatonin production?" *Int J Radiat Biol* 82 (2):69-76. doi: 10.1080/09553000600599775.
- Woolley, D. G., B. Vermaercke, H. O. de Beeck, J. Wagemans, I. Gantois, R. D'Hooge, S. P. Swinnen, and N. Wenderoth. 2010. "Sex differences in human virtual water maze performance: Novel measures reveal the relative contribution of directional responding and spatial knowledge." *Behavioural Brain Research* 208 (2):408-414. doi: 10.1016/j.bbr.2009.12.019.
- Xu, S., Z. Zhou, L. Zhang, Z. Yu, W. Zhang, Y. Wang, X. Wang, M. Li, Y. Chen, C. Chen, M. He, G. Zhang, and M. Zhong. 2010. "Exposure to 1800 MHz radiofrequency radiation induces oxidative damage to mitochondrial DNA in primary cultured neurons." *Brain Res* 1311:189-96. doi: 10.1016/j.brainres.2009.10.062.
- Yilmaz, D., and M. Yildiz. 2010. "Analysis of the mobile phone effect on the heart rate variability by using the largest Lyapunov exponent." *Journal of Medical Systems* 34 (6):1097-1103. doi: 10.1007/s10916-009-9328-z.
- Zelinski, E. L., S. H. Deibel, and R. J. McDonald. 2014. "The trouble with circadian clock dysfunction: Multiple deleterious effects on the brain and body." *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 40:80-101. doi: 10.1016/j.neubiorev.2014.01.007.
- Zhou, J. X., G. R. Ding, J. Zhang, Y. C. Zhou, Y. J. Zhang, and G. Z. Guo. 2013. "Detrimental effect of electromagnetic pulse exposure on permeability of in vitro blood-brain-barrier model." *Biomed Environ Sci* 26 (2):128-37. doi: 10.3967/0895-3988.2013.02.007.
- Zimmer, D. B., E. H. Cornwall, A. Landar, and W. Song. 1995. "The S100 protein family: History, function, and expression." *Brain Research Bulletin* 37 (4):417-429. doi: 10.1016/0361-9230(95)00040-2.
- Zorach, R. Glaser. . 1971. Bibliography of Reported Phenomena ('Effects') and clinical manifestations attributed to microwave and radio-frequency radiation. Naval Medical Research Institute. Bethesda, Maryland, USA.
- Zwamborn, Vossen, van Leersum, Ouwens, and Mäkel. 2003. Effects of global communication system radiofrequency fields on well being and cognitive functions of human subjects with and without subjective complaints. In *Rapport TNO*.

11.2 Références citées mais non publiées à ce jour

CSTB. 2015. "Evaluation de l'efficacité des dispositifs de protection utilisés contre les champs électromagnétiques". Contrat de recherche et développement (CRD) financé par l'Anses (réf : n° 2015-CRD-07).

Enquête auprès de personnes se déclarant EHS favorables à l'établissement d'une zone blanche. 2015. Analyse statistique des données issues du rapport de stage de Marine Viet de l'école AgroParisTech. "Electrohypersensibilité, zones blanches et prise en charge des sujets EHS".

EVIREF (Réponses physiologiques d'adaptation ou d'évitement du rat juvénile exposé aux ondes radiofréquences type antenne relais) – Projet financé dans le cadre du Programme national de recherche Environnement-Santé Travail (PNR EST) n° EST-2013/2/09.

UMRESTTE (Unité Mixte de Recherche Épidémiologique et de Surveillance Transport Travail Environnement), Ifsttar et Université Claude Bernard Lyon 1. 2016. "Étude sur l'EHS auprès de médecins généralistes de la région Rhône-Alpes". Contrat de recherche et développement (CRD) financé par l'Anses (réf : n° 2015-CRD-14).

11.3 Normes

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) (C95.1-2005). Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic fields 3 kHz to 300 GHz.

NF X 50-110 (mai 2003) Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise. AFNOR (indice de classement X 50-110).

Norme AECTP 250 (*Allied environmental conditions and tests publication*) – *Electrical and electromagnetic environmental conditions* - Edition 2 – January 2011 – LEAFLET 254 ATMOSPHERIC ELECTRICITY AND LIGHTNING.

Norme EN 50065-1 : 2011 (transmission de signaux sur les réseaux électriques basse tension dans la bande de fréquences de 3 kHz à 148,5 kHz - Partie 1 : Règles générales, bandes de fréquences et perturbations électromagnétiques).

11.4 Législation et réglementation

DIRECTIVE 2013/35/UE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL, du 26 juin 2013 ; concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques) (vingtième directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CEE) et abrogeant la directive 2004/40/CE.

Décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 pris en application du 12° de l'article L. 32 du code des postes et télécommunications et relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques. (NOR: INDI0220135D. Version consolidée au 5 mai 2002).

Loi n° 2015-136 du 9 février 2015 relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques, dite « loi Abeille ».

Loi n° 2010-1657 du 29 décembre 2010 de finances pour 2011.

ANNEXES

Annexe 1 : L'IRM utilise trois types de champs magnétiques ou électromagnétiques

Champs magnétiques statiques

Les champs magnétiques statiques utilisés en IRM sont compris entre 0,1 et 11 Tesla (T) ; la plupart des appareils corps entier ont des champs de 1,5 ou de 3,0 T. Les champs plus faibles sont utilisés dans des appareils ouverts, destinés à l'exploration des membres. Les champs plus élevés sont le propre des appareils de recherche.

Les effets biologiques à court-terme des expositions à ces champs ont fait l'objet de très nombreuses recherches portant sur la morphologie et la croissance cellulaire, les cellules reproductrices et la tératogénicité, la structure de l'ADN et l'expression des gènes, le développement pré- et post-natal, la perméabilité de la barrière hémato-encéphalique, l'activité nerveuse, les fonctions cognitives et le comportement, la dynamique cardiovasculaire, les index hématologiques, la régulation thermique, les rythmes circadiens, les réponses immunitaires et autres processus biologiques (voir référence dans (Shellock and Crues 2004)). La plupart de ces études ont conclu à l'absence d'effet nocif notable. Les quelques études rapportant la présence de tels effets n'ont pas été confirmées. Les effets à long-terme sont moins bien connus (voir référence dans Shellock & Crues, 2004), mais ne semblent pas préoccupants. Il n'y a pas de preuve d'un effet cumulatif des expositions aux champs magnétiques statiques. Cependant, il n'y a pas non plus d'étude soigneusement contrôlée qui démontre l'innocuité absolue de ces expositions.

Gradients de champs magnétiques

Les gradients de champs magnétiques dans l'espace sont le fait de trois paires de bobines métalliques placées autour du tunnel de l'aimant qui génère le champ statique. Le passage d'un courant électrique dans ces bobines crée des variations spatiales d'intensité du champ magnétique dans le tunnel. Chaque paire de bobines fait varier le champ magnétique selon un axe spécifique (droite-gauche, avant-arrière, haut-bas). On peut ainsi sélectionner une épaisseur et un plan de coupe (transversal, frontal, sagittal ou oblique) et déterminer la localisation spatiale des signaux dans ce plan. Les interactions entre ces gradients de champs magnétiques et les tissus biologiques dépendent de nombreux facteurs : la fréquence fondamentale du champ, les densités de flux maximale et moyenne, la présence de fréquences harmoniques, la forme du signal et sa polarité, la distribution du courant dans le corps et la sensibilité des membranes cellulaires (voir référence dans Shellock & Crues, 2004). L'intensité des gradients spatiaux de champ magnétique est de l'ordre de quelques dizaines de mT/m.

À certains niveaux d'exposition, ces gradients peuvent provoquer des stimulations des nerfs périphériques, perçues comme des sensations de picotement ou de tapotement. À des niveaux d'exposition de plus de 50 %-100 % au dessus du seuil de perception, ils peuvent engendrer un inconfort ou même des douleurs. Les expositions à des niveaux extrêmement élevés (plus d'un ordre de grandeur que ceux utilisés dans les appareils du commerce) peuvent induire une stimulation cardiaque. Toutefois, aucun accident de ce type n'a été rapporté jusqu'à présent. En revanche, l'activation des gradients de champ électromagnétique pendant le déroulement de l'examen est à l'origine de bruits qui constituent l'effet indésirable le mieux établi des examens IRM. Outre le désagrément, voire la pénibilité qu'ils provoquent et les difficultés de communication avec les manipulateurs et les médecins qu'ils peuvent engendrer, ces bruits ont été la cause de quelques rares cas de surdité (Mollasadeghi *et al.* 2013). Toutefois, ces inconvénients peuvent être facilement évités par l'utilisation de protections auditives et de moyens de communication adaptés.

Champs magnétiques radiofréquences

Les champs magnétiques radiofréquences ont pour but d'induire des variations brusques de ce champ pour changer l'orientation des moments magnétiques des noyaux. Leurs fréquences doivent être adaptées à la densité de flux du champ magnétique statique et aux noyaux « *MR active* ». Ainsi, pour l'hydrogène, la fréquence doit être de 42,57 MHz par Tesla. Ces expositions aux radiofréquences sont intenses, mais extrêmement brèves (impulsion).

Annexe 2 : Comparaison des symptômes utilisés pour le diagnostic de l'EHS dans cinq questionnaires différents

La symptomatologie fonctionnelle de l'EHS est, d'après les descriptions qui en sont faites dans la littérature, riche et variée. Dans sa revue générale sur la question, Irvine (2005) relève 45 symptômes extraits de 5 articles²²³. Les deux propositions de questionnaire standardisé en comprennent 36 pour l'un (Frick *et al.*, 2002) et 39 pour l'autre (Eltiti *et al.*, 2007) et 33 pour le questionnaire en langue française utilisé dans le PHRC de l'Hôpital Cochin. En croisant ces quatre listes (*cf.* Tableau 11), on obtient un total de 85 symptômes dont :

- sept (8,3 %) seulement sont communs aux quatre listes : « fatigue, épuisement », « maux de tête », « troubles de la mémoire », « difficultés de concentration », « anxiété-stress », « essoufflement », « palpitations ».
- dix (11,8 %) sont communs à trois listes (« troubles du sommeil », « sensation de nez bouché », « sensations d'instabilité, vertiges », « douleurs, tension musculaire », « douleurs articulaires », « nausées », « sensation de tête lourde », « peau sèche », « rash, éruption », « rougeurs cutanées »),
- vingt-sept sont communs à deux listes :
 - symptômes ORL : « toux », « écoulement nasal antérieur », « perturbations de l'olfaction », « douleurs d'oreille », « sifflements ou sonnerie dans l'oreille », « sensation de chaleur dans l'oreille », « perturbations du goût » ;
 - symptômes nerveux : « nervosité, agitation », « irritabilité, crises de colères », « dépression, crise de larmes », « tremblements », « céphalées sourdes », « sensation de chaleur dans la tête » ;
 - symptômes cutanés : « enflure cutanée, urticaire », « démangeaisons », « douleurs cutanées », « sensation de brûlure cutanée », « irritation cutanée », « sueurs, transpiration accrue » ;
 - symptômes musculaires : « faiblesse musculaire », « douleurs dorsales, lombaires », « douleurs thoraciques » ;
 - symptômes oculaires : « flou visuel », « sécheresse des yeux » ;
 - symptômes au niveau de l'appareil digestif : « douleurs ou crampes abdominales », « ballonnements abdominaux » ;
 - Autres : « douleurs dentaires inexplicables ».
- quarante-et-un (48,2 %) sur une seule liste : 14 (sur 36, soit 38,9 %) dans la liste de Frick *et al.*, 8 (sur 45, soit 17,8 %) dans celle d'Irvine, 7 (sur 39, soit 17,9 %) dans celle d'Eltiti *et al.*, et 12 (sur 33, soit 36,4 %) dans la liste utilisée dans le PHRC.

Ces questionnaires ne permettent pas de classer différentes populations (se déclarant EHS ou non), ils permettent un simple état des lieux. Ils ne préjugent en rien de la fréquence et de la sévérité respective de ces symptômes chez les personnes se déclarant EHS. Cependant, l'importance des divergences entre les principaux auteurs qui ont abordé la question de l'EHS permet de mieux comprendre qu'il n'ait pas été possible jusqu'à présent d'élaborer un tableau clinique caractéristique de l'EHS.

Cette synthèse est une illustration de l'hétérogénéité des approches adoptées par toutes ces études et de l'impossibilité qui en résulte d'en dégager un tableau clinique précis.

²²³ Ces 5 articles sont ceux de Bergdahl (1995) qui rapporte 23 symptômes, (Bergdahl, Tillberg, and Stenman 1998) qui en rapportent 11, Hillert *et al.* (1999) qui en rapportent 16, (Stenberg *et al.* 2002) qui en rapportent 16 également, et Rööslä *et al.* (2004) qui en rapportent 18. Ces listes de symptômes se recoupent en grande partie. Seuls trois symptômes sont communs aux cinq listes : "fatigue", "étourdissement/vertiges" et "céphalées".

Tableau 11 : liste des symptômes utilisés dans les principaux questionnaires servant à décrire l'EHS

Auteurs :	QEESI	Frick et al	Irvine	Eltiti et al.	PHRC	pas dans	seul dans	seul dans	seul dans	seul dans	seul dans
	1999 ⁽¹⁾	2002 ⁽²⁾	2005 ⁽³⁾	2007 ⁽⁴⁾	2011 ⁽⁵⁾	QEESI	QEESI	Frick	Irvine	Eltiti	Crasson
Etat général											
1. Fatigue, Epuisement		1	1	1	1	1					
Feebleness		1				1		1			
2. Baisse (ou perte) de l'appétit					1	1					1
3. Amaigrissement											
4. Prise de poids											
5. Troubles du sommeil		1	1	1		1					
6. Somnolence diurne		1				1		1			
7. Sensation de malaise, d'inconfort					1	1					1
8. Bouffées de chaleur (feeling too hot)		1				1		1			
1. Troubles musculosquelettiques											
9. Douleurs, tensions musculaires	1	1	1	1		1					
10. Crampes musculaires	1	1				1					
11. Raideurs musculaires	1						1				
12. Faiblesse musculaire	1		1	1		1					
13. Douleurs articulaires	1		1	1	1	1					
14. Raideurs articulaires	1						1				
15. Ankylose dans les bras et les doigts					1	1					1
16. Gonflements articulaires		1						1			
17. Douleurs dorsales, lombaires			1	1		1					
2. Muqueuses et troubles respiratoires											
18. Brûlure ou irritation des yeux	1		1			1					
19. Flou visuel		1			1	1					
20. Sécheresse des yeux			1		1	1					
21. Yeux gonflés		1				1		1			
22. Papillotements (flickering)		1				1		1			
23. Essouffement	1	1	1	1	1	1					
24. Toux	1			1	1	1					
25. Mucosités	1						1				
26. Ecoulement nasal postérieur	1						1				
27. Infections respiratoires	1						1				
28. Sensation de nez bouché			1	1	1	1					
29. Ecoulement nasal antérieur			1	1		1					
30. Perturbations de l'olfaction			1	1		1					
31. Douleurs thoraciques		1		1		1					
32. Incapacité à respirer profondément					1	1					1
33. Respiration accélérée ou plus profonde					1	1					1

Auteurs :	QEESI 1999 ⁽¹⁾	Frick et al 2002 ⁽²⁾	Irvine 2005 ⁽³⁾	Eltiti et al. 2007 ⁽⁴⁾	PHRC 2011 ⁽⁵⁾	pas dans QEESI	seul dans QEESI	seul dans Frick	seul dans Irvine	seul dans Eltiti	seul dans Crasson
3. Symptômes cardio-thoraciques											
33. Rythme cardiaque accéléré	1	1				1					
34. Rythme irrégulier, extrasystoles	1	1				1					
35. Palpitations	1	1	1	1	1	1					
36. Gêne dans la poitrine/Douleurs cardiaques	1			1		1					
37. Augmentation pression artérielle		1				1		1			
4. Troubles gastro-intestinaux											
38. Douleurs ou crampes abdominales	1	1			1	1			1		
39. Ballonnements abdominaux	1	1			1	1					
40. Nausées	1	1	1		1	1					
41. Vomissements		1				1		1			
42. Diarrhée	1						1				
43. Constipation	1						1				
44. Mouvements intestinaux irréguliers		1				1		1			
5. Ralentissement intellectuel											
45. Difficultés de concentration	1	1	1	1	1	1					
46. Troubles de la mémoire	1	1	1	1	1	1					
47. Impression de déconnexion	1			1		1					
48. Difficultés à prendre des décisions	1						1				
49. Difficultés à focaliser l'attention				1		1				1	
50. Pensée brumeuse, confusion				1		1				1	
51. Manque du mot					1	1					1
6. Instabilité de l'humeur											
52. Anxiété, stress	1	1	1	1	1	1					
53. Nervosité, agitation		1	1			1					
54. Irritabilité, crise de colère	1		1		1	1					
55. Dépression, crises de larmes	1		1	1		1					
56. Désintérêt pour activités habituelles	1						1				
57. Se sentir séparé de son corps					1	1					1
58. Sensation de déjà vu					1	1					1

Auteurs :	QEESI	Frick et al	Irvine	Eltiti et al.	PHRC	pas dans	seul dans	seul dans	seul dans	seul dans	seul dans
	1999 ⁽¹⁾	2002 ⁽²⁾	2005 ⁽³⁾	2007 ⁽⁴⁾	2011 ⁽⁵⁾	QEESI	QEESI	Frick	Irvine	Eltiti	Crasson
7. Problèmes d'équilibre et de coordination											
59. Engourdissement ou picotement	1	1				1					
60. Difficulté d'accomodation oculaire	1						1				
61. Tremblements		1	1			1					
62. Douleurs d'oreille			1	1		1					
63. Sensation d'oreille bouchée				1		1				1	
64. Sifflements ou sonnerie dans l'oreille			1	1		1					
65. Sensation de chaleur dans l'oreille			1	1		1					
66. Sensation d'instabilité, vertiges		1	1			1					
67. Sensibilité accrue au bruit					1	1					1
8. Maux de tête											
68. Maux de tête	1	1	1	1	1	1					
69. Sensation de tête lourde	1		1	1	1	1					
70. Visage congestionné	1						1				
71. Céphalées sourdes				1		1				1	
72. Migraines				1		1				1	
73. Sensation de chaleur dans la tête				1	1	1					
74. Douleur aiguë dans la tête				1		1				1	
75. Douleur de la nuque		1				1		1			
9. Symptômes cutanés											
76. Peau sèche	1	1	1	1		1					
77. Enflure cutanée, urticaire	1		1	1		1					
78. Rash, éruption	1	1	1	1		1					
79. Démangeaisons		1	1			1					
80. Perte de cheveux		1				1		1			
81. Douleurs cutanées			1	1		1					
82. Sensation de brûlure cutanée			1	1		1					
83. Irritation cutanée			1	1		1					
84. Rougeurs cutanées			1	1	1	1					
85. Sueurs, transpiration accrue			1		1	1					

Auteurs :	QEESI	Frick et al	Irvine	Eltiti et al.	PHRC	pas dans	seul dans	seul dans	seul dans	seul dans	seul dans
	1999 ⁽¹⁾	2002 ⁽²⁾	2005 ⁽³⁾	2007 ⁽⁴⁾	2011 ⁽⁵⁾	QEESI	QEESI	Frick	Irvine	Eltiti	Crasson
10. Troubles génito-urinaires											
86. Douleurs pelviennes	1						1				
87. Besoin d'uriner fréquemment	1						1				
88. Troubles des règles	1		1			1					
89. Perturbations du goût			1	1		1					
90. Chaleur buccale			1			1			1		
91. Sécheresse buccale			1			1			1		
92. Hypersalivation			1			1			1		
93. Douleur dentaire inexplicée		1	1			1					
94. Aphtes			1			1			1		
95. Gêne temporo-maxillaire			1			1			1		
96. Fourmillements autour de la bouche					1	1					1
97. Fourmillements dans les doigts					1	1					1
98. Froideur des pieds et des mains					1	1					1
	40	36	45	39	33	84	13	11	6	6	12
	QEESI	Frick	Irvine	Eltiti	PHRC	pas dans QEESI	seul dans QEESI	seul dans Frick	seul dans Irvine	seul dans Eltiti	seul dans Crasson

(1) (Miller and Pihoda 1999).

(2) (Frick, Rehm, and Eichhammer 2002).

(3) (Irvine 2005b).

(4) (Eltiti *et al.* 2007b).

(5) PHRC « Evaluation d'une prise en charge thérapeutique spécialisée des patients atteints du syndrome d'intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques (IEI-CEM) » Responsables : Pr D. Choudat et Dr L. Bensefa.

Annexe 3 : Questions adressées par l'Anses au Pr Belpomme le 26 juin 2014

Depuis quand vous intéressez-vous aux personnes se plaignant d'hypersensibilité électromagnétique ?

Comment en êtes-vous venu à vous intéresser à ces personnes ?

Vocabulaire

En 2004, l'OMS a proposé de remplacer le terme d'hypersensibilité électromagnétique par celui d'« intolérance environnementale idiopathique », qu'elle avait créé quelques années plus tôt pour remplacer celui de syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques, en y ajoutant « attribué aux champs électromagnétiques ».

Pourquoi utilisez-vous un terme qui vous est propre, « syndrome d'intolérance aux champs électromagnétiques », pour qualifier les personnes qui se plaignent de troubles fonctionnels qu'ils imputent à une exposition à des champs électromagnétiques ?

Quelle différence faites-vous entre l'électro-sensibilité et l'électro-hypersensibilité ?

Sur quoi basez-vous, en l'absence de toute publication personnelle, la description de votre syndrome ?

Diagnostic de l'EHS

Les patients qui viennent vous consulter ont-ils déjà établi leur autodiagnostic (ils se déclarent EHS et c'est pour cela qu'ils viennent vous voir), ou bien souffrent-ils de maux mystérieux et c'est vous qui établissez le diagnostic ? Dans ce cas, quels sont vos critères ?

Quels sont les symptômes de l'EHS ?

Parmi ces critères, quelle importance attachez-vous à la caractérisation de l'exposition (en volt/mètre par exemple) ?

Quelles sont les émissions radioélectriques dont se plaignent les personnes se déclarant EHS ?

Quand ils racontent leur parcours, vos patients font-ils souvent allusion à des événements déclencheurs ? Mettent-ils en avant des facteurs prédisposants ?

Si vous deviez faire ressortir un point commun (symptôme ou parcours par exemple) entre toutes les personnes se déclarant EHS vues en consultation, quel serait-il ?

Combien de patients avez-vous diagnostiqués au total ? 88 personnes lors de l'audition de 2009, 204 vues en consultation en 2010, qu'en est-il aujourd'hui ?

En dehors de l'écho Doppler cérébral, sur quels examens repose votre diagnostic ?

Quelles sont les données cliniques et biologiques que vous utilisez pour établir le diagnostic ? Comment les interprétez-vous ?

Quelles sont les publications sur lesquelles repose votre diagnostic ?

Causalité

De quelles informations disposez-vous sur la causalité de l'EHS ?

Comment expliquez-vous le rôle des « magnétosomes » dans l'origine du syndrome ?

L'EHS est-elle liée à une concentration de polluants dans l'organisme selon vous ? Lesquels (polybrominates diphenyl ether (PBDE), métabolite MC6 du chlodane) (cf. Hardelle, *Biology & Medicine*, 2008) ? Avez-vous réalisé des mesures de ces polluants ? Avez-vous validé cette hypothèse ?

Quelles sont les publications permettant d'établir un lien de causalité d'après vous ?

Examens médicaux

Comment fonctionne l'échodoppler cérébral pulsé ?

Avez-vous pu acquérir l'IRM moléculaire ?

Avez-vous poursuivi les études de l'analyse thermographique par infrarouges ?

Avez-vous dosé la S100B ?

Avez-vous dosé l'o-myéline ?

Avez-vous dosé l'histamine ?

Avez-vous dosé les protéines de stress HSP70 et HSP27 ?

Avez-vous mené des études sur les liens de cause à effet entre champs EM et symptômes en cage de Faraday (avec la Pitié Salpêtrière et le CNRS) ?

Où en sont vos recherches sur les causes génétiques et acquises de l'EHS (en cours en 2010) ?

Quels sont les éléments qui vous permettent de suspecter un facteur génétique ?

Allez-vous publier vos travaux ?

Prise en charge des patients

Dans quel cadre les prenez-vous en charge ?

Les avez-vous traités et, si oui, combien, comment et avec quels résultats ?

Avez-vous pu avoir un suivi des patients que vous n'avez pas traités et, si oui, combien et avec quels résultats ?

Évolution

Comment l'intolérance évolue-t-elle ?

Quels liens avez-vous établi avec d'autres maladies ?

Lors de l'une de vos présentations, vous avez dit :

« Pour la sclérose en plaques, (...) j'ai deux cas de sclérose en plaques, non pas déclenchées par le CEM mais dont une poussée a été indiscutablement déclenchée par un portable. Ces deux cas vont être rapportés dans notre prochaine publication car ceci est essentiel. »

Qu'en est-il ? Avez-vous publié vos résultats ?

Quelles sont les maladies vers lesquelles l'intolérance peut évoluer (Alzheimer, sclérose, cancer, etc.) ? Quels sont les marqueurs qui indiquent cela d'après vous ?

Où en sont vos recherches sur la mesure du rythme cardiaque des patients ?

Autres questions

Qu'est ce que les actions auprès de la sécurité sociale ont donné ?

Qu'en est-il de la sortie du rapport descriptif, « feuille de route de la maladie à l'usage des médecins traitants » ?

Quels sont vos travaux en cours ? Allez-vous les publier ?

Annexe 4 : Analyse de l'article Belpomme et al. (2015) par le GT « RF et santé »

Étant donné le nombre de paramètres biologiques analysés et le nombre élevé de personnes se déclarant EHS et / ou MCS²²⁴ (n = 1 216) incluses dans l'étude de Belpomme et al. (2015) ;

étant donné la place médiatique occupée par le Pr Belpomme sur la question de l'EHS depuis la fin des années 2000 ;

étant donné son refus d'être auditionné par le GT de l'Anses et les attentes des personnes se déclarant EHS vis-à-vis de ses travaux de recherche ;

étant donné, enfin, la qualité de sa publication ;

le GT a accordé une attention particulière à sa première publication sur le sujet et lui a consacré une annexe pour présenter les principales limites de l'article en question ci-après :

Concernant la sélection des sujets, 1 216 patients se déclarant EHS et / ou SIOC ont été vus en consultation. Toutefois, l'analyse ne porte que sur 839 patients (521 se déclarant EHS, 52 SIOC et 154 EHS+SIOC), il n'y a aucune explication sur le fait que 377 patients aient été écartés de l'analyse. Les critères de sélection de ces 839 patients ne sont pas clairs. Pour caractériser les sujets SIOC, les auteurs utilisent six critères de sélection (définis dans la référence 3 de l'article : MCS, 1999), auxquels ils ajoutent un 7^{ème} critère sur la cessation subjective de la perception des odeurs. Ils affirment ainsi distinguer les personnes se déclarant EHS des SIOC, sur la base de ce 7^{ème} critère, établi à partir d'observations réalisées uniquement par les auteurs, dans le cadre d'une étude de faisabilité non publiée. Tout l'article repose sur cette affirmation selon laquelle les personnes se déclarant EHS se distingueraient des SIOC du fait d'anomalies du système olfactif. Par ailleurs, concernant la sélection des sujets, il n'est pas possible de savoir quelles sont les caractéristiques des 377 sujets qui ont été éliminés de l'analyse. De plus, l'inclusion des sujets est d'autant plus étrange que deux cas malades d'Alzheimer ont été découverts après inclusion, alors que les personnes souffrant de troubles neurologiques ont été exclues de l'étude (aucune information n'est donnée sur les tests réalisés pour exclure les cas de personnes souffrant de troubles neurologiques).

Il n'y a pas de population témoin, ce qui n'est pas un problème majeur si l'on se réfère aux niveaux biologiques des biomarqueurs étudiés dans la population générale (non-EHS), mais il manque la distribution des valeurs mesurées. Il n'est pas possible de connaître la distribution des résultats des dosages biologiques (tableaux 3, 4 et 5 de l'article). Seule la fourchette des résultats dépassant la valeur normale est donnée. Il suffit qu'il y ait un seul point atypique qui écarte l'intervalle des valeurs mesurées pour donner l'impression que toutes les valeurs sont très en dehors de celui-ci. A minima, la médiane aurait dû être donnée pour chaque biomarqueur mesuré. L'absence de groupe témoin est, en revanche, rédhitoire pour les résultats de la tomosphygmographie ultrasonore pulsée, car cette technique, décrite dans les années 1980, ne fait plus l'objet de publication depuis cette époque (voir commentaires concernant l'utilisation de cette technique ci-après).

En outre, l'âge médian de la population étudiée est de 47 ans, compris entre 16 et 83 ans (voir pyramide des âges sur la figure 3, sur laquelle il manque l'échelle des ordonnées). Or, les valeurs moyennes des dosages biologiques réalisés sont dépendantes de l'âge. Il aurait été nécessaire de comparer les résultats avec ceux d'une population témoin appariée en âge ou, a minima, une présentation des résultats par tranche d'âge.

On relève dans les tableaux 3, 4 et 5 de l'article reproduits ci-après des erreurs de calcul sur les pourcentages (les erreurs sont corrigées en gras). Les pourcentages donnés dans les tableaux 3, 4 et 5 ne sont pas informatifs, il aurait mieux valu calculer la spécificité²²⁵ et la sensibilité²²⁶ par

²²⁴ MCS : *multiple chemical sensitivities*, équivalent du terme SIOC en français.

²²⁵ Spécificité : capacité d'un test à donner un résultat négatif lorsque l'hypothèse n'est pas vérifiée.

²²⁶ Sensibilité : capacité d'un test à donner un résultat positif lorsqu'une hypothèse est vérifiée.

rapport à un test *gold standard*²²⁷. Au total, il y a une dizaine d'erreurs dans ces trois tableaux. Ne seront utilisés ci-dessous que les pourcentages corrigés (**en gras** dans les tableaux 3, 4 et 5 selon la numérotation originale de l'article).

Table 3 (numérotation originale): **High-sensitivity C reactive protein (hs-CRP), immunoglobulin E (IgE), vitamin D2-D3 and histamine in the peripheral blood of EHS and/or MCS self-reporting patients.**

Patients groups	EHS	MCS	EHS/MCS
n	521	52	154
hs-CRP	78 (14.97%)	3 (13.46 5,77%)	22 (14.2 9%)
>3 mg/L	[3.27–51.91]	[3.5–10]	[3.27–21.61]
Vitamine D	33 (6.33%)	5 (9.62%)	16 (10.39%)
<10 ng/mL	[4.81–9.70]	[4.80–8.00]	[7.10–9.90]
Vitamine D	300 (57.58%)	25 (48.0 8%)	92 (59.74%)
≥10 ng/mL and <30 ng/mL	[10.40–29.70]	[10.70–27.90]	[15.00–28.60]
Histamine	182/491 (37, 07%)	18/44 (36.7 40,91%)	59/142 (41.5 5%)
>10 nmol/L	[10.08–360.00]	[10.80–90.00]	[10.10–1797.50]
IgE	115 (22.07%)	8 (15.38%)	38 (24.68%)
>100 UI/mL	[101–1387.60]	[131.10–294.87]	[103.30–1200.00]

Source : Belpomme et al. (2015)

Remarque : Les erreurs de calcul relevées ci-dessus dans la version initiale du présent rapport, mise en consultation publique en juillet 2016, ont été corrigées depuis dans un *Corrigendum* publié en octobre 2016 (Belpomme, Campagnac, and Irigaray 2016).

Les auteurs annoncent que, d'après le tableau 3, 25,3 % des cas investigués (184 patients au total) manqueraient de vitamine D. Les détails donnés dans le texte sont les suivants : 121 (EHS) (23,2 %), 12 (SIOC) (23,1 %) et 51 (EHS/SIOC) (33,1 %). Les valeurs du texte ne correspondent pas du tout à celles du tableau 3 de l'article, qui sont toutes inférieures : 33 EHS (6,3 %), 5 SIOC (9,62 %) et 16 EHS/SIOC (10,39 %). De plus, l'interprétation du statut vitaminique d'une population est difficile et seul l'état de « carence » est aujourd'hui corrélé à un état clinique particulier (augmentation du risque de pathologies osseuses). Quant à la notion de « déficience » (qui se distingue de la carence) en vitamine D, qui est couramment utilisée, elle ne s'accompagne pas de manifestation clinique particulière et n'est pas associée à un risque pour la santé identifié. En France, la prévalence des déficiences sévères en vitamine D (< 5 ng/mL) serait quasi nulle et celle des déficiences modérées (entre 5 et 10 ng/mL) s'élèverait à 4,4 % des adultes²²⁸.

²²⁷ En médecine ou en statistique, un *gold standard* est un test qui fait référence dans un domaine pour établir la validité d'un fait.

²²⁸ Unité de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle (Usen). Étude nationale nutrition santé, ENNS, 2006. Situation nutritionnelle en France en 2006 selon les indicateurs d'objectif et les repères du Programme national nutrition santé (PNNS). In *VERSUS* - Paris 13 - Cnam : 2007. Disponible à : <http://www.invs.santepubliquefrance.fr>, dossier thématique « Maladies chroniques et traumatismes / Nutrition et santé ».

Table 4 (numérotation originale): **Protein S100 β and nitrotyrosin (NTT) in the peripheral blood of EHS and/or MCS self-reporting patients**

Patients groups	EHS	MCS	EHS/MCS
n	521	52	154
S100 β	73/495 (14.7%)	6/51 (11,8%)	28/142 (19,7%)
>0.105 μ g/L	[0.105–2.090]	[0.110–0.500]	[0.110–0.470]
NTT	77/259 (29.7%)	6/29 (20,7%)	22/76 (28.9%)
>0.9 μ g/mL	[0.92–8.20]	[1.10–3.10]	[0.91–3.10]
Increased S100B and/or NTT	133/250 (53.2%)	12/22 (54.5%)	46/73 (63%)
Increased histamine, S100B and/or NTT	220/327 (74,8 67,3%)	27/36 (75%)	91/125 (79,4 72,8%)

Source : Belpomme et al. (2015)

Remarque : Les erreurs de calcul relevées ci-dessus dans la version initiale du présent rapport, mise en consultation publique en juillet 2016, ont été corrigées depuis dans un *Corrigendum* publié en octobre 2016 (Belpomme, Campagnac, and Irigaray 2016).

Concernant la barrière hémato-encéphalique, les auteurs ont dosé trois marqueurs ayant des significations différentes : la protéine S100 β , la nitrotyrosine et l'histamine. Il n'est pas possible de connaître précisément combien de patients ont eu un dosage des trois marqueurs à la fois. La protéine S100 β est une protéine exprimée au niveau des astrocytes péricapillaires. Sa concentration sérique est un indicateur de perméabilité de la BHE validé par rapport aux techniques d'imagerie, IRM et scanner X. Le seuil au-dessus duquel les auteurs ont considéré que cette concentration est anormalement élevée est inférieur à celui de 0,12 ng/mL défini par les auteurs de la méthode (Marchi *et al.*, 2013). En conséquence, les pourcentages de sujets ayant une augmentation de la concentration sérique de cette protéine sont certainement plus bas que ceux, déjà faibles, qui ressortent de l'étude (14,7 % pour les sujets se déclarant EHS, 11,8 % pour les sujets SIOC et 19,7 % pour les sujets se déclarant EHS et SIOC). De plus, la protéine S100 β est aussi exprimée dans le cœur et les reins (Zimmer *et al.* 1995), ce qui rend possible le fait que l'augmentation de sa concentration sérique soit due à des facteurs sans relation avec l'intégrité de la BHE.

La nitrotyrosine est impliquée dans les mécanismes de stress oxydant par lequel l'histamine augmente la perméabilité de la BHE. Sa concentration sérique n'a cependant pas été validée comme indicateur de cette perméabilité par rapport aux techniques d'imagerie cérébrale, chez l'homme. Les auteurs ne donnent pas la référence du seuil au-dessus duquel ils ont considéré que cette concentration sérique était augmentée. Quelles que soient ces réserves, le pourcentage de sujets ayant une concentration sérique élevée de nitrotyrosine est environ deux fois plus élevé que le pourcentage de sujets ayant une concentration sérique de protéine S100 β élevée. Il est cependant toujours inférieur à 30 %, quel que soit le groupe de sujets.

L'histamine est un médiateur chimique présent dans tous les tissus du corps humain et notamment dans les poumons, le foie, la peau et les parois de l'estomac. Elle intervient dans de nombreux processus, dont les plus importants sont la réponse immunitaire, la régulation acide de l'estomac et le contrôle de l'éveil. Elle exerce ses effets via l'activation de quatre récepteurs H1, H2, H3 et H4 qui sont exprimés à la surface de différentes cellules. C'est ainsi que la stimulation des cellules endothéliales via les récepteurs H1 conduit à l'augmentation de la perméabilité vasculaire, dans tout l'organisme comme au niveau cérébral. Au niveau sanguin, on distingue l'histamine plasmatique, dont la concentration est très faible, et l'histaminémie, qui comprend l'histamine contenue dans les polynucléaires basophiles circulants. Il semble que ce soit l'histaminémie qui ait été dosée dans le présent article. Les valeurs normales varient avec la technique utilisée. Celle-ci n'est pas précisée dans l'article. Quoiqu'il en soit, les auteurs rapportent une augmentation de l'histaminémie chez moins de la moitié des sujets : 37,07 % chez les personnes se déclarant EHS, 40,91 % chez les sujets SIOC et 41,55 % chez les personnes se déclarant EHS et SIOC.

Dans l'ensemble, les pourcentages de sujets présentant une augmentation des marqueurs de perturbation de la BHE sont plutôt faibles et ne permettent pas d'expliquer l'EHS par une

augmentation de la perméabilité de la BHE. Chez la majorité des nombreux sujets inclus dans cette étude, la valeur de ces marqueurs est normale. Leur addition ne modifie en rien ces constatations.

Les auteurs indiquent aussi, dans le tableau 4, les pourcentages de sujets présentant une augmentation (1) des concentrations sériques de protéine S100 β et / ou de nitrotyrosine, et (2) des concentrations sériques d'histamine et / ou de l'histaminémie. Ces amalgames n'ont guère de sens physiopathologique dans la mesure où ces dosages traduisent des phénomènes de nature différente. L'augmentation de la concentration de la protéine S100 β traduit le passage d'une molécule « intracérébrale » dans le sang, phénomène secondaire à une altération de la BHE, alors que l'histamine circulante est la cause de cette altération. Il aurait été plus informatif d'indiquer les pourcentages de sujets présentant deux augmentations (protéine S100 β et nitrotyrosine, protéine S100 β et histaminémie, nitrotyrosine et histaminémie).

Au total, les imprécisions relatives aux techniques de dosage et aux valeurs de référence utilisées d'une part, les modalités de présentation des résultats d'autre part, font que ces résultats, sans être dénués d'intérêt, sont à considérer comme des résultats préliminaires, à interpréter avec la plus grande prudence. Ils demandent à être confirmés en utilisant des méthodes de dosage validées et bien décrites et des valeurs de référence établies à partir d'une population témoin de sujets appariés sur l'âge et le genre.

En attendant, un traitement mieux adapté des nombreuses données recueillies pourrait permettre de décrire un ou plusieurs sous-groupe(s) de personnes se déclarant EHS ayant des caractéristiques physiopathologiques différentes. Enfin, il ne faut pas oublier que ces dosages sanguins ne constituent que des approches indirectes du phénomène et n'ont, en particulier, aucune valeur localisatrice. Seules des techniques d'imagerie cérébrale adéquates peuvent apporter la preuve de l'existence et de la localisation d'une augmentation de la perméabilité de la BHE chez l'Homme.

Table 5 (numérotation originale): **HSP70 and HSP27 chaperone proteins and anti-O-myelin autoantibodies in the peripheral blood of EHS and/or MCS self-reporting patients**

Patients groups	EHS	MCS	EHS/MCS
n	521	52	154
Hsp 70	91/486 (18.7%)	4/52 (7.7%)	36/142 (25.4%)
>5 ng/mL	[5.90–11.20]	[7.10–7.70]	[5.20–32.20]
Hsp 27	123/476 (25.8%)	6/52 (11.5%)	42/132 (31.8%)
>5 ng/mL	[5.20–11.20]	[5.90–9.20]	[5.10–25.00]
Hsp70 and/or Hsp27	162/487 (33.3%)	9/52 (17.3%)	56/142 (39.4%)
Anti-O-myelin autoantibodies	109/477 (22.9%)	8/47 (17%)	33/140 (23.6%)

Source : Belpomme et al. (2015)

Remarque : Les erreurs de calcul relevées ci-dessus dans la version initiale du présent rapport, mise en consultation publique en juillet 2016, ont été corrigées depuis dans un *Corrigendum* publié en octobre 2016 (Belpomme, Campagnac, and Irigaray 2016).

Il n'est pas possible de savoir précisément combien de patients ont eu un dosage des trois marqueurs Hsp 70, Hsp 27 et auto-anticorps Anti-O-myelin à la fois.

L'étude ne permet de faire aucun lien entre les biomarqueurs et l'intensité des différents types de symptômes des personnes se déclarant EHS et / ou SIOC. Pour cela, il aurait fallu créer des catégories, même relativement grossière, en fonction de l'intensité des symptômes. Cela aurait permis de donner un argument en faveur d'une éventuelle association entre biomarqueurs et symptômes.

De l'aveu même des auteurs, la spécificité de chacun des tests biologiques effectués séparément est nulle. Dans 20 à 30 % des cas, aucune augmentation des concentrations en histamine, protéine S100 β et / ou NTT n'a été observée, ce qui signifie que pour ces cas, le diagnostic d'EHS et / ou de SIOC ne peut pas être objectivé par ces biomarqueurs (les auteurs proposent alors d'utiliser la technique de tomosphygmographie discutée ci-après).

En outre, même considérés dans leur ensemble, les différents biomarqueurs utilisés ne peuvent pas permettre le diagnostic d'EHS et / ou de SIOC.

L'article de Belpomme *et al.* (2015) ne permet en aucun cas d'établir un lien entre une anomalie quantitative des biomarqueurs analysés et l'origine des symptômes. Certes, cet article montre que les sujets inclus dans l'étude présentent des anomalies biologiques, mais en aucun cas il n'explique la causalité de leurs troubles.

Les auteurs laissent entendre qu'il existe un lien avéré entre les concentrations en protéine C réactive (hs-CRP) et la maladie d'Alzheimer²²⁹, suggérant que l'EHS puisse évoluer vers la maladie d'Alzheimer. Il n'y a que 14,97 % des personnes se déclarant EHS qui montrent une augmentation de la concentration de CRP. Ce résultat est difficile à interpréter dans la mesure où l'on ne connaît pas l'âge de chacune des personnes se déclarant EHS qui participe à l'étude.

Concernant la technique tomosphygmographique ultrasonore, les auteurs déclarent avoir utilisé une méthode spécifiquement mise en place pour explorer le débit sanguin dans le lobe temporal des patients, mais ils ne donnent aucune indication sur le matériel utilisé (s'agit-il d'un prototype ou d'un appareil du commerce ?), ni sur les modalités de son utilisation. Une technique de tomosphygmométrie ultrasonore cérébrale a bien été décrite il y a quarante ans (Lepetit *et al.*, 1976), mais elle n'a donné lieu qu'à quatre publications en langue française entre 1983 et 1986 (Lajoix *et al.*, 1983 ; Parini *et al.*, 1984 ; Dany *et al.*, 1985 ; Texier *et al.*, 1986). Il n'en est plus fait mention, dans les revues générales sur la neurosonologie²³⁰ des dix dernières années. Aucune de ces revues ne cite la technique de tomosphygmographie. En revanche, elles décrivent une autre technique d'exploration ultrasonore de la circulation sanguine du cerveau, la vélocimétrie transcrânienne Doppler (Aaslid *et al.*, 1982), ses améliorations successives et ses nombreuses applications. Cette technique, qui permet de mesurer la vitesse du sang dans les grosses artères cérébrales et non dans des « tranches » tomographiques de tissu cérébral, comme dans la tomosphygmographie, semble avoir supplanté définitivement cette dernière.

Quoiqu'il en soit, la technique et le protocole de mesure utilisés par les auteurs n'ont jamais fait l'objet d'une publication dans un journal scientifique à comité de lecture. Ils n'ont donc par conséquent jamais été répliqués par d'autres équipes et n'ont pas fait l'objet d'une validation. Les auteurs disent avoir comparé leurs données à des valeurs de référence obtenues antérieurement chez 141 sujets normaux. Bien que cela ne soit pas dit explicitement dans l'article, ces valeurs de référence semblent avoir été tirées de l'article de Parini *et al.* (1984), cité ci-dessus et référencé sous le numéro 24 dans la bibliographie de l'article. Si tel est bien le cas, la question se pose de savoir si les deux séries de mesure ont été faites, à trente ans de distance, (1) avec le même appareil, ce qui pose la question de sa maintenance, ou avec des appareils différents, ce qui pose des problèmes d'étalonnage, et (2) par les mêmes opérateurs ou par l'un des cosignataires de l'article.

Des réserves doivent également être faites en ce qui concerne l'utilisation de l'index de pulsatilité. Cet index est certes utilisé, bien qu'accessoirement, dans les techniques de vélocimétrie ultrasonore. Il est alors calculé, pour un vaisseau donné, en divisant la différence entre vitesse systolique et vitesse diastolique par la vitesse moyenne, elle-même calculée en ajoutant à la vitesse diastolique un tiers de la différence entre vitesse systolique et vitesse diastolique. Il sert alors d'index de résistance vasculaire périphérique, celle-ci étant considérée comme augmentée lorsqu'il est supérieur à 1,2 et atteint des valeurs pouvant aller jusqu'à 3. Il s'agit donc d'un index indirect sur lequel se répercutent les erreurs commises en mesurant directement les paramètres entrant dans son calcul. L'index de pulsatilité utilisé dans cette étude a-t-il été calculé selon la même formule ? Les auteurs ne fournissent aucune information sur ce point. Si tel était le cas, la

²²⁹ On admet actuellement que, dans la population générale, la fréquence de la maladie d'Alzheimer après 65 ans est de 2 à 4 % et de 15 % à 80 ans (www.inserm.fr/thematiques/neurosciences-sciences-cognitives).

²³⁰ Sharma *et al.*, 2007 ; Tsivgoulis *et al.*, 2009 ; Yeo *et al.*, 2010 ; Alexandrov and *the American Society of Neuroimaging Practice Guidelines Committee*, 2012 ; Topcuoglu *et al.*, 2012 ; Bathala *et al.*, 2013 ; Wojczal *et al.*, 2015.

mesure des vitesses, effectuée dans des « tranches » de cerveau contenant des artères, des capillaires et des veines, serait plus problématique que celles effectuées dans les artères et la valeur de l'index de pulsatilité moins fiable. Mais, la figure 2 (page 255) suggère qu'il pourrait en être autrement, car elle comporte une échelle de graduation de l'index de pulsatilité qui s'étend de 0 à 20, ce qui n'est pas cohérent avec les valeurs d'index de pulsatilité indiquées plus haut pour la technique de vélocimétrie transcrânienne (de l'ordre de 1 jusqu'à 3). Cette même figure 2 montre que les index de pulsatilité des personnes se déclarant EHS seraient diminués dans les régions paramédianes par rapport à ceux des témoins, alors que les index de pulsatilité mesurés par la vélocimétrie ultrasonore Doppler augmentent avec l'augmentation pathologique de la résistance vasculaire cérébrale. Les résultats semblent incohérents. Toujours sur la figure 2, la signification des colonnes hachurées n'est pas indiquée. Représentent-elles des valeurs inférieures à la normalité (et alors, comment ont-elles été calculées ?) ou bien des valeurs normales (dans ce cas, le témoin (A) est largement au-dessus des valeurs et diffère autant de la « normalité » que la personne se déclarant EHS (B). Au total, cette figure 2, qui est la seule présentation des résultats, est ininterprétable au regard des données scientifiques acquises.

Belpomme *et al.* (2015) déclarent observer une abolition de la pulsatilité cérébrale : *"we found that in comparison to normal subject, cerebral pulsatility in EHS and/or MCS patients was decreased or even completely abolished in one or the two temporal lobes (Figure 2) suggesting that BBF might be specifically decreased or abolished in this brain area"* (p260). Cette affirmation est en total désaccord avec les données les plus solidement établies sur la circulation sanguine et le métabolisme énergétique du cerveau. En effet, une revue complète et détaillée (Heiss 2014) des très nombreux travaux en tomographie d'émission de positons, chez l'animal et chez l'Homme, montre (1) qu'un arrêt complet du débit sanguin cérébral (DSC) entraîne un épuisement complet du métabolisme énergétique cérébral et une perte de connaissance en moins de 10 secondes, (2) qu'une diminution localisée du DSC au-dessous du seuil de 12 mL/100g de substance cérébrale/min entraîne des lésions de nécrose irréversible et (3) qu'une diminution localisée du DSC comprise entre 12 et 22 mL/100g/min, désignée sous le terme de pénombre ischémique, entraîne un déficit de l'approvisionnement énergétique du tissu cérébral, un arrêt du fonctionnement cérébral accompagné d'une symptomatologie neurologique lourde, et une mort tissulaire si elle se prolonge au-delà de 24 heures. Lorsque le DSC est supérieur à 22 mL/100g/min, ce qui correspond à une diminution de l'ordre de 55 % par rapport à la valeur normale de 50 mL/100g/min, l'augmentation des capacités d'extraction cérébrale d'oxygène et de glucose permet d'assurer un métabolisme énergétique cérébral normal.

Enfin, il est bien établi que le crâne n'est perméable aux faisceaux d'ultrasons qu'au niveau de sa partie la plus mince, située dans la fosse temporale et appelée « fenêtre acoustique ». Or celle-ci est imperméable dans 10 % des cas, surtout chez les personnes âgées, car le crâne s'épaissit avec l'âge, et partiellement perméable dans dix autres pourcents des cas. Il est donc impossible qu'un examen tomosphygmographique satisfaisant ait été obtenu chez les 727 sujets inclus dans l'étude, à moins d'admettre que ces sujets aient été sélectionnés sur le critère de perméabilité de la fenêtre temporale, ce qui n'est pas précisé dans l'article.

Pour toutes ces raisons, les résultats et les conclusions de cette étude ne sauraient être utilisés, autrement que comme pistes de recherches à explorer ou éléments à répliquer par d'autres études. Toutefois, il pourrait en être autrement si les problèmes décrits ci-dessus étaient clairement explicités et les résultats validés dans un article publié dans un journal de neurosonologie doté d'un comité de lecture (*peer review*). Pour l'instant, il ne saurait être question de reconnaître en quoi que ce soit la tomosphygmographie cérébrale ultrasonore pulsée comme un test diagnostique de l'EHS.

En outre, l'article comporte des erreurs d'interprétation des références bibliographiques. Belpomme *et al.* (2015) citent l'article de Dik *et al.* (2005) (référence 64, p257) à l'appui de l'affirmation : *"since hs-CRP is considered as a biomarker of age-related cognitive decline or dementia, and more particularly of Alzheimer's disease"*, alors que dans leur article, ces auteurs concluent par *"This population-based study showed that the serum inflammatory protein alpha1-antichymotrypsin is associated with cognitive decline in older persons, whereas C-reactive protein, interleukin-6, and albumin are not"* [Dik *et al.*, 2005].

Belpomme *et al.* (2015) citent également l'article de Stam *et al.* (2010) (référence 170, p264) à l'appui de l'affirmation : "*However, the BBB cannot protect the brain against EMFs*". Or, ces auteurs indiquent dans leur revue que : "*The balance of experimental evidence does not support an effect of 'non-thermal' radiofrequency fields with microwave and mobile phone frequencies on BBB permeability*".

Enfin, d'un point de vue socio-économique, la tomosphygmographie qui n'est pas remboursée par la sécurité sociale, est très onéreuse. Elle ne peut être utilisée qu'à des fins de recherche. Son utilisation dans un cadre thérapeutique nécessiterait donc l'adaptation du cadre légal de sa mise en œuvre.

À noter que, durant la période d'ouverture de la consultation publique, le P^r Belpomme a adressé par voie postale un document à l'Anses (qui sort du cadre de la consultation publique), dans lequel il critique, non seulement l'analyse faite de son article de 2015 (au § 6.1.3 et en Annexe 4 du rapport) dans le pré-rapport d'expertise, mais aussi le contenu de ce pré-rapport dans son ensemble, ainsi que la compétence de ses auteurs.

L'Anses rappelle que les désaccords entre chercheurs ont souvent accompagné le progrès des connaissances scientifiques et que la meilleure façon de les résoudre est de poursuivre les expérimentations.

L'Anses a donc décidé de ne pas répondre au P^r Belpomme, mais d'appeler à la réplication des travaux de ce dernier par des équipes indépendantes, notamment en ce qui concerne le débit sanguin, le métabolisme énergétique du cerveau, et la tomosphygmographie cérébrale. Étant donné la large publicité extrascientifique dont ces travaux ont bénéficié, l'Anses a placé cette réplication parmi les priorités de ses recommandations de recherche sur l'EHS (voir § 10.2 des recommandations).

Annexe 5 : Échelle de mesure des personnes hypersensibles « *Highly Sensitive Person Scale* » ou HSP par Aron et Aron (1997)

1. Vous sentez-vous facilement submergé ou agressé par des stimuli sensoriels intenses ?
2. Semblez-vous conscient des détails infimes de votre environnement ?
3. L'humeur des autres vous affecte-t-elle ?
4. Avez-vous tendance à être plus sensible à la douleur ?
5. Éprouvez-vous le besoin, les jours où vous êtes très occupé, de vous mettre en retrait, au lit, ou dans une pièce sombre, ou dans n'importe quel lieu où vous pourrez bénéficier d'un peu d'intimité et de soulagement, soustrait aux stimulations ?
6. Êtes-vous particulièrement sensible aux effets de la caféine ?
7. Vous sentez-vous facilement submergé ou agressé par des éléments comme la lumière intense, les fortes odeurs, les tissus rugueux ou le bruit d'une sirène proche ?
8. Avez-vous une vie intérieure riche et complexe ?
9. Les bruits forts vous incommodent-ils ?
10. L'art ou la musique sont-ils susceptibles de provoquer chez vous de fortes émotions ?
11. Votre système nerveux vous semble-t-il parfois si épuisé que vous n'avez pas d'autre alternative que de vous libérer de vous-même ?
12. Êtes-vous consciencieux ?
13. Sursautez-vous facilement ?
14. Vous sentez-vous nerveux ou irrité lorsque vous avez beaucoup de choses à faire en peu de temps ?
15. Lorsque les gens autour de vous se sentent mal à l'aise dans un environnement physique, avez-vous tendance à savoir ce qu'il faut faire pour améliorer leur confort (ex. modifier l'éclairage ou changer le siège sur lequel ils sont installés) ?
16. Êtes-vous agacé lorsque les gens essaient de vous faire faire trop de choses en même temps ?
17. Essayez-vous au maximum d'éviter de faire des erreurs ou d'oublier des choses ?
18. Êtes-vous soucieux d'éviter les films ou émissions TV violents ?
19. Ressentez-vous une stimulation ou excitation déplaisante lorsqu'il se passe beaucoup de choses autour de vous ?
20. Le fait d'avoir très faim induit-il chez vous une forte réaction, perturbant votre concentration ou affectant votre humeur ?
21. Les changements dans votre vie vous déstabilisent-ils ?
22. Remarquez-vous et appréciez-vous les senteurs/parfums, goûts, sons, ou œuvres d'art raffinés et délicats ?
23. Trouvez-vous désagréable d'avoir un emploi du temps très chargé ?
24. Est-ce pour vous une priorité essentielle d'organiser votre vie afin d'éviter les situations perturbantes ou oppressantes ?
25. Êtes-vous gêné par des stimuli intenses, comme des bruits forts ou des scènes chaotiques ?
26. Lorsque vous êtes en situation de compétition ou que vous êtes observé pendant la réalisation d'une tâche, devenez-vous si nerveux ou tremblez-vous tellement que votre performance est bien plus mauvaise qu'elle ne le serait d'ordinaire ?
27. Lorsque vous étiez enfant, vos parents ou professeurs vous percevaient-ils comme sensible ou timide ?

Annexe 6 : Valeurs limites d'exposition, recommandations et lignes directrices pour la limitation de l'exposition aux champs électromagnétiques

I. Des effets sanitaires aux valeurs limites d'exposition recommandées

Un champ électromagnétique, dû à la présence de charges électriques, résulte du couplage entre un champ électrique et un champ magnétique. Les variations du champ électromagnétique se propagent dans l'espace sous forme d'ondes dites électromagnétiques en transportant de l'énergie dans cet espace, c'est ce qu'on appelle le rayonnement électromagnétique.

L'intensité du champ auquel est soumis un objet ou un organisme vivant diminue généralement quand sa distance par rapport à la source augmente. En espace libre, à une distance suffisamment grande de la source, l'intensité du champ diminue de façon inversement proportionnelle au carré de la distance, les champs électriques et magnétiques sont alors orthogonaux.

La profondeur de pénétration des rayonnements dans l'organisme est inversement proportionnelle à leur fréquence (quelques centimètres (cm) pour les bandes de la téléphonie mobile) ; c'est ce que l'on appelle « l'effet de peau ». Les basses fréquences (qui correspondent à des longueurs d'ondes très grandes par rapport aux dimensions du corps humain) traversent l'organisme plus facilement que les hautes fréquences (radiofréquences) qui, elles, ne pénètrent que superficiellement dans le corps. Au-dessus de 10 GHz, les champs ne sont absorbés²³¹ qu'au niveau de la peau, comme le champ créé par la lumière du soleil qui a un spectre, bien sûr, au-delà de la radioélectricité, avec des énergies bien supérieures²³².

L'effet de peau des tissus (δ) dépend de leur permittivité et de leur conductivité. Pour des matériaux faiblement conducteurs (non métalliques), en hautes fréquences, elle est donnée par l'expression ci-après (Griffiths, 1989) :

$$\delta = \frac{1}{\omega} \left[\left(\frac{\mu\epsilon}{2} \right) \left\{ \left[1 + \left[\frac{\sigma(\omega)}{\omega\epsilon} \right]^2 \right]^{1/2} - 1 \right\} \right]^{-1/2}$$

avec :

ω : la pulsation,

ϵ : la permittivité,

σ : la conductivité,

μ : la perméabilité magnétique.

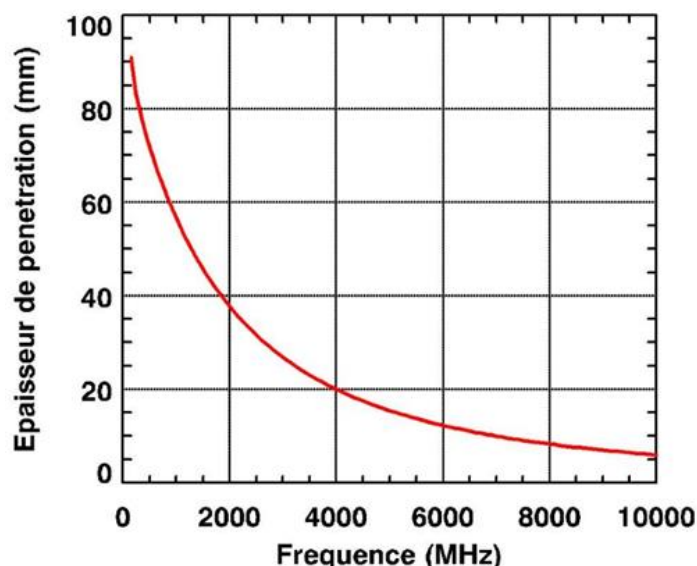
Dans les milieux biologiques, la perméabilité magnétique (μ) est sensiblement la même que dans le vide ($4\pi 10^{-7}$), alors que ϵ et σ dépendent de la fréquence.

La Figure 21 illustre ce phénomène d'effet de peau en fonction de la fréquence.

²³¹ L'absorbance des photons dépend de leur niveau d'énergie (cf. formule de la note de bas de page n° 232) : les rayons X et gamma sont dits ionisants et sont pénétrants, c'est-à-dire qu'ils peuvent traverser la matière. Le pouvoir de pénétration dépend du type de rayonnement et du pouvoir d'arrêt de la matière. Les autres rayonnements sont appelés rayonnements non ionisants et comprennent les ondes électromagnétiques les moins énergétiques : la limite se situe au niveau de la bande la plus énergétique de l'ultraviolet.

²³² Les photons d'un signal électromagnétique transportent une énergie proportionnelle à la fréquence :

$E = h.V$; constante de Planck $h = 6,62.10^{-34}$ J.s, V la fréquence en Hz.



Source : CEA, 2016

Figure 21 : absorption sélective du corps humain (ou effet de peau) selon la fréquence

Il faut noter que, dans la bande des extrêmement basses fréquences, le corps humain est un bon conducteur. Le champ électrique externe est quasi perpendiculaire à la surface du corps, il pénètre donc très peu : le champ interne est cinq à six ordres d'amplitude plus petit que le champ électrique externe. Le champ magnétique, en revanche, n'est pas modifié (la perméabilité magnétique des tissus est égale à celle de l'air) (*Environmental Health Criteria 238, ELF, OMS*).

À ce jour, les organismes ayant produit des valeurs limites d'exposition (Icnirp, IEEE, etc.) considèrent que les seuls effets avérés des champs électromagnétiques sur la santé humaine sont des effets immédiats et à court terme. Il s'agit essentiellement d'effets biologiques directs (dits « effets thermiques ») dus aux champs électromagnétiques de fortes intensités. Ils consistent, selon la fréquence, en la stimulation des muscles ou des nerfs périphériques ou en l'élévation de température des tissus résultant de l'absorption d'énergie pendant l'exposition. À noter que le contact avec des objets conducteurs peut également provoquer des chocs électriques et des brûlures.

Ainsi, seuls les effets à court terme ont été retenus comme fondements pour les valeurs limites d'exposition reprises dans la plupart des recommandations ou directives pour la limitation des expositions aux champs électromagnétiques. Ces effets peuvent être classés en deux grandes catégories : les effets indirects et les effets directs.

I.1 Effets indirects

Un champ électromagnétique induit des courants électriques sur les objets conducteurs (tels que les véhicules ou les clôtures par exemple). Lorsqu'une personne touche ou saisit un objet conducteur sans être munie de gants de protection, un courant peut circuler entre cet objet et le sol à travers la personne. L'intensité de ce courant dépend de l'objet (taille, forme), de la fréquence et de l'intensité du champ, ainsi que de la résistance électrique (impédance) de la personne.

L'impédance dépend de la taille de la personne, de sa masse corporelle et de la composition de son corps (rapport entre la masse maigre et la masse adipeuse), des caractéristiques diélectriques des tissus (muscles, etc.), du type de contact (superficie de contact, c'est-à-dire si la personne touche avec les doigts ou si elle prend l'objet en main), et enfin du type de chaussures qu'elle porte. L'impédance varie aussi avec la fréquence du champ. Le courant de contact circulant dans une personne n'est perçu qu'à partir d'un certain seuil ; à un niveau plus élevé il provoque une douleur et à un niveau encore plus élevé, il peut provoquer une lésion (par exemple : brûlure localisée, tétanie respiratoire, effets cardiaques).

Pour que ces effets soient maîtrisés, des restrictions sont spécifiées en matière de courant de contact.

I.2 Effets directs

L'exposition à des champs électromagnétiques génère des courants à l'intérieur du corps et / ou une absorption d'énergie par les tissus. Lorsque l'énergie absorbée atteint un niveau suffisamment important (voir restrictions de base et niveaux de référence dans l'Encadré 12, p330), sa transformation locale en chaleur peut entraîner, dans les tissus où elle se produit :

- des brûlures superficielles ou profondes en cas de forte densité de courant ;
- une hyperthermie loco-régionale provoquant diverses réponses physiologiques et thermorégulatrices, dont l'intensité dépend de la région du corps exposée ;
- en cas d'exposition accidentelle brève, la création d'un point chaud à l'origine d'une brûlure, éventuellement retardée, difficile à évaluer, faute de pouvoir connaître précisément la répartition énergétique à l'intérieur du corps.

Par ailleurs, en ce qui concerne l'exposition des yeux, le cristallin présente une sensibilité particulière aux ondes en raison de son absence de vascularisation (ce qui limite la dissipation de la chaleur) et de son absorption préférentielle dans sa partie postérieure. Une élévation thermique rapide peut, dans certaines conditions, entraîner une cataracte.

Le Tableau 12 présente une synthèse de ces effets en fonction de la gamme de fréquences.

Tableau 12 : interactions des champs électromagnétiques avec le corps humain

Gamme de fréquences	Mécanisme d'interaction	Effet avéré	Grandeur physique biologique	Grandeur référence de l'exposition
Champ électrique statique	Charges électriques de surface	Sensation désagréable à la surface de la peau, choc électrique	Niveau de champ électrique externe (E)	Niveau de champ électrique (E)
Champ magnétique statique	Induction de champ électrique dans les fluides et les tissus en mouvement	Effets sur le système cardiovasculaire et le système nerveux	Induction magnétique externe (B)	Induction magnétique (B)
Champ électrique en onde entretenue (jusqu'à 10 MHz)	Charges électriques de surface	Sensation désagréable à la surface de la peau, choc électrique, brûlure	Niveau de champ électrique externe (E)	Niveau de champ électrique (E)
	Induction de champ électrique et de courant	Stimulation des cellules nerveuses et musculaires ; effets sur les fonctions du système nerveux	Niveau de champ électrique (E) ou densité de courant (J) dans les tissus	Niveau de champ électrique (E)
Champ magnétique en onde entretenue (jusqu'à 10 MHz)	Induction de champ électrique et de courant	Stimulation des cellules nerveuses et musculaires ; effets sur les fonctions du système nerveux	Niveau de champ électrique (E) ou densité de courant (J) dans les tissus	Induction magnétique (B)

Gamme de fréquences	Mécanisme d'interaction	Effet avéré	Grandeur physique biologique	Grandeur référence de l'exposition
Champ électromagnétique (100 kHz – 300 GHz)	Induction de champ électrique et de courant ; absorption d'énergie par le corps	Elévation de température excessive, choc électrique et brûlure	Débit d'absorption spécifique (DAS)	Niveaux de champs électrique (E) et magnétique (H) Densité de puissance
	Absorption d'énergie en surface pour $F > 10$ GHz	Elévation de température en surface	Densité de puissance (S)	Densité de puissance (S)
	Onde de propagation thermoacoustique pour des impulsions $< 30 \mu\text{s}$, de 300 MHz à 6 GHz	Troubles de l'audition	Absorption spécifique (SA)	Densité de puissance crête

Source : (Icnirp 2002).

Les commentaires suivants peuvent être apportés :

1. En matière de champs magnétiques, dans la gamme de fréquences de 1 Hz à 10 MHz, les courants induits dans l'organisme peuvent entraîner une stimulation électrique douloureuse ou une réaction aversive. Dans la plage des très basses fréquences de 4 Hz à 1 kHz, ces effets apparaissent en liaison avec des densités de courant induit supérieures à 100 mA/m² (valeur efficace). Dans cette gamme de fréquences et en tenant compte d'un facteur de sécurité de 10, l'Icnirp, suivant l'IRPA, avait proposé en 1998 une valeur limite de courant induit de 10 mA/m² pour le groupe des professionnels. Au-delà de 1 kHz, la valeur limite augmente en fonction de f [Hz]/100. Pour les fréquences supérieures à 10 MHz, aucune valeur limite n'est spécifiée (Icnirp, 1998).

En 2010, l'Icnirp a publié une nouvelle directive qui, pour les gammes 1 Hz – 100 kHz et 100 kHz – 10 MHz, ne prend plus en compte la densité de courant induit comme paramètre représentatif des restrictions de base, mais le champ électrique interne induit dans le corps humain (Icnirp 2010).

2. Jusqu'à 100 kHz, l'exposition n'entraîne qu'une faible absorption d'énergie (tout dépend cependant de la puissance émise à l'origine) et aucune élévation de température significative.
3. Entre 100 kHz et 10 GHz, les valeurs limites d'exposition sont fondées sur le réchauffement des tissus sous-cutanés dans diverses parties du corps. Les molécules qui constituent notre organisme sont souvent chargées avec des moments dipolaires électriques (ce qui signifie que leur comportement est similaire à celui d'un dipôle électrique, c'est le cas pour l'eau) et la membrane des cellules elle-même (dont le rôle est de limiter et de contrôler les échanges entre l'intérieur et l'extérieur des cellules) est un diélectrique séparant deux milieux conducteurs ($\sigma_{\text{int}} \approx \sigma_{\text{ext}} \approx 1,2 \text{ S/m}$). Sous l'action d'un champ électrique, les molécules avec des moments dipolaires s'orientent. L'apparition de la polarisation d'orientation apparaît dans un délai très court pour l'eau (de l'ordre de la pico seconde) et la puissance absorbée par l'eau va être notamment proportionnelle au carré de l'intensité du champ électrique comme l'est le DAS (débit d'absorption spécifique). Un DAS corps entier de 4 W/kg est considéré par l'Icnirp comme le seuil au-delà duquel une hyperthermie se produit ; il sert depuis 1982 de base aux lignes directrices de protection des personnes contre l'exposition aux ondes radiofréquences. D'après l'IRPA, un DAS de 4 W/kg dans

une gamme de fréquences de 10 MHz à 6 GHz entraîne une augmentation de 1°C de la température corporelle après environ 30 minutes d'exposition continue au rayonnement. L'Icnirp reprend les mêmes valeurs dans ses recommandations (cf. paragraphes suivants).

4. Autres effets : Les champs magnétiques pulsés peuvent produire d'autres effets tels que la perception acoustique d'impulsions micro-ondes. L'absorption de l'onde au niveau du liquide céphalo-rachidien donne lieu à une onde acoustique qui se propage à l'intérieur du crâne et provoque l'audition d'un son décrit comme un bourdonnement, un cliquètement, un sifflement ou un crépitement selon les caractéristiques du champ pulsé. Pour que ces effets soient maîtrisés, des restrictions sont spécifiées en matière d'absorption spécifique de l'énergie (AS).

II. Recommandations et lignes directrices pour la limitation de l'exposition aux champs électromagnétiques

L'approche générale de l'Icnirp pour la protection contre les rayonnements non ionisants a été publiée dans un article en 1998 (Icnirp 1998) ; elle concerne l'ensemble des fréquences jusqu'à 300 GHz. D'autres publications concernant notamment le domaine des basses fréquences ont fait l'objet d'articles scientifiques publiés par cette Commission en 2003 (Icnirp 2003) et 2010 (Icnirp 2010). L'Icnirp examine dans ces publications l'ensemble des effets sur la santé documentés dans la littérature, mais ne considère que ceux avérés pour établir des limites d'exposition. Un effet sanitaire est considéré avéré lorsque les effets biologiques²³³ observés dépassent les limites d'adaptation du système biologique considéré. Il sort du cadre des réponses adaptatives physiologiques, de l'homéostasie, sous l'action de l'agent extérieur. Le jugement dépend de la qualité, de la reproductibilité et de la cohérence des études. Les résultats obtenus sur des cellules *in-vitro* ne sont pas retenus, car l'Icnirp considère que les réponses biologiques observées n'ont pas été démontrées dans des expérimentations *in vivo*, et donc qu'ils ne sont pas suffisamment pertinents pour pouvoir servir de base à l'évaluation des effets sanitaires potentiels.

Selon l'Icnirp, la limitation des effets liés à l'exposition aux rayonnements non ionisants doit être fondée sur l'observation des effets sanitaires avérés. Cette limitation est appelée « restriction de base ». Les grandeurs physiques utilisées pour cette restriction de base sont, en fonction de la fréquence : la densité de courant, le débit d'absorption spécifique ou la densité de puissance. La protection contre les effets sanitaires des champs électromagnétiques est assurée par le non dépassement de ces restrictions de base. L'Icnirp considère par ailleurs qu'il n'y a aujourd'hui pas de preuves scientifiques convaincantes, dans les domaines de l'épidémiologie et de la biologie, permettant de conclure à l'existence d'effets sanitaires à long terme comme le cancer ou des pathologies dégénératives.

Les recommandations éditées par l'Icnirp sont donc données en termes de « restrictions de base » et de « niveaux de référence » dérivés de ces dernières (cf. Encadré 12).

²³³ Les effets biologiques sont des changements d'ordre biochimique, physiologique ou comportemental qui sont induits dans une cellule, un tissu ou un organisme en réponse à une stimulation extérieure. Un effet biologique, habituellement réversible, se situe dans les limites de la régulation interne de l'organisme (homéostasie).

Encadré 12 : restrictions de base et niveaux de référence selon l'Icnirp (Icnirp Guidelines 1998 et 2010)**Les restrictions de base**

Ce terme couvre la valeur mesurée des champs électrique, magnétique et électromagnétique dont il est démontré qu'ils entraînent des effets sanitaires sur l'organisme humain. En fonction de la gamme de fréquence du rayonnement incident sur le corps, ces restrictions de base sont présentées sous forme d'induction magnétique (B), de champ électrique (E), de densité de courant induit (J), de débit d'absorption spécifique (DAS) ou encore de densité de puissance (S). L'induction magnétique et la densité de puissance peuvent être facilement mesurées à l'emplacement de la personne exposée, mais ce n'est pas le cas pour les autres grandeurs qui ne sont accessibles qu'à l'intérieur du corps.

Les restrictions de base sont des exigences ou des valeurs spécifiées de grandeurs étroitement liées à la maîtrise des effets des rayonnements électromagnétiques. Leurs valeurs limites, qui incluent cependant des facteurs de sécurité importants, ne doivent pas être dépassées.

Les niveaux de référence

La quantification des restrictions de base s'avère difficilement réalisable en pratique, car elle doit être généralement évaluée à l'intérieur du corps humain (la plupart du temps par simulation numérique à partir d'une mesure externe). Des études expérimentales ont été réalisées et ont finalement conduit à adopter des niveaux, dits « de référence », plus facilement mesurables et dont le respect permet d'atteindre l'objectif de sécurité poursuivi.

Ces paramètres sont connus sous l'appellation de « niveaux de référence » et sont fondés soit sur des modèles mathématiques de l'absorption par le corps humain de l'énergie électromagnétique, soit sur l'extrapolation de données empiriques mesurées par exemple sur un mannequin présentant les mêmes caractéristiques physiologiques.

Les niveaux de référence sont des simulations des niveaux d'environnement électromagnétique exprimés en valeur de champ électrique, de champ magnétique, de densité de puissance et de courant, qui permettent de vérifier la conformité aux restrictions de base et d'évaluer ainsi les effets des rayonnements électromagnétiques. Ces niveaux tiennent compte de marges de sécurité établies en considérant un large éventail de situations d'exposition possibles, avec l'objectif que dans les configurations d'exposition usuelles, le respect des niveaux de référence entraîne obligatoirement le respect des restrictions de base correspondantes. Les niveaux de référence sont employés pour évaluer de manière pratique l'exposition et déterminer si les restrictions de base sont respectées. Certaines valeurs de référence sont déduites par mesure ou calcul des restrictions de base appropriées, d'autres prennent en compte les risques indirects dus à l'exposition au champ électromagnétique. Les paramètres significatifs sont le champ électrique (E), le champ magnétique (H), l'induction magnétique (B), la densité de puissance (S) et le courant passant à travers l'organisme (Ii). Les paramètres prenant en compte les effets d'une exposition indirecte sont le courant de contact du corps (Ic) et, dans le cas des champs pulsés, l'absorption spécifique (AS). Tous ces niveaux sont donnés pour deux catégories : « public » et « travailleur ».

Les niveaux d'exposition tolérés pour le public sont inférieurs à ceux acceptés pour la population des travailleurs, car il est considéré qu'un travailleur a la connaissance (et donc une meilleure maîtrise) de l'environnement électromagnétique dans lequel il se trouve, ce qui n'est pas le cas d'une personne publique soumise à une exposition, en dehors de sa volonté, par conséquent sans la maîtrise de la durée d'exposition. Par ailleurs, il est considéré que l'âge et l'état de santé des personnes dans la catégorie « public » sont plus variables (enfants, personnes âgées, malades, etc.) que dans la catégorie « travailleur ».

On notera que l'Anses, dans son avis publié le 8 juillet 2016 s'appuyant sur le rapport d'expertise consacré à l'exposition des enfants aux radiofréquences, a souligné que, dans certaines circonstances, les niveaux de référence pouvaient être inadaptés pour les enfants, occasionnant un dépassement des restrictions de base (Anses, 2016),

L'objectif principal des lignes directrices pour la protection contre les rayonnements non ionisants jusqu'à 300 GHz (Icnirp, 1998 et Icnirp, 2010) est d'établir des limites d'exposition aux ondes électromagnétiques pour se protéger de leurs effets néfastes connus sur la santé, en prenant en compte l'ensemble des fréquences des champs variables dans le temps jusqu'aux premières longueurs d'ondes des rayonnements infrarouges. Ce document décrit les études prises en compte portant sur les effets directs et indirects des champs électromagnétiques, c'est à dire les

effets de l'interaction directe des champs avec le corps et les effets indirects qui font intervenir des interactions avec un objet à un potentiel électrique différent du corps.

À partir de l'analyse des résultats des études expérimentales et épidémiologiques, des restrictions de base pour l'exposition et des niveaux de référence pour l'évaluation pratique du risque sont proposés et les lignes directrices devant s'appliquer à l'exposition professionnelle et du public sont données. Différentes bases scientifiques ont été utilisées dans le développement des limites d'exposition de base pour les différentes gammes de fréquence :

- entre 1 Hz et 10 MHz, des restrictions de base sur la densité de courant pour prévenir les effets sur les fonctions du système nerveux central ;
- entre 100 kHz et 10 GHz, des restrictions de base sur le DAS pour empêcher l'échauffement excessif du corps entier et localement des tissus ;
- entre 100 kHz et 10 MHz, des restrictions de base sont fournies à la fois sur la densité de courant et le DAS ;
- entre 10 GHz et 300 GHz, des restrictions de base sur la densité de puissance pour empêcher un échauffement excessif des tissus ou près de la surface du corps.

En 2010, l'Icnirp a proposé de nouveaux indicateurs d'exposition pour les restrictions de base, en séparant les effets sur les tissus du système nerveux central de la tête d'une part, et les effets sur les autres tissus de la tête et du corps. Les restrictions de base s'expriment désormais en champ électrique interne (en V/m), aussi bien pour les professionnels que pour la population générale.

Jusqu'à 100 kHz, l'Icnirp considère que les risques sont liés à des réponses transitoires du système nerveux comme des stimulations des systèmes nerveux central et périphérique.

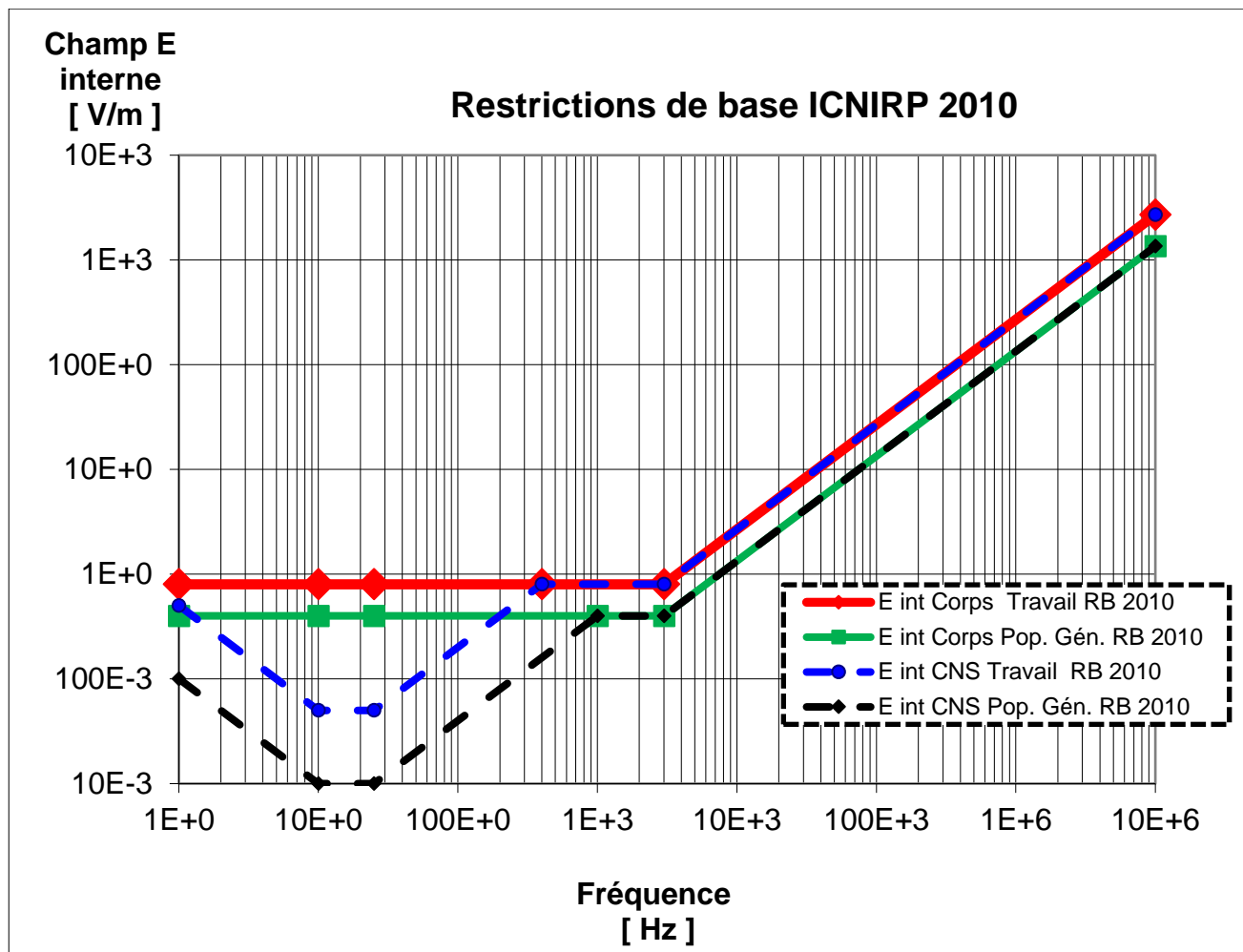
L'exposition professionnelle devrait ainsi être limitée, dans la bande de fréquences 10 Hz – 25 Hz, au champs qui induisent des champs électriques internes dans les tissus du système nerveux central de la tête inférieurs à 50 mV/m, pour éviter de provoquer l'apparition phosphènes au niveau de la rétine (perception de phénomènes lumineux). Cette restriction permettrait également de prévenir d'éventuels effets transitoires sur les fonctions cérébrales. Le seuil d'apparition de ces phosphènes augmente rapidement avec la fréquence. Aux fréquences supérieures à 400 Hz, les limites sur la stimulation nerveuse périphérique s'appliquent pour toutes les parties du corps.

L'exposition dans des environnements contrôlés, où les travailleurs sont informés des effets transitoires possibles de cette exposition, devrait être limitée aux champs qui induisent des champs électriques dans la tête et le corps inférieurs à 800 mV/m, pour éviter la stimulation nerveuse centrale et périphérique. Un facteur de réduction de 5 a été appliqué à un seuil de stimulation de 4 V/m pour tenir compte d'incertitudes. Ces restrictions s'appliquent jusqu'à 3 kHz.

Pour la population générale, un facteur de réduction supplémentaire de 5 est appliqué, conduisant à une restriction de base de 10 mV/m entre 10 et 25 Hz. À 1 000 Hz, un facteur de réduction de 10 conduit à une restriction de base de 400 mV/m, qui doit être appliqué à tous les tissus de toutes les parties du corps (cf. Figure 22).

Par ailleurs, les effets biologiques et sanitaires avérés dans la gamme de fréquences de 10 MHz à quelques GHz sont consécutifs à une élévation de température du corps de plus de 1°C. Cette augmentation de la température résulte de l'exposition des individus à un DAS corps entier d'environ 4 W/kg pendant environ 30 minutes. Un DAS corps entier moyen de 0,4 W/kg a donc été choisi comme étant la restriction qui fournit une protection adéquate pour l'exposition professionnelle, en se basant uniquement sur les effets thermiques (Icnirp, 1998). Un facteur de sécurité supplémentaire de 5 est mis en place pour l'exposition du public, ce qui donne une limite moyenne de l'ensemble du corps de 0,08 W/kg. Enfin, les restrictions de base pour les densités de puissance pour les fréquences de 10 à 300 GHz sont de 50 W/m² pour les professionnels et de 10 W/m² pour le grand public.

Les niveaux de référence sont ensuite déterminés pour les expositions des professionnels et de la population générale sur toute la gamme de fréquence et donnent les valeurs limites des champs électrique et magnétique.



Source : Icnirp, 2010

Figure 22 : restrictions de base pour la population générale et les travailleurs en fonction de la fréquence

Annexe 7 : Questionnaires et échelles de somatisation utilisés dans les publications analysées pour recueillir les symptômes subjectifs des personnes se déclarant EHS

Patient Health Questionnaire Somatic Symptom Severity Scale (PHQ-15) (Kroenke *et al.*, 2002) : échelle comportant 15 items qui mesurent la prévalence des symptômes physiques les plus communs (maux de tête, nausées, etc.) ressentis par le sujet au cours des 4 dernières semaines ;

Somatosensory Amplification Scale (SSAS) (Barsky *et al.*, 1988, 1990) : échelle qui compte 10 items qui mesurent la tendance du sujet à expérimenter des sensations somatiques ressenties comme intenses, délétères et perturbantes, sans toutefois constituer des signaux de phénomènes pathologiques. Elle sert à caractériser l'hypocondrie, la fibromyalgie, un trouble dépressif majeur et certains troubles de l'anxiété notamment ;

Regensburg-EMF-complaint-list (ou échelle de Ratisbonne) : échelle de langue allemande, élaborée à partir d'études décrivant la symptomatologie fonctionnelle de l'EHS (Frick *et al.*, 2002). Elle comprend 36 symptômes, notés de 0 (absent) à 3 (sévère). Après validation (Frick *et al.*, 2006), un score d'au moins 19 (correspondant au tiers supérieur observé dans la population générale) a été proposé comme critère d'inclusion dans les études ;

20-item symptom checklist (Szemerszky, Koteles, *et al.* 2010) : liste comportant 19 symptômes somatiques souvent mentionnés et expérimentés en relation avec le système nerveux central (maux de tête, vertiges, irritabilité, agitation, étourdissements, fatigue), les fonctions viscérales (palpitations, essoufflement, sensations de brûlures cardiaques, nausées, douleurs abdominales, tension musculaire, tremblements), les organes sensoriels (congestion nasale, sécheresse de la bouche, acouphènes, vision brouillée), les problèmes cutanés (sueurs, peau froide, démangeaisons, sensations sur la peau, fourmillements) basés sur des résultats de la littérature (Seitz *et al.* 2005, Eltiti *et al.* 2007a, Rössli *et al.* 2004, Rössli 2008a, Rubin, Cleare, and Wessely 2008, Koteles and Bardos 2009, Szemerszky, Ferenc, and György 2009) et une « autre » catégorie de symptômes non répertoriés parmi les précédents. L'échelle comporte 5 points : 0 = certainement pas, 1 = probablement pas, 2 = peut-être, 3 = probablement, 4 = sûrement ;

Von Zerksen somatic complaint list (von Zerksen D. *Complaint list. Manual*, Weinheim, Beltz, 1976) : liste largement utilisée dans les pays de langue allemande, comprenant 24 items et couvrant une large gamme de symptômes non spécifiques. La sévérité de chaque symptôme est mesurée sur une échelle de 4 points (pas du tout, rarement, moyennement, souvent).

Annexe 8 : Les questionnaires/questions d'évaluation subjective des troubles du sommeil

Il existe de nombreux questionnaires ou parties de questionnaires permettant d'explorer la façon dont les sujets perçoivent la qualité de leur sommeil, la fréquence et l'intensité de ses troubles, ainsi que la qualité de leur vigilance. Un certain nombre d'articles mentionnent un questionnaire, éventuellement validé en interne (par les auteurs), mais ne donnent pas de précision sur le contenu des questions en relation avec le sommeil et ses troubles. Ne seront présentées ci-dessous que les échelles validées qui ont été utilisées dans des études portant sur des personnes se déclarant EHS. Elles sont de deux sortes : les échelles de sommeil proprement dites et les échelles de somnolence diurne.

Les échelles de sommeil proprement dites

L'échelle de Pittsburg ou index de qualité du sommeil de Pittsburg (PSQI) (Buysse *et al.* 1989) est une échelle de référence au plan international. Elle a trait aux habitudes de sommeil pendant le dernier mois. Elle comprend 11 questions. Certaines sont simples comme l'heure du coucher, le nombre de minutes avant endormissement, l'heure habituelle du lever, le nombre d'heures de sommeil effectif, la qualité globale du sommeil et la prise de médicaments pour faciliter le sommeil. D'autres sont plus complexes et concernent les troubles du sommeil évalués par le sujet lui-même (9 sous-items) et, le cas échéant, par le conjoint ou un camarade de chambre (5 sous-items). Enfin, deux questions explorent la somnolence diurne. La quantification des réponses permet d'obtenir un score global.

Le Karolinska Sleep Diary (KSD) (Åkerstedt *et al.* 1994a, 1994b) est un questionnaire d'usage plus restreint. Proposé par Åkerstedt *et al.* (1994), il comprend sept questions simples : la facilité d'endormissement, la qualité du sommeil, sa continuité, son calme, son caractère récupérateur, la facilité du réveil et le caractère suffisant du sommeil. Ici aussi la quantification des réponses (de 0 à 5) permet de calculer un score global.

Le Swiss Health Survey (SHS) est une étude de la population suisse (*cross sectional*) réalisée tous les 5 ans depuis 1992 par l'Office fédéral suisse de statistiques mandaté par le gouvernement suisse. Les données sont anonymes et n'impliquent pas le consentement d'un comité d'éthique. Le SHS consiste en une interview téléphonique et un questionnaire écrit. Les diverses questions posées touchent à de nombreux aspects de la santé (nourriture, activité physique, surpoids, diabète, vitalité, énergie, régime alimentaire, etc.) dont certaines ciblent en particulier le sommeil et ses troubles. Celles-ci permettent de répondre, par exemple sur la durée du sommeil : courte (< 7h) ou longue (> 9h), et sur l'initiation et le maintien du sommeil avec les problèmes d'endormissement, d'éveils nocturnes et les éveils précoces. Des questions spécifiques visent à identifier l'existence d'une pathologie du sommeil comme les apnées obstructives, le syndrome des jambes sans repos ou encore la narcolepsie. Un score supérieur à 8 indique des troubles du sommeil.

Les échelles de somnolence diurne

L'échelle de somnolence d'Epworth (ESS) (Johns 1991) comprend 8 questions notées par le sujet de 0 à 3 (0 : exclu, 1 : pas impossible ; 2 : probable et 3 : systématique). Les sujets doivent répondre à la question : 'Quelle chance avez-vous de somnoler ou de vous endormir, pas simplement de vous sentir fatigué(e) dans les situations suivantes ? Huit différentes situations sont proposées comme 'assis en train de lire'. Un score = 0 signifie l'absence de somnolence diurne, un score supérieur à 10 indique une somnolence excessive pendant la journée et un score = 21 une somnolence diurne très excessive.

La Karolinska sleepiness scale (KSS), élaborée par Åkerstedt et Gillberg (1990), propose au sujet d'auto-évaluer sa somnolence diurne sur une échelle de 1 (très alerte) à 9 (très somnolent/fait des efforts pour rester éveillé) (Åkerstedt and Gillberg 1990).

Toutes ces échelles sont largement utilisées en pratique, car elles sont simples à mettre en œuvre. Cependant, elles ne donnent qu'un reflet subjectif du phénomène, qui n'est pas toujours confirmé par les examens objectifs (polysomnographiques ou actigraphiques) qui permettent d'analyser les modifications de la structure du sommeil, ou par le test standard (*Multiple sleep test latency*) (Carskadon and Dement 1977, Carskadon *et al.* 1986), qui permet d'objectiver les endormissements diurnes excessifs²³⁴, ainsi que leur sévérité.

²³⁴ cf. définition des endormissements diurnes excessifs en note de bas de page n°188, p212.

Annexe 9 : Questionnaires explorant la notion de bien-être

Questionnaire on Current Disposition (QCD) (Muller and Basler, 1993) : mesure le bien-être subjectif à travers de courts intervalles de test-retest en utilisant 6 items bipolaires (tension-calme, appréhension-non perturbé, inquiet-non concerné, anxieux-détendu, sceptique-non sceptique, mal à l'aise-confortable) ;

Questionnaire to include Other factors (QOF) : questionnaire élaboré par Regel *et al.* (2006) pour compléter l'exploration de l'état de bien-être. Il comporte des items tels que la durée du sommeil, la qualité de la nuit précédant l'entretien, l'état enrhumé ou non, la quantité d'alcool, de caféine ou de médicaments consommée le jour précédant l'expérimentation, les douleurs (pré-) menstruelles et les événements stressants ;

Well Being questionnaire (Bulpitt and Fletcher, 1990) : questionnaire comportant 23 items destinés à apprécier la qualité de vie, notamment, l'anxiété, la dépression, l'hostilité et des symptômes somatiques ;

En examinant des critères internationalement reconnus pour la dépression et l'anxiété (classifications DSM²³⁵ et ICD²³⁶) et en définissant l'opposé de chaque symptôme, Huppert and So (2013) ont identifié dix critères de bien-être : 1) le sens de l'accomplissement, 2) la stabilité émotionnelle, 3) l'engagement ou attrait à apprendre des choses nouvelles, 4) le sentiment d'accomplir dans sa vie des choses valables et intéressantes, 5) l'optimisme, 6) l'émotion positive *i.e.* le bonheur ressenti, 7) la relation positive par rapport aux autres (les autres s'intéressent réellement à moi et prennent soin de moi), 8) la résilience (quand les choses vont mal, combien de temps faut-il pour un retour à la normale ?), 9) l'estime de soi, 10) la vitalité ou énergie. Ces critères incluent des aspects à la fois hédonistes et eudynamiques du bien-être.

²³⁵ *Diagnostic and Statistical Manual of mental disorders (DSM)* : manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux, ouvrage de référence publié par la société américaine de psychiatrie. La cinquième édition, DSM V, a été publiée en mai 2013.

²³⁶ *International statistical Classification of Diseases and related health problems (ICD)* : classification statistique internationale des maladies et problèmes de santé connexes, publiée par l'OMS et mondialement utilisée pour l'enregistrement des causes de morbidité et mortalité dans le domaine de la médecine.

Annexe 10 : Les maladies du système nerveux autonome (SNA) et leurs symptômes

Le système nerveux autonome (SNA) est le siège de fréquents dérèglements pathologiques (voir Tableau 13) primaires (maladies neurologiques avec atteinte du SNA : maladie de Parkinson, démences à corps de Lewy, atrophies multisystématisées, etc.) ou secondaires (diabète, amylose, insuffisance rénale, etc.). Dans les maladies cardiovasculaires et le diabète, l'existence d'une dysfonction végétative (dysautonomie) a été montrée comme étant associée à un risque accru de morbidité cardiovasculaire ou de mortalité toute cause.

Tableau 13 : classification des principales maladies du système nerveux autonome

Dysautonomies	primatives	« <i>Pure autonomic failure</i> » Atrophies multisystématisées Maladie de Parkinson Maladie des corps de Lewy Dysautonomie familiale (syndrome <i>de Riley Day</i>) Déficit en dopamine β -hydroxylase	
	secondaires	Métaboliques	Diabète sucré Insuffisance rénale chronique Carence en vitamine B12
		Inflammatoires	Syndrome de Guillain Barré Pandysautonomies aiguës et subaiguës Myélites
		Infectieuses	Tétanos Infection VIH Maladie de Chagas Botulisme
		Néoplasiques	Syndromes paranéoplasiques Tumeurs de la fosse postérieures Dysautonomie post radique
		Traumatiques	Lésions médullaires traumatiques Sympathectomies
	<u>Médicaments et toxiques</u>	Effet direct Par l'intermédiaire d'une polyneuropathie	
<u>Syncopes neurogéniques</u>	Vasovagales Hypersensibilité du sinus carotidien Syncopes situationnelles		
<u>Syndrome de tachycardie posturale</u>			

Source : d'après Mathias CJ, *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2003

Les symptômes des dysautonomies sont variables en fonction de l'organe et ne feront pas l'objet d'une présentation détaillée dans ce document. On peut cependant citer :

- Les signes cardiovasculaires très fréquents mais non spécifiques. On distingue *l'hypotension orthostatique* (diminution d'au moins 20 mm Hg de la pression artérielle (PA) systolique et de 10 mm Hg de la PA diastolique dans les 3 minutes suivant le lever) fréquemment associée à *une hypertension artérielle de décubitus (HTAD)*, *l'hypotension post-prandiale* (diminution d'au moins 20 mm Hg de la PA systolique dans les 90 mm suivant la prise alimentaire), le *syndrome de tachycardie posturale* (augmentation de la fréquence cardiaque > 30 bpm lors du lever ou une fréquence cardiaque > 120 bpm sans chute concomitante de la pression artérielle) et enfin *les malaises et syncopes « vagues »* ;

- Les signes cutanés à type de troubles de la sudation (hyperhidrose ou hypohidrose) généralisés ou focalisés souvent bien décrits par le patient ;
- Les signes oculaires : l'altération des fibres nerveuses végétatives à destinée pupillaire peut être responsable d'un défaut d'accommodation à l'obscurité ou d'une anisocorie (syndrome de Claude Bernard-Horner, syndrome d'Addie).
- Les troubles génito-urinaires : ils seront évoqués devant un retard de perception du besoin d'uriner, une dysurie, une pollakiurie et une perception de résidu post-mictionnel suggérant une vessie hypoactive, hypocontractile et hypoesthésique ou au contraire un besoin précoce et impérieux avec fuites d'urines suggérant une vessie hyperactive, hypercontractile ;
- Les troubles sexuels (difficulté de maintien d'une érection, incapacité totale d'érection, anorgasmie, etc.) sont souvent d'installation précoce au cours des dysautonomies et doivent être systématiquement recherchés ;
- Les troubles digestifs : une diarrhée souvent impérieuse, à prédominance nocturne, associée ou non à une incontinence anale ainsi qu'une constipation ou l'alternance diarrhée-constipation peuvent être le témoin d'une atteinte autonome digestive.

Annexe 11 : Quelques techniques de mesure de l'activité du système nerveux autonome (SNA)

Les **méthodes dites « de référence »** : Il s'agit de techniques directes parmi lesquelles figurent l'enregistrement microneurographique des fibres neurovégétatives sympathiques et la technique de *spill-over* de noradrénaline quantifiant la libération d'un traceur radioactif en fonction de l'activité des terminaisons nerveuses sympathiques. Ces techniques, considérées comme le *gold standard* dans le domaine, sont réservées à certains laboratoires en raison de la difficulté de leur mise en œuvre. On peut également mesurer l'activité vagale par enregistrement direct de l'activité électrique du nerf pneumogastrique.

Les **techniques « indirectes »**, comme la mesure des catécholamines plasmatiques, la scintigraphie à la métaiodobenzylguanidine (MIBG), l'imagerie par tomographie d'émission de positons (TEP) des récepteurs FluoroDopa, etc. Cependant, les techniques les plus précises reposent sur des tests mesurant les modifications des paramètres cardiovasculaires lors de stimulations physiologiques ou pharmacologiques bien codifiées et sur un enregistrement continu de la pression artérielle et / ou de la fréquence cardiaque. Les tests les plus courants composent la batterie d'Ewing : épreuve de respiration profonde à 6 cycles/min, manœuvre de Valsalva (40 mmHg pendant 15 secondes), épreuve de contraction isométrique (30 % de la force maximale pendant 3 min), quantification de l'adaptation posturale de la fréquence cardiaque (rapport 30/15 : valeur de l'intervalle RR au 30^{ème} battement après le lever / valeur intervalle RR au 15^{ème} battement après le lever) et de la pression artérielle. Cet intervalle correspond à la période cardiaque, c'est-à-dire au temps séparant deux battements. Ces tests sont utilisés pour le diagnostic positif de dysautonomie et / ou pour apprécier l'apport respectif d'une dysfonction parasympathique ou orthosympathique.

Comme ces tests nécessitent un équipement sophistiqué et un laboratoire adapté, on a cherché d'autres moyens plus simples et rapides pour évaluer l'activité du SNA telles que l'analyse de la variabilité sinusale qui fait l'objet, dans le contexte de ce rapport, d'un paragraphe individualisé.

L'analyse de la variabilité sinusale de la fréquence cardiaque (*Heart Rate Variability* ou *HRV*) est un des moyens les plus couramment utilisés à ce jour pour apprécier l'activité conjointe des deux systèmes orthosympathique et parasympathique sur le nœud sinusal. L'intérêt de cette méthode est qu'elle est non invasive et ne nécessite qu'un simple enregistrement de l'ECG de surface de durée limitée à quelques minutes (cependant on utilise parfois des analyses de ce type sur des enregistrements holter ECG des 24 heures). L'analyse est faite soit dans le domaine temporel avec la quantification d'index reflétant l'activité vagale ou sympathique (SDNN²³⁷, PNN50²³⁸, RMSSD²³⁹, etc.), soit dans le domaine fréquentiel (analyse spectrale). De très nombreuses études ont montré les déterminants de ces index mais aussi leur importance pronostique, en particulier dans les maladies cardiovasculaires. La mise au point d'algorithmes simplifiés permettant l'analyse spectrale de la variabilité sinusale explique son succès. Brièvement, on connaît plusieurs bandes d'énergie dépendant du SNA : la bande de haute fréquence (HF : 150 - 400 mHz) est centrée par la fréquence respiratoire et reflète l'activité vagale à destinée du nœud sinusal ; la bande de basse fréquence (LF : 50 - 150 mHz) regroupe les effets des deux systèmes ortho et parasympathiques sur le nœud sinusal. La signification biologique des bandes de très basses fréquences reste imparfaitement connue, mais pourrait relever des propriétés intrinsèques du tissu cardiaque et / ou de l'environnement hormonal et / ou de la contrainte thermique. En pratique, le paramètre le plus utilisé est le rapport LF/HF supposé refléter la balance sympathovagale. Il est à noter que l'analyse de la variabilité sinusale de la fréquence cardiaque,

²³⁷ SDNN : déviation standard de la moyenne des intervalles RR.

²³⁸ pNN50 : nombre d'intervalle RR successifs et supérieurs à 50ms divisé par le nombre d'intervalles total.

²³⁹ RMSSD : racine carrée des différences au carré des intervalles RR successifs.

en particulier dans le domaine fréquentiel, ne peut s'envisager qu'à partir d'enregistrements de l'ECG réalisés dans des conditions de stabilité (cette méthode est peu adaptée à l'analyse de changements dynamiques) et chez des patients en rythme sinusal ne présentant pas de troubles du rythme cardiaque.

Cependant, les conditions de réalisation du recueil du signal (filtrage manuel des données, fréquence d'échantillonnage, stabilité du signal), la longueur des séries retenues pour l'analyse, la technique de décomposition spectrale utilisée (transformée rapide de Fourier ou auto-régression), le choix des bandes d'énergie reflétant la modulation vagale et / ou sympathique de la variabilité sinusale (ainsi que leur mode d'expression : unités normalisées ou puissance spectrale) conditionnent le résultat obtenu et sont, pour certaines, particulièrement opérateur-dépendantes.

D'autres méthodes d'analyse de la variabilité de la fréquence cardiaque ou HRV basées sur la quantification de l'entropie ou du chaos sont disponibles. La signification physiologique de ces paramètres reste encore le plus souvent mal connue bien que certaines approches aient été montrées comme utiles pour prédire par exemple la survenue de troubles graves du rythme cardiaque.

La mesure des conductances électrodermales (ou réponses sympathiques cutanées, RSC) repose sur la détection de courants électriques à la surface de la peau, reflétant l'activité des glandes sudoripares (la sueur est riche en ions chlorures) dont l'activité est régulée par le SNA et en particulier la composante somatique du système nerveux sympathique. De très nombreuses méthodes relativement simples d'utilisation sont disponibles pour enregistrer ces conductances ce qui explique la large utilisation de cette technique pour évaluer l'activité du SNA. Il existe par ailleurs des méthodes directes permettant la quantification de la sécrétion sudorale mais ces techniques ne seront pas discutées dans le cadre de ce rapport. On mesure couramment plusieurs paramètres de conductance : le délai d'apparition, l'amplitude de la réponse et sa symétrie. Outre le fait qu'elle n'explore que le versant orthosympathique du SNA, la mesure des paramètres de conductance électrodermale est soumise à de très nombreux facteurs de variation au sein d'une population mais aussi chez un même individu rendant son interprétation difficile.

Annexe 12 : Les tests d'évaluation des fonctions cognitives chez l'être humain

L'attention

La 'Letter Cancellation Task' (LCT) ou expérience de détection de lettres comprend 50 x 18 matrices de lettres capitales imprimées sur papier standard et existe en plusieurs versions (Casagrande *et al.*, 1997). Trois lettres cibles sont utilisées et chacune de ces lettres apparaît 100 fois, permettant 300 '*hits*' possibles. Une ligne d'essai au début de chaque test est complétée avant de réaliser la tâche d'attention. Les sujets reçoivent l'instruction de lire les lettres et de marquer ou cocher les lettres cibles de la gauche vers la droite, du haut en bas aussi rapidement et justement que possible en 90 secondes. Le score est égal au nombre de '*hits*' – (lettres manquées + fautes).

Le Digital Symbol Substitution Test (DSST) évalue l'attention soutenue, la vitesse de réponse ainsi que la coordination visuo-motrice. La tâche consiste, par exemple, à associer neuf symboles avec les chiffres de 1 à 9, le sujet doit remplacer 100 nombres par les symboles correspondant en un temps limité.

Le Visual Selective Attention Task (VERSUSAT) propose sur un écran, une combinaison au hasard (randomisée) de 4 lettres et ou croix dans un carré, par exemple. Les lettres cibles « U » et « F » apparaissent sur l'écran en diagonale depuis le haut à gauche vers le bas à droite. Les sujets doivent appuyer sur la touche « Y » pour 'yes' quand une des deux cibles apparaît et « N » pour 'no' quand aucune de ces lettres n'est présentée.

La mémoire à court terme et la mémoire de travail

Ces deux formes de mémoire partagent le fait qu'elles ont une capacité limitée (ou empan mnésique) et permettent le maintien d'informations de façon temporaire (quelques secondes à minutes). Si au cours de ce maintien éphémère en mémoire, l'information est manipulée mentalement et fait l'objet d'une opération cognitive (ex : mathématique ou logique) on parle alors de mémoire de travail. Les tests de mémoire à court terme (MCT) ont pour but de mesurer l'empan mnésique, c'est-à-dire le nombre d'items que le sujet est capable de restituer immédiatement après qu'ils lui aient été présentés. Ils sont de deux ordres, selon qu'ils explorent la MCT verbale ou la MCT visuo-spatiale. Le plus connu est l'empan verbal, qui mesure la MCT verbale et constitue un sous-test de l'échelle d'intelligence pour adulte de Wechsler ou WAIS pour Wechsler Adult Intelligence Scale. Il consiste à lire au sujet des listes de lettres, de mots ou de chiffres de longueurs croissantes (deux essais pour chaque longueur entre 2 et 9) et à lui demander de les répéter dans le même ordre (WAIS forward ou WAIS-F). L'empan direct est le nombre d'items de la liste qui a pu être restitué au moins une fois. On présente ensuite une autre liste, de même nature que la première, en demandant au sujet de répéter les items dans l'ordre inverse, c'est l'empan inverse (WAIS backward WAIS-R ou backward digit span task [Bspan]) qui teste la mémoire de travail. Par exemple, le test consiste en quinze essais et chaque essai comprend six chiffres de 1 à 9, choisis au hasard. Les sujets doivent se souvenir des chiffres et les écrire dans l'ordre inverse de celui de la séquence. Un point est attribué pour chaque chiffre rappelé dans la position correcte et le score varie de 0 et 90. Ces empan ont généralement une valeur de 7 ± 2 . Un autre test de mémoire à court terme consiste à montrer au sujet sept chiffres qui apparaissent pendant une seconde chacun, et les sujets ont ensuite dix secondes pour écrire les chiffres dans leur ordre d'apparition (digit span task, DS).

Le test 'Operation Span task' (OSPAN) ou tâche d'empan d'opération est un test de mémoire de travail qui demande au sujet de résoudre des opérations ou calculs mathématiques pendant qu'il doit se souvenir de mots. Le test comprend par exemple, vingt ensembles de séquences de calculs-mots qui sont organisés en nombres de deux à cinq. La longueur des séries est ordonnée de manière aléatoire pour éviter la mise en place de stratégies de mémoire de la taille de la série. Chaque séquence d'opération-mot consiste en une équation à résoudre suivie d'un mot. L'opération est une multiplication ou une division entre parenthèse suivie d'une soustraction ou

une addition. Exemple '(4/1)-3 = 2 *yes/no* ? – *Stream*'. Le sujet a cinq secondes pour visualiser le problème, trois secondes pour entourer la réponse '*yes*' ou '*no*' et une seconde pour voir le mot à rappeler. À la fin de chaque série, le sujet doit rappeler les mots dans l'ordre. Un point est attribué pour chaque opération réussie, un point pour chaque mot correctement rappelé à la bonne position et un point pour chaque séquence de mémoire où tous les mots sont correctement rappelés dans la bonne position. La durée du test est de 20 minutes.

L'arithmétique mentale ou MA (*Mental Arithmetic*) est une tâche cognitive nécessaire à la composante exécutive de la mémoire de travail. Elle consiste par exemple en séries de deux nombres présentés au sujet qui doit les additionner ou les soustraire.

Le « *N-Back* » est un test mesurant le contrôle exécutif permettant la mise à jour des informations en mémoire de travail. Il consiste par exemple, en la présentation d'une série de stimuli (lettres, etc.) sur un écran à un rythme constant et la tâche consiste pour le sujet à indiquer quand le stimulus est le même que celui présenté *n* fois plus tôt dans la séquence, soit 1, 2 ou plus : *1-Back*, *2-Back*, etc. Le facteur *n* peut être ajusté pour rendre la tâche plus ou moins difficile. Ce test permet également de mesurer les temps de réaction.

Le PCRT ou *pre-cued choice reaction time task* est un test qui mesure un temps de réaction (RT). Le sujet est assis face à un écran et dispose d'un tapis de réponse avec deux boutons de départ et deux boutons cibles. Sur l'écran apparaît un indice qui indique au sujet soit i) l'absence d'information, ii) une information partielle, iii) la main à utiliser (droite ou gauche) ou iv) l'information sur le bouton à presser et la main à utiliser. Après un intervalle de 2-3 secondes randomisé, le signal *-go-* demande au sujet de presser le bouton de départ avec une main et de presser le bouton cible avec la même main. Chaque bloc de test comprend trente-deux essais d'une durée de 6-7 minutes. Le temps de réaction est mesuré entre le début de l'essai (bip sonore) et l'appui sur la touche de départ.

La mémoire spatiale

Le test du labyrinthe aquatique virtuel est inspiré du test de la piscine de Morris développé par Richard Morris en 1982 pour le rat. Chez l'Homme, il est présenté sur un écran d'ordinateur et consiste en l'apprentissage de la localisation d'une plateforme invisible fixe dans un bassin circulaire aquatique à l'aide d'indices spatiaux distaux situés sur les quatre murs qui constituent l'environnement. En fonction du protocole, ce test permet d'étudier la mémoire spatiale à court terme au cours de séances d'apprentissage successives où la distance pour rejoindre la plateforme qui est déplacée régulièrement (ex : après deux essais dans une session de dix essais consécutifs ou chaque jour avec deux essais/session/jour), représente un indice du degré d'apprentissage : celle-ci diminuant avec le nombre des séances. Ce test est également utilisé pour évaluer la mémoire à long terme (plusieurs heures, 24 heures le plus souvent). Dans ce cas, un test de rappel est effectué à l'endroit de la plateforme (restée fixe pendant toute la durée de l'apprentissage), après qu'elle ait été retirée de la piscine. Le temps passé dans le quadrant virtuel qui contenait la plateforme (quadrant cible) permet d'évaluer le souvenir de la localisation de la plateforme : un sujet qui se souvient naviguera significativement plus de temps dans le quadrant cible par rapport aux trois autres quadrants virtuels de la piscine.

Annexe 13 : Instruments ou tests psychométriques validés et utilisés dans l'étude des composantes psychiques de l'EHS

Les études portant sur les fonctions affectives et conatives²⁴⁰ des personnes se déclarant EHS ont essentiellement utilisé des instruments psychométriques. Seule l'étude de Brandt *et al.* (2009) fait exception. Ces instruments psychométriques sont des questionnaires permettant d'évaluer quantitativement les caractéristiques psychiques d'un individu ou d'un groupe d'individus. Fondamentalement, cette évaluation ne peut être faite que par rapport à une norme, établie à partir d'un groupe de référence ou population d'échantillonnage. Celle-ci doit avoir un effectif suffisamment élevé (entre 100 et 1 000 sujets) et être la plus représentative possible de la population dont sont extraits les individus ou groupes d'individus dont on souhaite évaluer les performances. Cependant, les populations d'échantillonnage servent aussi à définir, item par item et globalement, les qualités psychométriques essentielles de chaque instrument de mesure, sa reproductibilité, sa sensibilité et sa validité. La reproductibilité est la capacité à donner le même résultat, lors de passations successives, si le caractère mesuré n'a pas varié : elle s'apprécie le plus souvent par la méthode du test-retest. La sensibilité est la capacité de l'instrument à distinguer deux individus ; elle est fonction du nombre d'échelons, ou de classes, que comporte l'échelle de mesure, et aussi de la fidélité. La validité comprend la validité prédictive et la validité de contenu. La validité prédictive est la capacité d'un instrument psychométrique à prédire correctement un évènement futur. Elle se mesure statistiquement par le degré de probabilité qui lie la note obtenue à cet instrument et la survenue d'un résultat à un critère ultérieur. Elle n'a pas de valeur explicative et ne peut être interprétée comme traduisant une relation de cause à effet. La validité de contenu est la plus importante et, en même temps, la plus difficile à apprécier. Les items sont satisfaisants quand ils mesurent ce qu'ils doivent mesurer (p.e ; l'item "Je me fais beaucoup de souci" est un bon indicateur de l'anxiété). D'autres sont défectueux si personne ne sait répondre à l'item. La validité de contenu est généralement approchée par la corrélation entre les résultats au test et les résultats obtenus par les mêmes sujets à d'autres tests, censés mesurer les mêmes caractéristiques (validité concourante). Il existe également des mesures de « consistance interne » (homogénéité du contenu), la plus connue étant le coefficient alpha de Cronbach. Certains instruments comprennent une échelle de sincérité destinée à dépister les personnes qui ne répondent pas authentiquement aux questions. Il est nécessaire de réactualiser les étalonnages et souvent le contenu des tests pour que l'évaluation demeure cohérente et efficace. Les tests sont modifiés en fonction de l'époque, la culture, il faut parfois remplacer des items, reconceptualiser les tests.

Les instruments psychométriques sont très nombreux et se recoupent en grande partie. Ne seront décrits ci-dessous que ceux qui ont été utilisés dans l'étude des fonctions psychiques de personnes se déclarant EHS. Ceci ne veut pas dire qu'il s'agit d'instruments construits pour étudier les personnes se déclarant EHS. Bien au contraire, il s'agit d'instruments très largement utilisés en médecine et en dehors de la médecine.

Pour les besoins de l'exposé, ces tests psychométriques seront classés en instruments de mesure (1) de la personnalité et (2) des troubles psychiatriques, ces deux grandes catégories étant elles-mêmes subdivisées en instruments de mesure généraux et de mesure spécifiques.

1. Instruments de mesure de la personnalité.

En psychologie et psychiatrie, on définit la personnalité comme étant l'ensemble des attitudes, comportements et valeurs qui caractérisent un individu et le rend psychiquement, intellectuellement, et moralement différent des autres. Les tests dits « de personnalité » ont été conçus pour explorer les fonctions conatives et affectives dans l'ensemble de la population, aussi bien chez les sujets supposés sains que chez les malades. On peut les diviser en tests de personnalité généraux qui se proposent de décrire tous les aspects de la personnalité d'une

²⁴⁰ Conative : qui se rapporte à la volonté et à l'effort.

personne ou d'un groupe de personnes, et les tests de personnalité "spécifiques", qui se proposent d'en explorer un aspect particulier.

1.1. Les tests de personnalité globaux

Le premier de ces questionnaires a été proposé, en 1949, par RB Cattell. Il s'agit du questionnaire 16PF qui n'a pas été utilisé chez des personnes se déclarant EHS, mais qui mérite d'être décrit succinctement car il est à l'origine d'un questionnaire simplifié, le NEO-PI-R qui a été utilisé (Goldberg 1993). Élaboré grâce à des études de terrain (à partir d'une liste de 4 500 adjectifs regroupés en 171 familles) et à un traitement des données par analyse factorielle, il a identifié seize facteurs primaires ou traits de personnalité sensés donner une description complète de la personnalité d'un individu. Il comprend 185 items (10 à 15 par facteurs), a connu cinq éditions jusqu'en 1993, a été traduit et validé en de très nombreuses langues, et fait actuellement l'objet d'une commercialisation. Il est moins utilisé en médecine de nos jours, mais semble être considéré comme un test de choix dans l'entreprise. Dans un second temps, Cattell les a regroupés en cinq facteurs "globaux" (extraversion, indépendance, force de caractère ou d'esprit, *self-control*, anxiété), regroupement qui a joué un rôle important dans l'élaboration des tests dits « *big five* ».

Les tests du *big five* sont, au contraire, le fruit d'un travail collectif (Goldberg *et al.*, 1993). Ils ont fait l'objet de très nombreux travaux méthodologiques de validation et sont aujourd'hui reconnus comme un standard d'analyse de la personnalité. Ils distinguent cinq grandes dimensions de traits : l'ouverture, l'extraversion, l'amabilité, l'application, la stabilité émotionnelle ou névrosisme, qui sont différentes des cinq facteurs secondaires de Cattell, mais sont fortement corrélées à eux. Il existe de nombreux questionnaires permettant d'évaluer ces cinq dimensions, dont le NEO-PI-R et le FFI.

Les échelles de personnalité du *Karolinska Institute* (Schalling *et al.* 1973) sont au nombre de 15, classées en cinq groupes. Le premier groupe inclut trois échelles : d'impulsivité, d'évitement de la monotonie et de détachement. Le deuxième groupe inclut deux échelles : de désirabilité sociale et de socialisation. Le troisième groupe est divisé en deux sous-groupes, un premier de deux échelles : d'anxiété somatique et de tension, et un second de trois échelles : d'anxiété psychique, de psychasthénie et d'inhibition de l'agression. Le quatrième groupe inclut deux échelles : de suspicion et de culpabilité, et le cinquième trois échelles : d'agression indirecte, d'agression verbale et d'irritabilité. Elle est surtout utilisée dans les pays scandinaves.

Le questionnaire de Personnalité d'Eysenck (*Eysenck Personality Questionnaire*, EPQ) est rappelé brièvement ici car certains de ses items ont été utilisés par Bergdahl (1995), avec d'autres items extraits du *Cesareck Marke Personality Schedule*, pour élaborer une échelle de personnalité comportant des facteurs de personnalité jugés pertinents, mais non couverts par les échelles du *Karolinska Institutet*. HJ Eysenck est, avec Cattell, l'un des deux principaux pionniers des questionnaires de personnalité basés sur la théorie des traits. Entre 1952 et 1985, il a construit cinq questionnaires successifs, c'est la version de 1975 qui a été partiellement utilisée par Bergdahl. Aucune de ces versions n'a été utilisée chez des personnes se déclarant EHS. Le questionnaire de personnalité de Cesarek Marke est un questionnaire ancien, peu utilisé et apparemment abandonné (références anciennes et très peu nombreuses). L'échelle élaborée par Bergdahl, qui comprend 29 items notés de 1 à 15, ne semble pas avoir été validée. L'auteur ne fait pas état d'une validation du test qu'il a composé lui-même à partir de fragment d'autres tests.

Le *Temperament and Character Inventory* (TCI) de Cloninger est un test différent des précédents. Alors que ces derniers ont été élaborés à partir d'analyses uniquement phénotypiques, lexicales notamment, le TCI a été construit sur la base d'un modèle psychobiologique ambitieux dans la mesure où il intègre plusieurs hypothèses (familiales et génétiques, développementales, comportementales chez l'animal et chez l'homme, neurophysiologiques). Ce modèle, dû également à Cloninger, considère que la personnalité comprend deux composantes fondamentales, le tempérament et le caractère. Le tempérament, qui décrit qualitativement les dimensions psychobiologiques de la personnalité, est essentiellement inné. Le caractère, qui reflète le niveau d'adaptation et de maturité du sujet et ainsi l'éventuelle nature pathologique de la personnalité, est essentiellement acquis. Le tempérament comprend lui-même quatre dimensions reposant sur l'activité d'un système neuronal, biochimique et comportemental particulier et donc indépendantes l'une de l'autre : la recherche de nouveauté, l'évitement du danger, la dépendance

à la récompense et la persistance ou persévérance. Des études de validation et d'application ont confirmé la nature indépendante de ces dimensions, leur influence génétique, leur bonne consistance interne aussi bien dans des populations de patients que dans des populations générales de langues et de cultures différentes, leur stabilité globale dans le temps indépendamment des troubles psychopathologiques, et leur valeur prédictive dans divers contextes psychiatriques et médicaux. Le caractère comprend trois dimensions sensibles à l'environnement et à l'apprentissage qui évoluent dans le temps : la détermination, qui correspond à la maturité individuelle, la coopération, qui correspond à la maturité sociale, et la transcendance, qui correspond à la maturité spirituelle. Il existe plusieurs versions du TCI, variables selon leur longueur et le mode de réponse (TCI à 226 items le plus souvent, et une version *TCI-Revised* à 240 items). Plusieurs études de validation française ont été publiées (Pelissolo *et al.*, 2000 et 2005), de même que dans de nombreuses autres langues dont le suédois.

1.2. Les tests de personnalité spécifiques

Le *Life Orientation Test – Revised* (LOT-R) a pour but de mesurer l'optimisme en comparaison avec le pessimisme. Il comprend 10 items - 3 pour mesurer l'optimisme (items 1, 4 et 10), 3 pour mesurer le pessimisme (items 3, 7 et 9) et 4 servant de "remplissage neutre" (items 2, 5, 6 et 8) – notés de la façon suivante : 0 = je ne suis pas du tout d'accord, 1 = je ne suis pas d'accord, 2 = je ne suis ni d'accord, ni pas d'accord, 3 = je suis d'accord, 4 = je suis tout à fait d'accord (Scheier, Carver, and Bridges 1994).

Bien que le LOTR soit largement utilisé et qu'il a été démontré qu'il est un instrument pertinent en psychométrie, il faut noter que des études ont suggéré que ce test est plus vulnérable à la simulation de bons résultats que d'autres échelles d'optimisme (Terril, Friedman, *et al.* 2002 cité par *Psychological Testing: Principles, Applications, and Issues* Par Robert M. Kaplan, Dennis P. Saccuzzo).

Le *Coping Resource Inventory* (CRI, Hammer 1988) est un test qui a été développé pour mesurer les capacités (ressources) et les stratégies d'adaptation d'un individu face au stress. Son utilisateur (Bergdahl, 2004) en fait une description partielle, le présentant comme un questionnaire de 60 items répartis en cinq échelles explorant cinq domaines : cognitif (COG), social (SOC), émotionnel (EMO), spirituel/philosophique (SP) et physique (PHY), qui mesurent respectivement la capacité d'un individu à garder un sens positif de sa propre valeur et envers les autres (COG), le degré de son investissement dans la sphère sociale (SOC), sa capacité d'accepter et d'exprimer un éventail d'affects (EMO), son degré d'adhésion à des valeurs religieuses, familiales et culturelles traditionnelles (SP), et le degré de son comportement favorable à la santé (PHY). Un score total est obtenu en additionnant des scores obtenus aux cinq échelles. Pour son auteur, le CRI aurait une reproductibilité et une validité élevée. Cependant, l'utilisateur ne précise pas le modèle sur lequel repose l'instrument, ses modalités pratiques (système de notation des items notamment) et, surtout, les références aux études de validation de la version traduite.

La *Structural Analysis of Social Behaviour* (SASB) (Benjamin 1974) a été utilisée pour évaluer l'image de soi chez des personnes se déclarant EHS. Cette approche repose sur une théorie de la relation interpersonnelle dans laquelle la personnalité est définie de façon dynamique par la façon dont elle se traite elle-même. Elle comprend deux dimensions, l'affiliation (amour-haine) et l'interdépendance (spontanéité-contrôle) qui sont mesurées à l'aide d'une liste de déclarations notées chacune entre 0 et 100, en fonction de son adéquation avec l'intéressé. L'analyse des données fait apparaître huit *clusters* décrivant la façon dont le sujet se traite lui-même. Dans l'étude des personnes se déclarant EHS, seuls quatre *clusters* ont été utilisés, les *clusters* spontanés, contrôlés, positifs et négatifs. Pour son auteur, le SASB a une reproductibilité test-retest et une cohérence interne élevée.

1.3. Remarques et synthèse

Ces différents tests se recoupent largement entre eux et ont connu, pour la plupart, des versions successives. Cependant, il n'existe toujours pas d'accord sur le nombre de dimensions fondamentales de la personnalité : cinq pour Cattell et le *Big Five*, trois pour Eysenck, sept pour

Cloninger (sans compter les 16 facteurs primaires de Cattell et les 15 échelles du *Karolinska Institutet*). Le modèle à 5 facteurs a tout de même tendance à s'imposer pour l'étude des personnalités non pathologiques (psychologie du travail notamment), avec plus de diversités pour l'étude des personnalités pathologiques en médecine (modèle à 5 ou 7 facteurs).

2. Instruments de mesure des troubles psychiatriques

Comme les instruments de mesure de la personnalité, les instruments d'évaluation des troubles psychiatriques comprennent des tests généraux et des tests spécifiques de diagnostic psychiatrique.

2.1. Tests généraux de mesure des troubles psychiatriques

Il existe de nombreux tests de diagnostic psychiatrique, quatre ont été utilisés pour étudier les troubles mentaux chez des personnes se déclarant EHS. Certains sont des instruments d'évaluation par un clinicien, d'autres des questionnaires auxquels les sujets répondent seuls.

La version courte du *Composite International Diagnostic Interview (CIDI-SF)* de l'Organisation mondiale de la santé est une version simplifiée de la *World Mental Health Composite International Diagnostic Interview (WMH-CIDI)*, mise au point par Kessler en 1998 à la demande de l'*US National Center for Health Interview survey (NHIS)*. Bien que largement utilisée dans de nombreux pays, elle n'a jamais été validée. Elle a donc été abandonnée en 2007, au profit du MINI (cf. ci-dessous) par son auteur et l'OMS. Cependant, les échelles d'anxiété et de dépression majeure ont été appliquées par Landgrebe *et al.* (2008) chez des personnes se déclarant EHS en comparaison avec des témoins.

Le *Mini-International Neuropsychiatric Interview (MINI)* a été développé (Sheehan *et al.* 1998) et validé pour permettre de structurer un entretien diagnostique compatible avec les critères diagnostiques du DSM-III-R (puis IV) de l'Association nord-américaine de psychiatrie et de la CIM-10 (Classification internationale des maladies). Il comprend un questionnaire de 120 items, mis à jour en fonction de l'évolution de ces classifications et appelant des réponses par « oui » ou « non ». Prévu pour être administré par un clinicien en face-à-face, ce questionnaire peut aussi être auto-administré. Il est divisé en 16 modules, qui peuvent être administrés séparément et qui correspondent aux troubles suivants : épisode dépressif majeur, dysthymie, risque suicidaire, épisode (hypo)maniaque / trouble bipolaire, trouble panique, agoraphobie, phobie sociale, trouble obsessionnel compulsif, état de stress post-traumatique, alcool (dépendance/abus), drogues (dépendance/abus), troubles psychotiques, anorexie mentale, boulimie mentale, anxiété généralisée, troubles de la personnalité antisociale. Ce test a été traduit et validé en de nombreuses langues. Ses limites sont de ne pas permettre l'évaluation de la sévérité des symptômes, ni leur retentissement fonctionnel.

Le *General Health Questionnaire (GHQ-12)* (Goldberg 1992) a été développé comme test de dépistage des affections psychiatriques non psychotiques en pratique clinique. Il comprend 12 questions : "avez-vous pu vous concentrer sur ce que vous faisiez ?", "vos soucis vous ont-ils empêché de dormir ?", "avez-vous eu le sentiment de jouer un rôle utile ?", "vous êtes-vous senti capable de prendre des décisions ?", "vous êtes-vous senti constamment sous pression ?", "Avez-vous senti que vous ne pouviez pas surmonter vos difficultés ?", "avez-vous pu prendre du plaisir à vos activités quotidiennes ?", "avez-vous pu faire face à vos problèmes ?", "vous êtes-vous senti malheureux, déprimé ?", "avez-vous perdu confiance en vous ?", "avez-vous pensé que vous ne valez rien ?", "vous êtes-vous senti relativement heureux dans l'ensemble ?". Une note 0 ou 1 est attribuée à chaque question en fonction du choix du sujet entre quatre réponses proposées pour chaque question. Une note totale ≥ 4 indique la présence d'une affection psychiatrique non psychotique. Ce test a fait l'objet de nombreux travaux méthodologiques qui ont permis d'établir sa validité et sa fiabilité en plusieurs langues et d'éliminer les biais de calcul qu'il pouvait comporter. Il s'agit d'un test unidimensionnel, abondamment utilisé en clinique et en recherche. Cependant, il s'agit d'un test sommaire, ne permettant pas de diagnostic précis et nécessitant, quand il est positif, la poursuite des investigations.

La *Symptom Checklist 90 (SCL 90-R)* est un auto-questionnaire de 90 items notés sur 5 niveaux ((0 = pas du tout ; 1 = un peu ; 2 = modérément ; 3 = beaucoup ; 4 = extrêmement) conçus pour

évaluer de manière rapide, la détresse psychologique et le profil psychopathologique à partir de neuf échelles symptomatiques : somatisation (SOM), Obsession-Compulsion –O-C), Traits sensitifs (SEN), Dépression (DEP), Anxiété ((ANX), Hostilité (HOS), Anxiété phobique (PHOB) Idéations paranoïaques (PAR) ; Traits psychotiques (PSY). L'outil fournit également 3 indices globaux : un indice global de gravité (IGG), un indice des symptômes rapportés (ISR) et le nombre de symptômes rapportés (NSR). Suffisamment sensible pour être utilisé dans le suivi des patients, cet instrument a été largement validé et utilisé dans le monde. Seules les sous-échelles ANX, DEP et SOM ont été appliquées chez des personnes se déclarant EHS.

La *Brief Symptom rating scale-5 (BSRS-5)* est un autre test de dépistage des affections psychiatriques non psychotiques. Il s'agit d'un test inspiré de la BSRS-50, elle-même constituée de 10 dimensions de symptômes psychiatriques dérivées de la *Symptom Checklist 90-révisée (SCL 90-R)*. La BSRS-5 comprend 5 items (anxiété, dépression, hostilité, sensibilité interpersonnelle et symptômes supplémentaires) notés par les sujets sur une échelle allant de 0 (pas du tout), à 1 (un petit peu), 2 (modérément), 3 (passablement) ou 4 (extrêmement) en fonction de l'inconfort qu'ils leur ont procuré. Un score global de 6 constitue un *cut-off* validé pour l'identification des cas psychiatriques. Ces items sont ceux qui corréleront le mieux avec les dimensions correspondantes de la BSRS-50. Cette dernière comprend en outre 5 dimensions (troubles obsessionnels compulsifs, anxiété phobique, mode de pensée paranoïaque, état psychotique) qui correspondent à des troubles mentaux plus sévères que les items de la BSRS-5 et qui, contrairement à ces derniers, sont rarement réactionnels. Bien que cette échelle ait obtenu, dans la détection des cas psychiatriques, une sensibilité de 78,9 %, une spécificité de 74,3 %, une valeur prédictive de positivité de 69,9% et une valeur prédictive de négativité de 82,3 %, elle n'a pas été utilisée en dehors de Taïwan. De plus, comme la GHQ-12, elle ne fournit pas de diagnostic précis et nécessite, lorsqu'elle est positive, la poursuite des investigations.

2.2. Tests spécifiques de troubles psychiatriques

Le *State-Trait Anxiety Inventory (STAI)* (Spielberger *et al.* 1983) est un questionnaire d'auto-évaluation de l'anxiété. Son intérêt est de distinguer l'anxiété "état" (*state*), qui correspond à l'anxiété du sujet au moment du test et l'anxiété "trait" (*trait*) qui correspond à l'anxiété ressentie habituellement par le sujet. En pratique, il comprend deux séries de 20 items chacune, une pour l'anxiété "état" et l'autre pour l'anxiété "trait". Chaque item est noté de 1 à 4, 4 étant le degré le plus fort d'anxiété. La passation demande 20 minutes au maximum. En faisant la somme des 20 notes, on obtient un score compris entre 20 et 80 pour chaque échelle. Ce score permet de classer les sujets ou les groupes de sujets sur cinq niveaux d'anxiété : très faible (≤ 35), faible (= 36 à 45), moyen (= 46 à 55), élevé (= 56 à 65) et très élevé (> 65). Ce test a été traduit et validé en de nombreuses langues. Une version plus récente, le STAI-forme Y (Spielberger and Sydeman 1994), a amélioré les propriétés psychométriques du test ; elle est actuellement la plus utilisée.

L'inventaire de dépression de Beck (*Beck depression inventory, BDI*) est un des tests les plus connus et les plus utilisés dans le monde, aussi bien pour les soins que pour la recherche. Il s'agit d'un auto-questionnaire à choix multiples de 21 questions, qui permet d'obtenir un score global de dépression. Ce dernier est d'autant plus élevé que la dépression est sévère. Il existe plusieurs échelles d'évaluation. Grosso-modo, un score inférieur à 11 signifie une absence de dépression, un score compris entre 11 et 20 une dépression légère, un score entre 21 et 30, une dépression d'intensité moyenne et un score supérieur à 30 une dépression sévère. Il existe trois versions successives du BDI datant successivement de 1961, 1978 et 1996.

Le *Profile of Mood State (POMS)* est un instrument de mesure de l'humeur largement utilisé en psychologie. La validité de sa version japonaise a été établie en population générale (Yokoyama *et al.*, 1990). Il comprend 65 items et permet l'évaluation simultanée sur 5 niveaux (0 = pas du tout ; 1 = un peu ; 2 = modérément ; 3 = beaucoup ; 4 = extrêmement fréquent) de 6 échelles de l'humeur : Tension-Anxiété (T-A), Dépression (D), Colère-Hostilité (C-H), Vigueur (V), Fatigue (F) et Confusion (C).

L'échelle des préoccupations de santé liées à la vie moderne (*Modern Health Worries, MHW*) (Petrie *et al.* 2001) est une échelle destinée à mesurer les inquiétudes des personnes à l'égard de

la nature possiblement nocive pour la santé des caractéristiques de la vie moderne. Elle comprend 25 items notés de 0 (pas d'inquiétude) à 4 (inquiétude extrême) et répartis entre quatre sous-échelles : pollution environnementale, interventions toxiques, nourriture malsaine et radiations.

Le *General Perceived Stress Questionnaire (PSQ)* (Levenstein *et al.* 1993) est un outil d'évaluation du stress développé pour fournir un outil de recherche sur les affections psychosomatiques. Il a été élaboré en collaboration avec des patients. Il comprend 30 items, notés de 1 à 4 en fonction de leur fréquence (1 = presque jamais ; 2 = quelquefois ; 3 = souvent ; 4 = habituellement) au cours des 1 à 2 années précédentes. Il permet de calculer un index [Index PSQ = (score brut – 30) / 90], dont la valeur est comprise entre 0 et 1 avec une valeur moyenne dans la population générale de $0,30 \pm 0,15$ (Kocalevent *et al.*, 2007). Sa reproductibilité (0,82) et sa cohérence interne (coefficient $\alpha > 0,9$) sont excellentes. Il est corrélé ($r = 0,73$) avec l'échelle de stress perçu de Cohen, qui lui est antérieure (1988) et reste plus utilisé. Une analyse en composantes principales a montré qu'il comprenait sept facteurs : harcèlement, surcharge, irritabilité, manque de joie, fatigue, préoccupations et tension, le premier et le dernier étant associés à des problèmes de santé.

Le *Shirom-Melamed Burnout Questionnaire (SMBQ)* (Melamed *et al.* 1992) est un des deux instruments les plus utilisés pour évaluer le *burnout* (Lundgren-Nilsson *et al.* 2012). Il est construit selon le concept selon lequel la composante centrale du *burnout* comprend un épuisement émotionnel, une fatigue physique et une lassitude cognitive. Il comprend 14 items notés de 1 à 7 en fonction de leur fréquence (1 = jamais ou presque jamais ; 7 = toujours ou presque toujours). Sa consistance interne est excellente (coefficient α de Cronbach = 0,92). Sa valeur moyenne dans la population générale est de $2,13 \pm 0,79$.

Ces tests ne remplacent pas l'entretien en tête à tête entre un patient et un psychologue pour une étude de personnalité ou un psychiatre pour un diagnostic psychiatrique. Néanmoins, ils sont utiles et indispensables en matière de recherche (ils sont standardisés, apportent une quantification que n'apporte pas l'entretien, permettent des comparaisons entre groupes ou entre sujets, etc.).

Annexe 14 : Les mécanismes de l'effet *nocebo* : stress, conditionnement et attribution causale

Les trois notions de stress, de conditionnement et d'attribution causale concernent les mécanismes qui sous-tendent l'effet *nocebo*. Le stress, ou syndrome général d'adaptation, est considéré comme constituant l'étape terminale de ces mécanismes, celle qui est responsable de troubles organiques et de symptômes. Les différentes formes de conditionnement sont les mécanismes par lesquels des facteurs psychiques peuvent déclencher la réaction de stress. Tout récemment, l'attribution causale a été évoquée comme étant un mécanisme pouvant générer un effet *nocebo*, sans nécessiter une réaction de stress. Pour l'instant, cette dernière hypothèse est insuffisamment argumentée.

La notion de stress

La notion de stress, développée par H. Selye, est fondée sur la démonstration que, physiologiquement, le corps répond de manière non-spécifique et pratiquement de la même façon aux agressions physiques, environnementales ou psychologiques. Ce syndrome général d'adaptation se déclenche automatiquement dès que l'homéostasie est perturbée. Il comprend trois phases successives, d'alarme, de résistance et d'épuisement. La réaction d'alarme est celle d'un organisme soumis à un stimulus stressant (un événement quelconque) auquel il n'est pas encore adapté. L'agression entraîne d'abord un état de choc, plus ou moins intense et plus ou moins durable, au cours duquel les capacités adaptatives sont diminuées. Cette situation est détectée par l'hypothalamus et d'autres structures nerveuses sous-jacentes qui déclenchent, par la voie du système nerveux autonome (orthosympathique) (cf. § 7.4), une stimulation de la glande médullosurrénale et une sécrétion, par cette dernière, d'adrénaline et de noradrénaline dans le sang. Ces hormones augmentent la pression artérielle, accélèrent les rythmes cardiaque et respiratoire, puis augmentent la glycémie, modifications qui fournissent l'énergie nécessaire aux comportements de fuite ou de lutte qui constituent l'adaptation psychiques aux agressions externes. Si le stimulus stressant persiste, l'organisme entre dans la phase de résistance. L'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien, déjà activé lors de la phase d'alarme, prend le relais de la réponse adrénergique et, par le jeu d'une cascade de sécrétions hormonales, entraîne une sécrétion d'hormones métaboliques - glucocorticoïdes (cortisone et hydrocortisone) et minéralocorticoïdes (aldostérone et corticostérone) - par la glande corticosurrénale. Les premières sont un facteur plus économique et plus durable d'augmentation de la glycémie que l'adrénaline ; à fortes doses, elles ont des effets antalgiques, antiallergiques et antiinflammatoires et inhibent le système immunitaire. Les secondes contribuent à maintenir l'équilibre ionique de l'organisme. Toutes ces réactions sont bénéfiques à l'organisme en lui fournissant l'énergie nécessaire à l'élimination du stimulus stressant et au maintien de l'homéostasie. Toutefois, si le stimulus stressant est trop intense ou persiste au-delà de certaines limites, l'organisme entre en phase d'épuisement. Ses réserves énergétiques deviennent insuffisantes pour répondre aux besoins et ses défenses immunitaires diminuent, rendant l'organisme plus sensible à de nouvelles agressions externes. Une réaction adrénergique peut encore se produire, mais ne peut pallier au manque de ressources. Cet épuisement a des effets physiopathologiques, mais aussi psychiques. Les effets physiopathologiques peuvent concerner tous les organes, en fonction de leur état initial, et conduire soit à une aggravation d'une maladie préexistante, soit au déclenchement d'une nouvelle maladie. Les effets psychiques et comportementaux (anxiété, colère, dépression, troubles du comportement alimentaire, prise de toxiques) seraient dus, pour l'essentiel, à un effet délétère du cortisol sur le cerveau. Toutefois, les réactions d'une personne à un stimulus stressant sont modulées, non seulement par le contexte, mais aussi par son état somatique et psychique.

La notion de conditionnement

Le terme conditionnement recouvre plusieurs concepts (Mirabel-Sarron, 2015) :

1. Le « **conditionnement classique** » ou de type I a été décrit par Pavlov en 1927 sous le terme de « réaction conditionnelle de salivation » chez le chien. La présentation de la nourriture (stimulus inconditionnel) à un chien provoque une réaction de salivation. L'association d'un son

(stimulus conditionnel) à la nourriture et la répétition de cette association aboutit à ce que la seule émission du son, sans présentation de nourriture, crée la réaction conditionnelle de salivation, telle qu'elle existe lors de la présentation de la nourriture. Si la présentation du stimulus son n'est pas renforcée par une nouvelle association avec le stimulus inconditionnel (nourriture), alors la réaction conditionnelle de salivation au seul son disparaît progressivement. C'est le phénomène dit d'extinction, ou inhibition interne du conditionnement, si la liaison n'est pas renforcée régulièrement. Alors le stimulus conditionnel perd son statut et redevient stimulation neutre. Des études sur le long terme ont permis à Pavlov de mettre en évidence l'existence de différences typologiques entre individus (à milieu externe égal et à histoire comportementale similaire, il est possible d'observer des réponses différentes d'un individu à l'autre). Ce schéma expérimental pavlovien du principe d'acquisition d'un comportement repose sur l'association des stimuli et implique que les liaisons formées soient temporaires. Les réponses sont sous la dépendance d'une stimulation qui précède la réponse.

Ce processus est très puissant chez l'être humain, il conditionne l'acquisition de nos goûts et dégoûts alimentaires ; il est impliqué dans la plupart des phobies, et autres manifestations émotionnelles.

2. Le conditionnement de type II, ou « **conditionnement opérant** », a été décrit par Skinner en 1953. Ce dernier a énoncé une deuxième loi d'apprentissage des comportements selon laquelle le sujet agit sur son milieu en opposition au conditionnement classique où il répond à une situation qui implique une réaction physiologique. Dans cette loi, interviennent des renforcements, soit positifs (tout stimulus, mais généralement agréable, intervenant à la suite d'un comportement et augmentant la probabilité que ce comportement se répète), soit négatifs (tout stimulus, généralement désagréable, intervenant à la suite d'un comportement et dont la suppression augmente la probabilité que ce comportement se répète). Pour Skinner, le milieu environnant agit surtout sur des organismes « opérant » (en action) et joue un rôle dans la sélection des conduites.

Chez l'Homme, les procédés de renforcement sont très utilisés dans l'éducation des enfants.

3. Le **conditionnement par observation**, ou conditionnement par imitation ou modelage, a été décrit par Bandera en 1980. Pour cet auteur, le comportement humain doit être étudié en termes d'interactions permanente et réciproque entre les déterminants cognitifs, comportementaux et environnementaux. Cette théorie accorde un rôle central aux processus internes de contrôle et d'organisation du comportement : l'observation d'autres individus aux prises avec les mêmes choses ou les mêmes personnes procure une grande source d'apprentissage comportemental.
4. À partir des années 1960, les cognitivistes s'inspirent de la théorie de l'information pour s'opposer à la théorie comportementaliste (*behavioriste*) de Skinner et, plus particulièrement, au concept, développé par ce dernier, de la « boîte noire », inaccessible à l'observation, entre stimuli et réponses. À la place, ils proposent de décrire, étape par étape, le traitement de toutes les informations qui conduit à l'élaboration de représentations mentales (ensembles plus ou moins conscients, organisés et cohérents, d'éléments cognitifs (idées, images mentales, etc.), affectifs et du domaine des valeurs concernant un objet particulier) et l'intervention de ces représentations dans les réponses aux modifications de l'environnement.

L'encodage²⁴¹ neuronal du conditionnement classique pavlovien est différent de celui du conditionnement associé.

²⁴¹ L'encodage consiste en la conversion de l'information par le cerveau sous une forme appropriée au stockage et à la récupération. C'est la première étape de la mémorisation.

La notion d'attribution causale

La notion d'attribution causale a été appliquée à l'étude de l'EHS par Szemerszky *et al.* (2016). Dans leur description de la théorie de l'attribution causale, ils se sont en grande partie inspirés du travail de Robbins et Kirmayer (1991) (Robbins and Kirmayer 1991).

Il s'agit d'une notion de psychologie sociale, selon laquelle tout être humain a une disposition naturelle à attribuer une cause aux phénomènes auxquels il assiste, et ceci d'autant plus qu'il est plus impliqué dans leurs déroulements. Cette disposition répond au besoin de comprendre et de prévoir le monde pour s'y adapter. Elle a donc à la fois une fonction de description et de représentation du réel et de planification des actions. Dans un contexte social, on admet que les attributions comprennent trois dimensions : le lieu (la cause est à l'intérieur ou à l'extérieur de la personne), la « controlabilité » et la stabilité temporelle. Les attributions, particulièrement celles qui nous concernent, sont sujettes à divers biais. Par exemple, nous avons tendance à nous imputer les bons évènements et à imputer à des facteurs externes les mauvais évènements. De même, pour expliquer le comportement de quelqu'un d'autre, nous surestimons l'importance de ses caractéristiques internes. Les biais d'attribution qui se produisent dans diverses situations sont habituellement considérés comme servant à l'auto-défense, à aider à éviter le sentiment de vulnérabilité ou à maintenir l'estime de soi.

La théorie de l'attribution a été appliquée à la signification donnée aux symptômes par ceux qui les ressentent. Toute sensation de maladie, et même tout symptôme, retient habituellement l'attention de la personne qui les ressent. L'attribution causale représente, au même titre que la nature, le déroulement, les conséquences et la durabilité, une composante importante de la représentation que les profanes se font des maladies. Dans les modèles complexes de la perception des symptômes (Cioffi 1991, Kolk *et al.* 2003, Pennebaker 1982), les symptômes physiques sont compris comme le résultat de processus perceptifs et cognitifs impliquant l'attention, la détection et l'interprétation, c'est-à-dire l'attribution. Ils sont généralement interprétés comme la conséquence de causes mineures et réversibles ; ou bien ils font l'objet d'essais d'interprétation basés sur des concepts physiopathologiques profanes. En attribution sociale, si un évènement coïncide régulièrement avec des facteurs de situation, il sera attribué à ces facteurs. En l'absence de tels facteurs, il sera imputé à des caractéristiques personnelles. De même, les symptômes sont habituellement attribués, si possible, à des facteurs de situations, par exemple à des irritants environnementaux, à un surmenage ou à un manque de sommeil. Sinon, les personnes ont tendance à attribuer les symptômes à des facteurs internes. La recherche sur la perception des symptômes a identifié deux catégories de causes internes présumées, les attributions psychologiques ou somatiques, ainsi que des différences individuelles dans la manière d'attribuer.

Une analyse de ce type a été appliquée aux effets indésirables des médicaments. Un certain nombre de ces effets sont dus aux propriétés pharmacologiques du produit. Cependant, un certain nombre d'autres effets ne peuvent être expliqués par les caractéristiques biochimiques des substances actives. Ces derniers effets étant non spécifiques, il a été proposé qu'ils pourraient être la manifestation d'un effet *nocebo*, inverse de l'effet *placebo* qui explique les effets bénéfiques non pharmacologiques des médicaments. Plusieurs études cliniques et expérimentales ont fourni des preuves de l'existence et de l'importance de tels effets *nocebo*. Un des facteurs souvent mentionné pour expliquer la survenue de ces effets non spécifiques est l'attribution causale erronée. La crainte de la maladie et du médicament lui-même, ajoutée au sentiment de vulnérabilité, entraîne des niveaux élevés d'excitation et d'anxiété, ainsi que l'amplification des sensations corporelles bénignes, qui sont attribuées faussement au médicament.

Des symptômes non spécifiques sont également observés dans les syndromes d'intolérance environnementale idiopathique et ont été comparés aux troubles somatoformes (Bailer *et al.* 2005). Sur cette base, Bailer *et al.* (2008) ont proposé un modèle de « causalité cognitive » : un haut niveau de crainte à l'égard des nuisances des facteurs environnementaux entraînerait une amplification des sensations corporelles perçues et leur transformation en symptômes pour lesquels une prise en charge médicale serait recherchée (Bailer, Witthöft, and Rist 2008).

C'est ce modèle que Szemerszky *et al.* (2016) ont appliqué à l'étude de l'EHS (voir § 6.2.1.2.6).

Annexe 15 : Courrier de l'enquête internationale sur l'hypersensibilité aux champs électromagnétiques (EHS)

Maisons-Alfort (France), le 4 juin 2015

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) a mis en place un groupe de travail (GT) « Radiofréquences et santé » en septembre 2011, afin de réaliser une mise à jour régulière relative aux effets sanitaires des radiofréquences.

Ce GT est constitué de 16 experts dans les domaines de la médecine, de la biologie, de la métrologie et de la dosimétrie des champs électromagnétiques, de l'épidémiologie et des sciences sociales.

Depuis la publication de la mise à jour des connaissances sur le thème « radiofréquences et santé » en octobre 2013 (disponible sur Internet²⁴²), le GT a notamment entamé une expertise spécifique sur l'hypersensibilité aux champs électromagnétiques (EHS).

Dans le cadre de cette expertise, l'Anses organise une enquête internationale (une trentaine de pays consultés) visant à mieux connaître le nombre de personnes se déclarant EHS, les dispositions prises en leur faveur et les programmes de recherche sur le sujet dans les différents pays / régions consultés.

Les résultats de ce questionnaire seront exploités dans le cadre du prochain rapport d'expertise du GT « radiofréquences et santé » de l'Anses. Ce rapport fera l'objet d'une consultation publique (en français) fin 2015, avant publication du rapport final sur notre site internet (www.anses.fr) courant 2016.

Merci de bien vouloir répondre aux questions ci-après avant le 15 juillet 2015 et de retourner le formulaire, ainsi que tout document (publication scientifique, rapport d'expertise, programme de recherche, liens vers des sites internet, etc.) que vous jugerez utile de nous communiquer à la Direction de l'évaluation des risques.

L'Anses assure des missions de veille, d'expertise, de recherche et de référence sur un large champ couvrant la santé humaine, la santé et le bien-être animal et la santé végétale. L'Anses évalue de manière transverse les risques et les bénéfices sanitaires en y intégrant l'apport des sciences humaines et sociales, transmet ses avis et recommandations aux pouvoirs publics et rend systématiquement publics ses travaux. C'est un établissement public à caractère administratif placé sous la tutelle des ministères chargés de la Santé, de l'Agriculture, de l'Environnement, du Travail et de la Consommation.

²⁴²<https://www.anses.fr/fr/content/champs-%C3%A9lectromagn%C3%A9tiques-un-dispositif-global-d%E2%80%99expertise>

Questions

1. Est-ce que la question de l'hypersensibilité aux champs électromagnétiques (EHS) est-un sujet de préoccupations (sanitaire, scientifique, politique, médiatique, etc.) dans votre pays / région ?
2. Population concernée

Disposez-vous de données concernant le nombre de personnes déclarées / se déclarant EHS ? Quand, de quelle manière (auto-déclaration, questionnaire de symptômes, etc.) et par qui ces données ont-elles été collectées ? sur la base de quelle définition de l'EHS ?

Avez-vous des informations concernant le profil de ces personnes (âge, genre, activité ou catégorie socio-professionnelle, lieu de résidence, etc.)

Y a-t-il des évolutions constatées ces dernières années concernant le nombre et le profil de ces personnes ? (Avez-vous des données chiffrées ?)
3. Dispositions prises par les pouvoirs publics

Y a-t-il un statut spécifique accordé aux personnes déclarées EHS (e.g. handicap ou autre) dans votre pays / région ?

Sur quels critères et par qui ce statut est-il accordé ?

À quelles dispositions peuvent prétendre les personnes bénéficiant de ce statut (prise en charge médicale, mesures de champs électromagnétiques, subvention d'équipements, indemnités, etc.) ? À quelles conditions sont-elles accordées ?

Avez-vous créé ou préservé des lieux (zones, bâtiments, chambres d'hôpitaux, etc.) de faibles niveaux d'exposition aux champs électromagnétiques ou sans champ électromagnétique (« zones blanches ») ? Comment sont-ils définis et par qui sont-ils gérés ?

De quelles autorités (nationales, régionales, locales, etc.) ces dispositions concernant l'hypersensibilité aux champs électromagnétiques relèvent-elles ?
4. Impact des dispositions prises par les pouvoirs publics

Le cas échéant, que pouvez-vous dire des effets de ces dispositions sur le nombre et la situation des personnes déclarées EHS ?

Comment ces dispositions ont-elles été reçues par les professionnels de santé ? les milieux scientifiques ? les opérateurs de téléphonie ? les associations de personnes se déclarant EHS ? et dans l'opinion publique ?
5. Recherche

Quels sont les principaux projets de recherche récents, en cours ou à venir concernant l'EHS dans votre pays / région ?

Quelles sont pour vous les priorités de recherche concernant l'EHS pour les prochaines années ?

Annexe 16 : verbatim des auditions

Les verbatim ou compte rendu des auditions sont publiés en annexe électronique de ce rapport, disponible sur le site internet de l'Anses.

Annexe 17 : Bilan de la consultation publique et principales modifications du rapport suite à la consultation

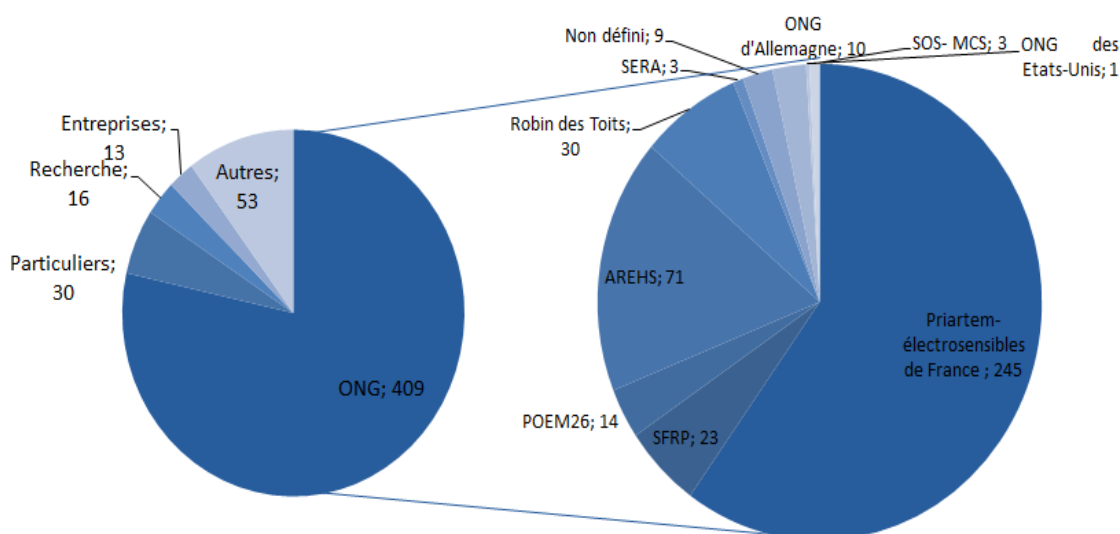
La consultation publique du rapport pré-définitif « Hypersensibilité électromagnétique ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques » a été ouverte du 27 juillet au 15 octobre 2016.

L'Anses tient à remercier toutes les personnes ayant déposé leurs commentaires par l'intermédiaire d'un formulaire en ligne, à savoir 13 organismes et 10 particuliers. Il s'agit de :

- 7 organisations non gouvernementales (ONG) ;
- 3 entreprises ou fédérations d'entreprises ;
- 3 personnes exerçant dans le domaine de la recherche ;
- 10 particuliers.

Au total, 521 commentaires ont été déposés, dont une très large proportion vient des ONG (cf. Figure 23) :

- 409 commentaires d'ONG ;
- 30 de particuliers ;
- 16 de personnes exerçant dans le domaine de la recherche ;
- 13 d'entreprises ou de fédérations d'entreprises ;
- 53 non classés.



AREHS : Association pour la reconnaissance de l'EHS ;

POEM 26 : Prévention ondes électromagnétiques Drôme ;

SERA : Santé Environnement Rhône-Alpes ;

SFRP : Société Française de Radioprotection ;

SOS-MCS : Association Française d'aide et de défense des personnes atteintes du syndrome d'hypersensibilité chimique multiple

Figure 23 : origine des contributions à la consultation publique pour l'ensemble des contributeurs – et pour les ONG

La répartition des commentaires par chapitre du rapport est illustrée sur la Figure 24.

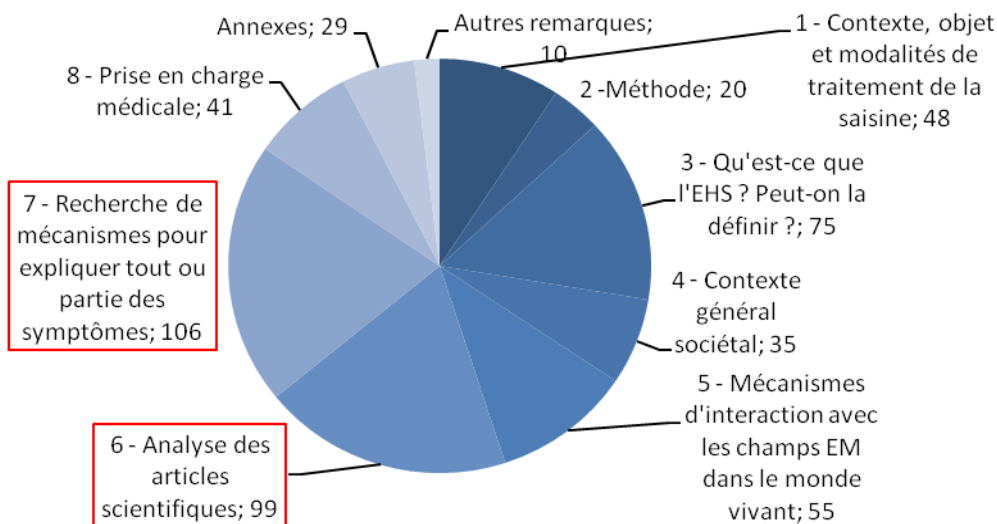


Figure 24 : répartition des commentaires en fonction du chapitre du rapport

Le chapitre 7 sur la « Recherche de mécanismes pour expliquer tout ou partie des symptômes des personnes se déclarant EHS » et le chapitre 6 sur l'« Analyse des articles scientifiques impliquant des personnes se déclarant EHS » sont les deux chapitres les plus commentés (avec respectivement 106 et 99 commentaires).

Les modalités de prise en compte des commentaires reçus pendant la consultation sont présentées au § 2.5.4 du rapport.

Les commentaires ont été classés en sept catégories, chacune appelant à un type de réponse différent :

« Commentaire n'impliquant pas de réponse de l'Agence » : concerne les commentaires formulant une constatation ou une interprétation dont la subjectivité ne permet pas de les inclure au rapport.	A
« Commentaire n'impliquant pas de modification du rapport d'expertise » : concerne les commentaires pertinents, auxquelles une réponse a été formulée, mais ne justifiant pas une modification du rapport.	B
« Commentaire partiellement pris en compte dans le rapport » : concerne les commentaires qui formulent plusieurs idées, dont une a entraîné une modification du rapport d'expertise.	C
« Commentaire pris en compte dans le rapport (ajout) » : concerne les commentaires qui ont impliqué l'ajout de données dans le rapport d'expertise. Cette mention a été appliquée notamment lorsque l'analyse ou la citation d'études scientifiques a été insérée.	D
« Commentaire pris en compte dans le rapport (reformulation) » : concernent certaines phrases ou certains paragraphes qui ont été reformulés.	E
« Commentaire pris en compte dans le rapport (modification) » : concerne les commentaires qui ont impliqué la modification de données dans le rapport d'expertise.	F
« L'Anses prend note du témoignage communiqué / de cette expression, et remercie son auteur »	G

Les commentaires sont présentés dans un tableau, avec l'identité (sauf demande d'anonymat), l'organisme du contributeur et, le cas échéant, des références bibliographiques, ainsi que la réponse de l'Anses (cf. tableau de réponses aux commentaires disponible en version électronique sur le site internet de l'Anses – <http://www.anses.fr>). Étant donné le nombre de commentaires reçus, les réponses ont été formulées de manière concise.

Au final, 146 commentaires ont entraîné une modification, un ajout ou une reformulation dans le rapport d'expertise (catégories C, D et F).

Les références bibliographiques recueillies dans le cadre de la consultation ont été prises en considération aux conditions suivantes :

- qu'elles soient pertinentes et répondent aux critères de sélection présentés au § 2.1.
- qu'elles soient publiées entre 2009 et la date de début de mise en consultation publique du rapport (juillet 2016) ;
- qu'il s'agisse d'articles originaux publiés dans des journaux à comité de lecture indépendant, en langue française ou anglaise.

Toutefois, d'autres publications (antérieures à 2009 ou revues par exemple) ont ponctuellement pu être ajoutées au rapport.

Suite à la consultation publique, le rapport d'expertise a été enrichi d'une soixantaine de références bibliographiques (soit qu'elles aient été proposées par les différents contributeurs, soit qu'elles aient été rajoutées directement par le groupe de travail), clarifié (c'est le cas du § 3.3.2 sur l'IRM, du § 7.5.1 sur la BHE ou de l'hypothèse ii au § 5.2 notamment) et complété (création d'un § 3.8.4 sur l'hypersensibilité, comme trait de personnalité par exemple). Cependant, le fond du rapport n'a pas été transformé.

Annexe 18 : Annexe aux recommandations concernant les protocoles expérimentaux

En premier lieu, il serait nécessaire d'améliorer la méthodologie des études de provocation, les plus à même d'apporter les preuves d'un lien de causalité entre exposition aux champs électromagnétiques et l'EHS, pour éviter les défauts qui leur ont été imputés jusqu'à présent (cf. § 6.2.3).

Études de provocation

Concernant les études de provocation, le groupe de travail recommande :

- d'entreprendre des études sur la base de critères d'inclusion et d'exclusion précis (symptômes, ancienneté des troubles, sévérité, temps de latence d'apparition des symptômes, éventuelles pathologies associées, notamment environnementales, sources incriminées, etc.) qui assurent l'homogénéité du groupe étudié (âge, genre, critères d'inclusion et d'exclusion) ;
- d'inclure un nombre de personnes suffisant, calculé en fonction des travaux publiés antérieurement, en justifiant *a priori* de la robustesse des tests statistiques et, pour le recrutement de ces personnes, de s'appuyer éventuellement sur la cellule de coordination présentée au § 10.1, les CCPP, des consultations multidisciplinaires recevant des personnes se déclarant EHS et / ou des associations ;
- d'associer des tests objectifs (EEG, ECG, marqueurs biologiques, etc.) pouvant permettre de valider les réponses subjectives et d'ouvrir des perspectives de recherche sur les éventuels mécanismes en cause ;
- de conduire les protocoles expérimentaux en double aveugle ;
- de comparer les personnes se déclarant EHS à des témoins appariés le plus soigneusement possible (âge, genre, niveau éducatif, conditions de vie et notamment conditions d'exposition, etc.), témoins présentant ou pas d'autres syndromes d'intolérance environnementale idiopathique ou des syndromes médicalement inexplicables ;
- d'adapter, dans la mesure du possible, les expositions en fonction des signaux auxquels les personnes se déclarent sensibles ;
- de bien caractériser l'exposition aux champs électromagnétiques plus précisément que par la fréquence porteuse et le DAS (intensité, fréquence porteuse, durée, forme du signal, répétition, etc.) avec une dosimétrie adéquate.

Système nerveux autonome

Concernant les tests explorant le système nerveux autonome pour tenter de diagnostiquer l'EHS, le groupe de travail recommande de :

- respecter le référentiel permettant de normaliser les valeurs limites définissant les différentes bandes de fréquences issues de l'analyse spectrale du signal cardiaque, afin de permettre les comparaisons entre les différentes études ;
- faire ces études en situation de repos et après lever actif ;
- s'intéresser à d'autres aspects plus dynamiques de la variabilité de la fréquence cardiaque²⁴³.

²⁴³ prenant en compte le chaos ou l'entropie par exemple.

Sommeil et rythmes circadiens

Concernant l'étude des troubles du sommeil et les rythmes circadiens chez les personnes se déclarant EHS, le groupe de travail recommande que :

- les troubles du sommeil liés à un facteur de l'environnement soient mieux caractérisés par des critères objectifs²⁴⁴ ;
- les études soient réalisées dans un environnement contrôlé, et / ou complétées par des enregistrements polysomnographiques effectués en ambulatoire sur site ;
- les études polysomnographiques soient effectuées en double aveugle, les personnes se déclarant EHS étant leur propre témoin, ainsi qu'en comparaison avec des personnes non-EHS ;
- les conséquences des troubles du sommeil soient également objectivés par l'étude des endormissements diurnes²⁴⁵ excessifs en mesurant les temps d'endormissements à l'aide de tests standards évaluant la somnolence diurne (décrits en Annexe 8) ;
- des études de prévalence des troubles du sommeil soient incluses dans les études de cohorte réalisées chez les personnes se déclarant EHS ;
- les études sur les rythmes circadiens de sécrétion de la mélatonine, du cortisol ou autres hormones, prennent en compte des facteurs de confusion (ex : masse corporelle, âge, genre, alcool, travail posté et de nuit) qui modulent / affectent les mesures. Ceci est d'autant plus important qu'il existe une grande variabilité interindividuelle et que le contrôle d'un maximum de ces facteurs sera nécessaire à l'interprétation des données et à la comparaison entre groupes de personnes se déclarant EHS et témoins ;
- les études sur les rythmes circadiens explorent les effets des radiofréquences à différentes périodes du cycle, comme suggéré par Qin *et al.*²⁴⁶ (Qin *et al.* 2014).

Hypersensibilité

Concernant l'étude de l'hypersensibilité, le groupe de travail recommande :

- d'utiliser le questionnaire validé d'Aron and Aron (1997) pour caractériser le degré d'hypersensibilité (comme trait de caractère) des personnes se déclarant EHS (*cf.* Annexe 5) ;
- d'utiliser des tests de personnalité validés, comme le *Minnesota Multiphasic Personality Inventory* (MMPI).

²⁴⁴ tels que ceux définis en 2005 par l'Académie Américaine de Médecine du sommeil en association avec les Sociétés Européenne, Japonaise et d'Amérique Latine du sommeil (voir Encadré 9, p218).

²⁴⁵ *Cf.* définition des endormissements diurnes excessifs en note de bas de page n°188, p218.

²⁴⁶ Ces auteurs ont montré un effet des radiofréquences sur la production de mélatonine chez le rat, mais uniquement à certaines périodes du cycle.



Agence nationale de sécurité sanitaire
de l'alimentation, de l'environnement et du travail
14 rue Pierre et Marie Curie
94701 Maisons-Alfort Cedex
www.anses.fr / [@Anses_fr](https://twitter.com/Anses_fr)

Hypersensibilité électromagnétique ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques

Auto-saisine n°2011-SA-0150

AUDITIONS DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES

**Comité d'experts spécialisé
« Agents Physiques, nouvelles technologies et grands aménagements »**

**GT
« Radiofréquences et santé 2 »**

Décembre 2017

AUDITION DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES

Les personnes mentionnées dans le tableau ci-dessous ont été consultées par le groupe de travail (sous la forme d'auditions ou sollicitations écrites).

Les experts du groupe de travail remercient l'ensemble des personnes consultées pour les échanges fructueux qui ont eu lieu dans le cadre des auditions ou par écrit. Les informations transmises dans ce cadre ont été analysées par les experts du groupe de travail et prises en compte lors de l'élaboration du rapport.

Avertissement : la mention des personnes dans le tableau ci-dessous ne signifie pas qu'elles endossent les conclusions du rapport d'expertise.

Liste des personnes auditionnées et sollicitées par écrit**Médecins**

Nom	Fonction et spécialité	Lieu d'exercice	Date
P ^r Pascal Cathébras	Professeur de médecine interne, PU-PH, chef de service hospitalier	Université et CHU de Saint-Etienne	Audition le 13/03/2014
D ^r Dominique Dupas	Maître de conférences des universités – praticien hospitalier (MCU-PH)	Consultation de Pathologie professionnelle et environnementale - CHU de Nantes	Audition le 13/03/2014
D ^r Pascale Choucroun	Médecin généraliste	Centre de pathologies environnementales et professionnelles - CH de Brest	Audition le 12/06/2014
D ^r Lynda Bensefa-Colas	PH en médecine du travail - service des pathologies professionnelles	Assistance publique-Hôpitaux de Paris (AP-HP)	Audition le 12/06/2014
P ^r Dominique Choudat	PU-PH de médecine du travail - Faculté de médecine	Université Paris Descartes	
D ^r Philippe Tournesac	Médecin généraliste - pathologies neurofonctionnelles- ostéopathie	Médecin libéral à Paris	Audition le 10/07/2014
D ^r Bernard Rosa	Médecin - Diplôme Universitaire de médecine manuelle - ostéopathie	Médecin libéral à Annemasse	
D ^r Mirabel-Sarron	Médecin psychiatre	Centre hospitalier Ste Anne - Paris	Audition le 29/01/2015
D ^r Laurent Chevallier	Praticien attaché - Unité nutrition, médecine environnementale	CHRU de Montpellier (Médecine Interne)	Réponse écrite le 01/06 et entretien le 04/06/2015
D ^r Eric Ben-Brick	Unité de Consultations de Pathologies Professionnelles et Environnementales (UCPPE) -	CHU de Poitiers	Réponse écrite le 18/08/2015
D ^r Vincent Loche	Oto-rhino-laryngologiste (ORL) spécialiste des acouphènes	CHRU de Lille	Audition le 10/09/2015
D ^r Catherine Hennaux	Oto-rhino-laryngologiste (ORL) spécialiste des acouphènes	CHRU de Lille	

Scientifiques

Nom	Affiliation	Date
D ^r Yannick Barthe	École des hautes études en sciences sociales (EHESS)	Audition le 29/04/2014
Maël Dieudonné	Centre Max Weber – UM 5283 – CNRS / Université Lyon 2	Audition le 29/04/2014
D ^r Anke Huss	<i>Institute for Risk Assessment Sciences, Utrecht University, The Netherlands</i>	Audition le 26/02/2015
P ^r Zwamborn*	<i>Technische Universiteit Eindhoven - Department of Electrical Engineering, The Netherlands</i>	Réponse écrite le 20/03/2015

* La réponse du P^r Zwamborn est disponible dans le rapport d'expertise (cf. § 6.2.1.2.4, p. 177-178).

Élus et institutions publiques

Nom	Affiliation	Date
Michèle Rivasi	Députée européenne, membre d'Europe Écologie Les Verts	Audition le 30/09/14

Associations type loi de 1901

Nom	Association représentée	Date
Sophie Pelletier	Électrosensibles de France/Priartem	Audition le 06/11/2014
Janine Le Calvez	Pour rassembler, informer et agir sur les risques liés aux technologies électromagnétiques (Priartem)	
Philippe Tribaudeau	Une terre pour les EHS	Audition le 06/11/2014
Pierre Le Ruz	Centre de recherche et d'information indépendant sur les rayonnements électromagnétiques non ionisants (Criirem)	
Agnès Fontana	Robin des Toits	Audition le 20/01/2015
Madeleine Madoré	Le Lien	Audition le 29/01/2015
José Cambou	France Nature Environnement	
Laurent Le Guyader	Génération futures	Réponse écrite le 16/02/2015
Jacqueline Collard	Santé Environnement Rhône-Alpes (SERA), Zone blanche	Audition le 31/03/2015

Remarques : Toutes ces associations, à l'exception de « Zone blanche », sont membres du Comité de dialogue¹ de l'Anses. Plusieurs de ces associations se sont regroupées dans l'AM2E : Alliance Maladies Environnementales Émergentes, créée en octobre 2014, pour coordonner et renforcer leurs actions.

¹ Le Comité de dialogue « Radiofréquences et santé » de l'Anses est un lieu d'échanges, de réflexion et d'information sur les questions scientifiques relatives aux effets potentiels sur la santé des radiofréquences et à leur évaluation. Sa mise en place en juin 2011 s'inscrit dans le prolongement de l'expérience acquise dans le cadre de la Fondation Santé et Radiofréquences. Il réunit des représentants d'associations et de syndicats, des opérateurs de téléphonie mobile et des radiodiffuseurs, des institutions, des collectivités territoriales et des élus, dans un souci d'équilibre des groupes d'intérêts.

Audition du Pr Cathébras - 13 mars 2014.....	5
Audition du Dr Dupas - 13 mars 2014.....	12
Audition du Dr Choucroun - 12 juin 2014.....	15
Audition du Pr Choudat et du Dr Bensefa-Colas - 12 juin 2014	30
Audition des Dr Rosa et Tournesac - 10 juillet 2014.....	46
Audition du Dr Mirabel-Sarron - 15 janvier 2015	61
Réponse écrite du Dr Chevallier - 25 mai 2015.....	71
Réponse écrite du Dr Ben-Brick - 18 Août 2015.....	72
Auditions des Dr Hennaux et Loche - 10 septembre 2015.....	74
Audition du Dr Barthe - 29 avril 2014	92
Audition de Maël Dieudonné- 29 avril 2014	100
Audition du Dr Huss – 26 février 2015	105
Audition de Michèle Rivasi - 30 septembre 2014	116
Auditions des associations « Priartem » et « Collectif EHS » - 6 novembre 2014	131
Auditions des associations « Une terre pour les EHS » et « criirem » - 6 novembre 2014	147
Audition de l'association Robin des Toits - 20 janvier 2015	158
Auditions des associations FNE et Le Lien - 15 janvier 2015	168
Réponses écrites de Générations futures - 16 février 2015.....	180
Audition téléphonique de l'association Zone Blanche - 31 mars 2015	187

Audition du P^r Cathébras - 13 mars 2014

Étaient présents :

Experts du Groupe de Travail (GT)

Membres de l'Anses (Anses)

Invité : P^r Pascal Cathébras (PC)

Exposé du P^r Cathébras

Parmi les syndromes fonctionnels (ou « médicalement inexpliqués »), on trouve des entités aussi diverses que l'hystérie et la fibromyalgie. La sémiologie est fonction de l'époque et de l'acceptation. La question de la légitimité des symptômes est centrale dans la question des syndromes fonctionnels.

On retrouve trois points importants dans le parcours des malades :

- l'autodiagnostic : long itinéraire médical avant de mettre un nom (souvent grâce à internet, rarement par un médecin) ;
- les malentendus avec les médecins ;
- le défaut de légitimité, le manque de reconnaissance.

Les troubles fonctionnels sont réputés bénins, mais ils entraînent souvent beaucoup de souffrance chez les patients et les soignants. Cette souffrance est paradoxale. D'un côté, il y a les symptômes, l'incertitude et le manque de légitimité chez les patients. De l'autre l'incertitude, la difficulté à rassurer et la difficulté à soulager chez les médecins.

Pourquoi les médecins sont-ils mal à l'aise face aux troubles fonctionnels ? Le livre de Michael Balint « The doctor, his patient and the illness » avance les éléments suivants : « Après une série d'exams consciencieux et approfondis, lorsqu'on dit à un malade qu'il n'a rien, les médecins espèrent qu'il va se sentir soulagé et même guéri. Cela arrive, en effet, assez souvent ; mais dans un grand nombre de cas, c'est juste le contraire qui se produit et le médecin réagit à cette situation - toujours inattendue malgré sa fréquence - par une surprise douloureuse et de l'indignation ... (Le malade) pense qu'« il n'y a rien » signifie que nous n'avons pas trouvé, et par conséquent que nous ne pouvons lui dire ce qui l'effraie, le tourmente, et lui cause des souffrances ...

Les médecins, conditionnés par leur formation, pensent généralement d'abord à un diagnostic « physique ». Les raisons qu'on avance d'habitude sont qu'une maladie physique est plus sérieuse, plus dangereuse qu'une maladie fonctionnelle. C'est une demi-vérité dangereuse ; dans certains cas la maladie physique représente effectivement une menace plus grave ... mais dans d'autres, la maladie fonctionnelle est nettement le danger le plus grand... Il résulte de cette demi-vérité que les médecins se sentent généralement très honteux lorsqu'ils ont laissé échappé un diagnostic physique minime ou absolument sans importance.

L'« élimination par les examens scientifiques appropriés » est également fallacieuse d'un autre point de vue. Elle implique, bien que cela ne soit pas explicitement établi, qu'un patient n'est pas modifié ou influencé par le processus de l'« élimination » ... Cette opinion peut être fautive. L'attitude du patient est habituellement modifiée d'une manière considérable pendant et par les examens physiques. Ces changements qui peuvent influencer profondément le cours d'une maladie chronique ne sont pas pris au sérieux ... (et) n'ont jamais fait l'objet d'une véritable investigation scientifique.

... les maladies sont ordonnées en une sorte de classification hiérarchique correspondant approximativement à la gravité des altérations anatomiques dont on peut supposer qu'elles s'accompagnent. Malheureusement cette classification hiérarchique ne s'applique pas seulement aux maladies, mais aussi aux malades qui ... s'y rattachent. Les patients dont les troubles peuvent être ramenés à des altérations anatomiques ou physiologiques apparentes ou vraisemblables sont

d'une catégorie supérieure tandis que les névrosés sont en quelque sorte la lie qui subsiste lorsque tout le reste a été éliminé. Il est donc compréhensible que chaque médecin, lorsqu'il se trouve face à un nouveau patient, ... ne le relègue dans la catégorie de névrosés que lorsqu'il ne trouve rien qui puisse lui conférer un statut respectable. »

Tout le monde est dualiste : les « somaticiens », les « psychistes », les employeurs et les médecins du travail, les malades, leurs familles...

Ce ne serait pas un vrai problème pour l'approche psychosomatique si l'on sait « réunir d'une main ce qu'on a séparé de l'autre » pour mieux comprendre, éviter les approximations, et approcher honnêtement la complexité, mais cela devient un problème car des valeurs morales sont attachées au « somatique » et au « psychique », et il reste davantage légitime socialement de souffrir dans son corps que dans sa tête.

Dans un monde où le modèle biomédical imprègne les représentations de toute la population, le terme « psychosomatique » fait office de repoussoir : « psychosomatique » est souvent synonyme, implicitement ou explicitement, « d'imaginaire ». Et ce qui est étiqueté d'origine « psychologique » ou « psychosomatique » est aussi considéré comme sous la responsabilité de la personne, qui peut donc en être implicitement blâmée.

La psychiatrie et la psychologie elles-mêmes n'ont pas transcendé cet aspect moral du dualisme.

A propos du dualisme, l'article de Miresco intitulé « The persistence of mind brain dualism in psychiatric reasoning about clinical scenarios » présente une étude menée auprès de psychiatres et psychologues de Montréal (Université McGill). Face à des vignettes cliniques décrivant un comportement identique induit par des pathologies différentes, les psychiatres devaient indiquer les parts respectives de psychologie et de biologie dans la cause du problème, et attribuer un jugement sur la responsabilité du patient (exemple d'une personne qui a ruiné sa famille et pour qui les causes possibles sont une pathologie maniaque, une addiction à l'héroïne ou une personnalité narcissique). Même pour les spécialistes du comportement, il semble y avoir un parallèle entre attribution psychologique et jugement de responsabilité, et une corrélation inverse entre attribution biologique et absence de responsabilité.

Les termes utilisés par les médecins généralistes peuvent être jugés insultants par les patients (J. Stone et al. BMJ 2002) : « dans la tête », « hystérique », « psychosomatique », « médicalement inexpliqué », etc.

Dans le domaine des symptômes fonctionnels, il y a beaucoup d'ambiguïtés dans les termes utilisés et dans la réalité des faits. (cf. livre du P^r Cathébras « troubles fonctionnels et somatisation »). Les différentes terminologies sont présentées ci-après.

- Symptômes fonctionnels :

Opposés à symptômes d'origine organique. Subjectifs (contraires à des signes physiques, des anomalies d'imagerie ou des résultats de laboratoire). Les médecins n'aiment pas le subjectif. Connotation de bénignité. Environ 1/3 des symptômes restent médicalement inexpliqués. Paradoxalement, plus on dispose de moyens d'investigation sophistiqués, plus on observe de symptômes fonctionnels. La part fonctionnelle/organique ne se réduit pas. Souvent s'établit un raccourci : puisqu'on n'a rien trouvé d'organique, c'est dans la tête.

- Symptômes médicalement inexpliqués :

Le médecin a cherché et n'a pas trouvé de cause « médicale » (lésionnelle, biologique, physiopathologique) possible. Peut-être que par la suite avec les progrès de l'imagerie, de l'exploration fonctionnelle et de la biologie, il pourrait y avoir une cause trouvée. Mais le P^r Cathébras indique qu'il n'a pas vu diminuer la part de troubles fonctionnels dans ses consultations malgré les progrès de la médecine. Il ne faut pas oublier que derrière un diagnostic de maladie « physique », il peut y avoir d'autres problèmes. Par exemple, les personnes atteintes de pathologies auto-immunes ont souvent des problèmes « fonctionnels » surajoutés de type fibromyalgie. Une fois le diagnostic posé, il ne faudrait pas arrêter l'enquête. Une fois qu'on a trouvé une maladie organique, souvent on s'arrête alors que d'autres facteurs, notamment psychiques, peuvent intervenir. De plus, plaintes et symptômes ne sont pas forcément liés.

- Plainte fonctionnelle :

Il y a un filtre entre le symptôme et le recours aux soins. Les déterminants du recours aux soins sont divers (avoir déjà eu le symptôme, avoir un système de santé ouvert comme en France, etc.).

Par exemple, le syndrome de l'intestin irritable (prévalence de 15 % dans la population générale donc fréquent) est très fréquemment associé à d'autres syndromes fonctionnels. Il n'est pas associé à une psychopathologie particulière au niveau de la population générale. Par contre, si on étudie chez les gens qui ont un syndrome de l'intestin irritable, par exemple au CHU (ce qui est un niveau élevé dans le système de soin), ils sont très souvent déprimés et anxieux, etc. On aurait donc tendance à rapporter le syndrome à des pathologies psychiatriques, mais c'est faux dans de nombreux cas. La psychopathologie a déterminé la sévérité des symptômes (en partie) mais surtout le recours aux soins (en majorité).

Qu'est ce qui va pousser un patient qui souffre de fibromyalgie à consulter à un moment t alors qu'il souffre de fibromyalgie depuis 5 ou 10 ans ? Pourquoi tout d'un coup cela devient insupportable et digne d'intérêt médical ? Souvent, on trouve des choses dans le domaine du psychosocial.

- Somatisation :

Il y a eu de nombreuses définitions, trois sont présentées ci-dessous :

1) « Un trouble psychiatrique (par exemple la dépression) explique entièrement la plainte somatique présentée au médecin ». Le focus a été fait sur le symptôme physique par le médecin ou les patients, mais la maladie causale est bien psychiatrique (Bridges & Goldberg. J Psychosom Res., 1985).

2) Une « conduite de maladie » : tendance à ressentir (perception), à exprimer (communication) à attribuer (attribution) des symptômes à une maladie physique et à rechercher des soins (ZJ Lipowski. Am J Psychiatry, 1988).

GT :: Au niveau social, le statut de malade empêche d'entrer dans un engrenage, permet aux patients de sortir d'une situation socio-familiale qui leur est insupportable et dont ils ne peuvent s'extraire autrement et protège des critiques de la société, de la famille et de l'entourage.

3) Des symptômes fonctionnels prolongés et invalidants : « leur étiologie est souvent multifactorielle, et les troubles psychiatriques sont fréquemment, mais non constamment, présents » (R Mayou. Psychother Psychosom, 1993). Cette définition est celle retenue par le P^r Cathébras. On admet qu'on ne sait pas quelle est la part exacte du psychique. Les troubles psychiatriques (approche catégorielle) et/ou la détresse psychique (approche dimensionnelle) sont présents comme comorbidité, potentiellement contributive, mais pas forcément comme « cause » des symptômes fonctionnels.

- Troubles somatoformes :

Cette catégorie de troubles est apparue à partir de la classification psychiatrique américaine DSM III (années 80).

Le « syndrome de Briquet » (Trouble somatisation) porte le nom du Dr Briquet qui a travaillé sur l'hystérie au 19^{ème} siècle. Ces troubles touchaient alors presque toujours des femmes dans de nombreux appareils différents (symptômes végétatifs, neurologiques, plaintes douloureuses, etc.).

Or, cela n'existe que très peu dans la population générale, donc dans la classification DSM 4 on a défini une forme atténuée appelée « Trouble somatoforme indifférencié ».

Le « trouble de conversion » est le seul trouble où on affirmait que la cause était psychologique. On pense à la conversion hystérique de Freud, il faut une « proximité avec un facteur de stress ou de conflit ».

Le « trouble douloureux » intègre beaucoup de situations car de nombreux patients souffrant de douleurs chroniques ont des troubles psychologiques, qui n'en sont pas forcément la cause unique.

L'« hypochondrie » consiste à s'inquiéter énormément de ses symptômes, même s'ils ne sont pas nombreux. C'est avant tout une anxiété centrée sur la santé.

Ces catégories diagnostiques sont très problématiques et peu utilisées par les cliniciens en pratique. Dans le DSM 5, les troubles somatoformes ont d'ailleurs presque disparu.

- Syndromes somatiques fonctionnels :

Les syndromes somatiques fonctionnels sont définis par la symptomatologie dominante (douleur pour fibromyalgie, fatigue pour fatigue chronique, troubles intestinaux pour intestin irritable, etc.) ou par une attribution pathogénique spécifique, souvent environnementale (le syndrome du bâtiment malsain, l'intolérance idiopathique environnementale aux odeurs chimiques, aux champs électromagnétiques, etc.).

Ils sont souvent associés entre eux et souvent associés très fortement à une détresse psychique. Leur physiopathologie (mal connue) a de nombreux points communs (par ex. « sensibilisation centrale »). Les traitements efficaces ont des similarités (antidépresseurs, thérapies cognitivo-comportementales (TCC)).

Le problème, c'est (par exemple) que l'EHS est définie par une attribution, mais pas par des symptômes spécifiques, et encore moins par une physiopathologie plausible.

Les gens qui s'intéressent aux troubles fonctionnels disent qu'ils sont un peu comme des aveugles qui touchent un éléphant, chacun voit un bout du problème (le symptôme qui l'intéresse ou qu'il juge le plus pertinent).

Les patients souffrant de troubles somatiques fonctionnels ou « médicalement inexpliqués » peuvent ainsi être classés dans de nombreuses catégories qui se chevauchent entre elles (dépression et troubles anxieux, syndromes somatiques fonctionnels et troubles somatoformes).

Questions des experts du GT

GT : Comment traiter les patients ?

PC : Il faut explorer la plainte avec une médecine centrée sur le patient (c'est-à-dire s'intéresser aux symptômes, à leur impact sur la vie quotidienne, à leur mode de survenue, à la détresse qu'ils entraînent, aux représentations qu'en ont les patients, aux craintes qu'ils suscitent, aux hypothèses diagnostiques que le patient a envisagées, etc. et pas seulement à la pathologie « médicale » qu'ils pourraient révéler).

GT : Donc trois perspectives complémentaires sont nécessaires face aux symptômes médicalement inexpliqués : (1) Y a-t-il des arguments en faveur d'une maladie organique ? (2) Y a-t-il des arguments en faveur d'une maladie psychiatrique ? (3) Que pense le malade et qu'a-t-il vécu jusque là (agenda médical et agenda du patient) ?

PC : La recherche d'organicité peut avoir des effets pervers. Souvent, les examens complémentaires négatifs ne rassurent pas à long terme, de nombreux articles ont été publiés à ce sujet. Les gens sont soulagés à 3 jours mais à 1 mois ils sont au même niveau d'anxiété et de symptomatologie qu'au départ, et souvent encore plus en détresse et symptomatiques. L'attente des résultats crée une anxiété supplémentaire, la négativité crée des attentes déçues, le patient peut penser que le bon examen n'a pas été fait, le bon spécialiste vu, etc.

Chaque fois que c'est possible, il faut distinguer des facteurs prédisposants, déclenchant et d'entretien.

Par exemple, l'histoire virale est l'évènement déclenchant mais sur un terrain fragile (par exemple, histoire de traumatismes psychologiques, antécédent de dépression) et avec des facteurs d'entretien tels que démoralisation, anxiété, relations difficiles avec les médecins, déconditionnement musculaire, on peut aboutir à l'installation d'un syndrome de fatigue chronique et/ou fibromyalgique, etc. Il faut essayer de mettre à jour ces rapports circulaires et de mettre en évidence les cercles vicieux pathogènes.

GT : Faut-il poser un diagnostic et mettre des mots sur la maladie ?

PC : Les avis divergent :

- oui car cela réduit l'incertitude et peut rassurer,
- non car c'est forcément réducteur et cela peut transformer l'identité du sujet (« nous, les fibromyalgiques »).

En fait, il faut agir à plusieurs niveaux et essayer de trouver des modèles multidimensionnels.

GT : En effet, le défaut ou le manque de légitimité est un point important pour les EHS. Dans les conseils de prise en charge, comment faire passer le message en médecine générale ?

PC : le problème n'est pas tant au niveau de la médecine générale (car les généralistes savent que toutes les plaintes ne s'expliquent pas, et que détresse psychique et corporelle s'interpénètrent), qu'en médecine interne ou dans les spécialités d'organe, où ces problématiques ne sont pas centrales. Une enquête auprès des jeunes internistes sur la prise en compte des troubles fonctionnels a montré que les jeunes internistes sont intéressés, mais c'est ambigu (ça m'intéresse mais je préférerais que ce soit les pysys qui s'occupent du patient). Au niveau institutionnel, c'est aussi difficile (par exemple difficulté de faire passer un abstract sur les troubles fonctionnels en congrès de médecine interne). Il n'y a pas grand-chose dans le cursus des étudiants en médecine sur les troubles fonctionnels, quoi que cela figure en 3e cycle de médecine générale.

Anses : Peut-on objectiver des symptômes tels que ceux du syndrome de l'intestin irritable ?

PC : En diagnostic, on a du mal à trouver quoi que ce soit (on parle d'intestin irritable parce qu'il y a des symptômes digestifs chroniques, mais pas de lésions en endoscopie), mais en recherche, on trouve des anomalies subtiles (anomalies de la sensibilité viscérale, de la perméabilité intestinale, etc.). Aucune d'entre elles ne suffit en elle-même à tout expliquer. On ne remet pas en question le ressenti des symptômes par les patients, mais il est difficile de faire la part de ce qu'on voit dans la littérature.

Anses: Comment voyez-vous la double incertitude sur les EHS, la description difficile des symptômes et la difficulté de lier symptômes et exposition ?

PC : Il faut bien distinguer symptômes (aucun n'est spécifique, ils sont subjectifs et communs à tous les syndromes fonctionnels : fatigue, vertiges, maux de tête, etc.) et attribution (qui définit le syndrome).

GT : Combien de patients ayant des troubles fonctionnels sont améliorés par les traitements ?

PC : Parfois nommer le trouble, c'est apaiser. Mais il a aussi été montré que l'adhésion à une association de malades est souvent et paradoxalement un facteur de pérennisation de la maladie.

On « guérit » peu de patients, mais il y en a beaucoup qui peuvent aller mieux. Si les malades se sont arrêtés au niveau de soins primaires, les 2/3 vont aller mieux. Si on arrive aux CHU, le taux de guérison est très faible et à 10 ans les symptômes restent identiques à ceux du début.

GT : Le fait d'être écouté et pris en charge a-t-il un impact ?

PC : Sur le vécu des symptômes mais pas toujours sur les symptômes eux-mêmes. La vie est plus vivable et plus agréable mais on modifie peu la symptomatologie.

Le GT donne un exemple d'une étude qu'un des experts a menée sur comment chaque individu peut vivre différemment avec sa douleur. Certains ne font plus rien et d'autres mènent une vie normale. Les personnes qui vivent mal leur douleur ont des troubles cognitifs qui apparaissent (troubles de la concentration, troubles de la mémoire, etc.). Il est possible que les connexions ne se fassent plus chez certains entre zone de douleur et zone de conscience.

PC : Au sujet de l'imagerie cérébrale, il y a des perturbations du traitement central de la douleur, il y a des aires qui s'allument ou pas dans la fibromyalgie. Ce qui est intéressant, c'est de voir comment l'hypersensibilité centrale s'est installée. En général, c'est quand une douleur localisée qui dure, comme dans le cas de patients souffrant de lombalgies chroniques, qui va au bout de

quelques temps donner d'autres douleurs ailleurs. Les facteurs psychologiques et psychosociaux peuvent exister, et parfois être au premier plan (histoire traumatique par exemple) mais il y a aussi d'autres choses. L'hyperalgésie centrale neurologique est la voie finale commune, mais pour chaque patient elle répond à des déterminismes différents, ce n'est pas une cause mais un mécanisme.

GT : Nous devons nous prononcer sur la mise en place de « zones blanches ». Quel est votre avis sur les solutions collectives. Sont-elles envisageables ?

PC : Je ne sais pas comment répondre à ça, il y a de nombreux enjeux sociaux. Il me semble que les attributions sont cohérentes avec des préoccupations sociales à un moment donné. J'ai par exemple connu les débuts du syndrome de la fatigue chronique apparu peu après la découverte du VIH. Il y a eu apparition d'un virus méconnu dont la transmission était alors inconnue. Devant des cas de fatigue inexplicable groupés, on a crié à une épidémie et accusé une éventuelle infection, qui n'a jamais été démontrée, mais que certains continuent à chercher. L'exemple du virus XMRV a donné une certaine légitimité aux patients atteints de fatigue chronique. Les patients des associations de malades disaient avoir un « espoir » lors de la découverte du XMRV (« enfin on a trouvé notre problème ! »), alors que c'était un rétrovirus contre lequel on n'avait aucune arme, et qui de toute façon s'est avéré innocent. L'espoir venait de l'obtention d'une légitimité biologique pour leurs symptômes, plutôt que de dire que cela « venait de leur tête ».

Toutes les études montrent que les traitements qui fonctionnent le mieux pour la fatigue chronique sont les thérapies comportementales et le réentraînement physique. L'étude PACE (<http://www.pacetrail.org/>) s'intéresse au traitement du syndrome de fatigue chronique en Angleterre. Les auteurs ont mené une étude randomisée. La solution proposée par les associations de patients, le « pacing », est de programmer des phases d'activité et de repos dans la journée. La solution proposée par les médecins est la reprise progressive d'activité et les thérapies comportementales cognitives. Finalement, la proposition des médecins (réentraînement physique et thérapies comportementales cognitives) s'est avérée nettement plus efficace.

GT : Est ce que les traitements médicamenteux, à base d'antidépresseurs par exemple, peuvent traiter ces troubles fonctionnels ?

PC : On en donne quand on identifie un trouble anxio-dépressif. Mais les antidépresseurs ont aussi des effets analgésiques intéressants. Le problème, c'est que ceux qui marchent ne sont pas forcément très bien supportés. Il faut passer beaucoup de temps pour expliquer aux patients qu'au début ils auront des effets secondaires peut-être pires que les symptômes.

GT : Au sujet des traitements, dans l'intervalle entre les examens et les résultats, y a-t-il une augmentation de l'anxiété et des symptômes ? Y a-t-il eu des études épidémiologiques pour casser ces boucles d'anxiété ?

PC : Il y a une caricature qui est l'hypochondrie. Des essais bien menés montrent l'efficacité des thérapies cognitives et comportementales sur l'anxiété. On a des gens guéris, alors qu'ils étaient très invalidés. Beaucoup refusent cependant les traitements psychotropes par peur de masquer les symptômes. Le principe est le renforcement paradoxal des craintes de maladie et des symptômes par les examens médicaux « de réassurance ». Quand on dit à quelqu'un qu'il n'a rien et qu'on fait quand même des examens, c'est une injonction paradoxale, ça rassure très peu de temps mais après, ils ont encore plus de craintes. Personnellement, je propose un deal à mes patients hypocondriaques. Mais il faut bien montrer que ce n'est pas un rejet, que l'on prend les symptômes au sérieux, qu'on comprend leur anxiété, et il faut que les patients perçoivent que le médecin assumera s'il s'est trompé : aucun examen complémentaire, aucun médecin pendant deux mois (sauf si fièvre ou autre problème aigu). Après deux mois, la moitié des malades va mieux, même en l'absence de tout traitement spécifique. Mais il faut que le médecin obtienne l'adhésion des patients.

Le site Neurosymptom.org est intéressant, il peut aider les malades qui ont des symptômes fonctionnels en général et en particulier neurologiques. C'est un site très bien fait pour aider les patients.

Il faut mettre de la complexité dans le discours des patients, comme on le demanderait aux médecins (il n'y a pas d'un côté des patients fous et de l'autre des patients normaux), chaque personne est unique. Il faudrait reconnaître qu'une partie des malades souffre peut-être des ondes, mais que les patients reconnaissent la complexité du sujet et l'individualité de chaque personne.

Anses : Dans l'EHS, les MCS et le syndrome du bâtiment malsain, il y a attribution des symptômes à des causes environnementales. Ce n'est pas forcément le cas pour la fibromyalgie, la fatigue chronique, etc. Quelle est la différence ?

PC : L'histoire des patients est importante, celle de l'attribution des symptômes aussi. Il y a souvent des troubles du sommeil, de la mémoire, des douleurs, de la détresse émotionnelle, même s'il n'y a pas de diagnostic de troubles mentaux patents. C'est le socle symptomatique commun et non spécifique des troubles fonctionnels. Comment naissent les attributions ? C'est une question majeure qui relève de la socio-anthropologie. Je pense que les témoignages ont une considérable importance (dans la vie courante, les témoignages ont un « niveau de preuve » perçu bien supérieur à toutes les études scientifiques). Bien sûr, importance des médias, des préoccupations sociales vis-à-vis des risques environnementaux, etc. Les praticiens de médecins alternatives (homéopathes, ostéopathes, naturopathes, etc.) jouent un rôle important, par exemple pour des attributions telles que la « maladie de Lyme » chronique. Tout à coup, une attribution est perçue comme « donnant sens » à cette expérience confuse et frustrante des symptômes sans explication ni lésion.

GT: La représentation culturelle de la maladie varie également, soit la cause est interne au patient « ça vient de moi », soit ça vient de l'extérieur. La culture est importante dans l'attribution de la maladie.

PC : D'après l'expérience que j'en ai, très peu de malades sont hostiles à une attribution en partie psychologique. Le paradigme du syndrome fonctionnel, c'est la neurasthénie. En 1910, il n'y avait rien de plus chic que d'être neurasthénique tant que c'était attribué à des causes énergétiques, mais dès qu'on a eu les hypothèses de Freud qui « psychologisaient » le syndrome, plus personne ne voulait être neurasthénique.

GT: Je suis d'accord sur la partie sociologique. Un traumatisme crânien qui peut donner des maladies psychiatriques. Quand, sous l'effet d'un environnement, on a des systèmes neurologiques qui apparaissent, vous dites que c'est récupérable, donc c'est le psychique. Je ne suis pas d'accord. Je suis persuadé qu'il y a des systèmes derrière.

PC : Dans les syndromes de conversion, il n'y a pas de lésion cérébrale, car ce n'est pas abimé définitivement. L'ordinateur fonctionne bien, mais il « bug », le disque dur n'est pas en mauvais état.

(Note additionnelle de PC : Ici on devrait peut-être éviter un grave malentendu : le « psychique » ne se conçoit pas comme sans substratum physiologique dans le cerveau. Ce n'est pas parce qu'il n'y a pas de lésion dans le cerveau que le problème est psychique. L'effet de l'environnement sur le fonctionnement du cerveau n'est pas nié. Mais il y a des modèles psychologiques assez cohérents qui peuvent expliquer au moins une partie des symptômes fonctionnels et de la souffrance qu'ils entraînent, faisant intervenir l'hypervigilance au fonctionnement corporel, les attributions dysfonctionnelles qui motivent des conduites d'évitement et ne permettent pas d'aider au contrôle des symptômes, etc. Cela reste compatible avec un éventuel effet « biologique » des ondes ou d'autres facteurs d'environnement. Mais comment peut-on aider les gens ? En supprimant l'environnement, ou en atténuant la souffrance, y compris par des moyens psychologiques ?)

Audition du D^r Dupas - 13 mars 2014

Étaient présents :

Experts du Groupe de Travail (GT)

Membres de l'Anses (Anses)

Invité : D^r Dominique Dupas (DP)

Audition du D^r Dominique Dupas

Le D^r Dupas est médecin de formation, maître de conférences à la faculté de médecine de Nantes et responsable de la consultation de pathologie professionnelle et environnementale du CHU de Nantes au sein de laquelle elle a une activité clinique quotidienne.

Présentation du syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques (SIOC ou MCS)

C'est Cullen qui donne le nom de « *multiple chemical sensitivities* » (MCS) en 1987 au syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques (SIOC).

Pour les non-médecins, quelques définitions :

- Un symptôme : ce dont se plaint le malade, mais qu'on ne voit pas (mal de ventre, mal de tête).
- Un signe : ce que l'on voit.

Le SIOC est un ensemble de symptômes subjectifs variés n'évoquant aucune affection connue.

La difficulté du diagnostic est que pour les intolérants aux odeurs, le médecin doit faire le diagnostic, les patients n'arrivent pas en disant qu'ils ont ceci ou cela, contrairement aux EHS. C'est la différence fondamentale entre SIOC et EHS : il faut faire le diagnostic pour les SIOC, alors que les EHS viennent avec.

Actuellement, je reçois environ 25 cas par an.

Les symptômes décrits dans la littérature, par ordre d'importance décroissante, sont les suivants :

- ORL et respiratoires (irritation nasale, brûlures du pharynx, glossodynie ++, dyspnée, toux, oppression),
- Neurologique (céphalées, paresthésies, vertiges, syndrome ébrieux, perte de mémoire, difficultés de concentration, irritabilité, troubles du sommeil),
- Digestifs (nausées, douleurs abdominales),
- Généraux (asthénie, myalgies, palpitations),
- Autres (jusqu'à 12 symptômes par patient).

Les examens cliniques et complémentaires habituels sont toujours normaux.

D'après mon expérience personnelle, c'est en général une intolérance relativement ancienne. Il y a à un moment donné une décompensation suite à un événement particulier, très souvent sur le lieu de travail (travaux, peinture, etc.).

Sur le plan psychologique, on retrouve très souvent des traits de caractères névrotiques [tendance à faire des malaises vagues, phobies (claustrophobie, agoraphobie, etc.)] et une sympathie pour l'écologie. Il n'y a cependant pas de pathologie mentale identifiée. Il s'agit généralement de gens plutôt plus diplômés que la moyenne. Le sex ratio dans notre série est de 60 % de femmes et 40 % d'hommes.

En consultation, je vérifie d'abord que ce n'est pas une intoxication, j'élimine l'asthme, le *sick building syndrome*, le syndrome d'hyperventilation et l'attaque de panique. Le SIOC n'est ni une intoxication ni une allergie.

Plusieurs théories ont été avancées pour tenter d'expliquer l'affection :

- Les modèles toxicologiques (théorie immuno-allergique, théorie neurobiologique de l'embrassement chimique),
- Les modèles psychologiques (théorie du conditionnement pavlovien ou phobie de somatisation).

En ce qui concerne la prévalence, 11,2 % d'un échantillon d'américains rapportent une hypersensibilité aux parfums, peintures fraîches, pesticides et hydrocarbures mais seulement 2,5% disent avoir SIOC diagnostiqué médicalement (Caress SM, *Arch Environ Health*, 2004).

En France, la base de données du Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles (RNV3P) a recensé 589 dossiers entre 2002 et 2010 dont 60,1 % de femmes et 39,9 % d'hommes, âge médian 45 ans. Dans ma consultation, le facteur révélateur est plutôt professionnel, mais c'est un biais de recrutement propre aux consultations de pathologie professionnelle.

Dans notre série, 83% des patients ont des symptômes respiratoires, 72% des symptômes neurologiques et 47% des symptômes digestifs

Les produits en cause sont très variés (solvants, colles, peintures, vernis, résines, détergents, lessives, parfums, cosmétiques, etc.). Les postes de travail sont également très variés (travail sur machine, peintres, employés de bureau, agents d'entretien, etc.).

L'acquisition peut être soit brutale (sans antécédent parfois) après un évènement déclenchant, soit progressive (exposition professionnelle prolongée à une préparation odorante par exemple).

Le diagnostic est confirmé par l'auto-questionnaire *Quick Environmental Exposure and Sensitivity Inventory* (QEESI) mis au point par D^r Claudia Miller en 1999 aux USA et traduit en français en 2010.

Il y a 3 échelles principales à coter :

- score d'intolérance à 10 produits chimiques,
- score de sévérité de 10 symptômes,
- score d'impact sur 10 activités de la vie quotidienne.

Le traitement :

Aucun traitement n'a fait la preuve de son efficacité. De multiples propositions ont été avancées (vitamines, « détoxifiants », psychothérapie de type TCC, etc.).

Il s'agit d'un syndrome méconnu. Le diagnostic est impossible si on ne le connaît pas. C'est un vrai problème, altérant la qualité de vie. Le patient est (parfois) reconnaissant :

- On a mis un nom sur ses symptômes,
- On lui assure qu'il n'est ni intoxiqué ni allergique,
- On lui apprend à améliorer sa qualité de vie.

Questions des experts du GT

GT : Avez-vous vu dans la littérature ou testé lors de vos consultations une différence de sensibilité des récepteurs des terminaisons nerveuses ? Pourrait-il y avoir une variation physiologique et le seuil de détection pourrait-il être plus faible pour certaines personnes ?

DP : Certains patients disent détecter certaines odeurs plus vite que d'autres, mais aucun test olfactométrique n'est réalisé dans notre consultation.

GT : Parmi tous les récepteurs, personne ne les a tous, il y a une différence entre individus.

DP : Les « SIOC » sont contents de pouvoir parler à un médecin de leurs problèmes. Les EHS, quant à eux, sont souvent plus agressifs que les autres patients.

GT : Une réaction à chaud : est-ce qu'on ne pourrait pas faire faire cet auto-questionnaire aux EHS ?

GT : Lors du prochain GT du 29 avril, Yannick Barthe, sociologue, viendra nous présenter son analyse de témoignages d'EHS. On pourrait développer un outil diagnostique, car sans cet outil, on n'a rien sur quoi s'appuyer pour faire un diagnostic.

GT : Il y a des personnes qu'on ne voit pas, ce sont celles qui sont sensibles aux ondes et qui les évitent, sans pour autant se déclarer hypersensibles. Ils ne veulent pas se dire EHS et se protègent *a priori*.

GT : Il faut en effet faire la différence entre les EHS et les gens qui se disent sensibles, mais pas hypersensibles.

DP : Le point commun aux EHS et aux patients intolérants aux odeurs est qu'ils ne veulent pas entendre parler d'une participation psychologique (quoique les femmes soient plus enclines à envisager cette facette du problème), qu'ils considèrent comme presque insultante.

Audition du D^r Choucroun - 12 juin 2014

Étaient présents :

Experts du Groupe de Travail (GT)

Membres de l'Anses (Anses)

Invité : D^r Pascale Choucroun (PC)

Audition du D^r Pacale Choucroun

GT : On vous a donné une liste de questions qui est assez précise. On parlait de votre parcours, et puis après, on verra par la suite, c'était de savoir depuis combien de temps vous vous intéressez à l'hypersensibilité électromagnétique et comment en êtes-vous venu à vous intéresser à ces personnes ?

PC : Alors en fait, j'ai commencé à m'y intéresser et un peu à la découvrir d'ailleurs quand j'ai créé sur le site Internet du CHU de Brest, des pages consacrées à la santé environnementale et donc, j'ai bien sûr fait un dossier sur la pollution électromagnétique. C'est ça qui m'a amenée à m'intéresser à cette problématique, d'autant plus que suite à la création du site, bien sûr, il y avait un contact et donc, il y a des gens qui envoyaient des mails en disant qu'ils souffraient de cette pathologie. C'est comme ça que je l'ai connue et que je m'y suis intéressée.

GT : Donc, au départ, c'est une démarche initiatique de votre part d'avoir rédigé un texte sur la question, un texte ouvert au public ?

PC : Voilà, tout à fait. Ce n'est pas uniquement dans ce domaine-là. Je crois qu'il y a une quinzaine de dossiers sur différentes pollutions ou problématiques environnementales et la pollution électromagnétique était l'un deux, c'était une initiative de ma part.

GT : Et donc, à cette initiative, ont répondu un certain nombre de patients disant qu'ils se reconnaissaient dans ce que vous aviez dit ?

PC : Oui, enfin, c'est-à-dire qu'il y a assez peu de choses sur l'hypersensibilité électromagnétique dans le dossier, c'était plutôt axé sur la toxicité potentielle ou pas des radiofréquences et des basses fréquences (50 Hertz). Pour moi, si vous voulez, là, on va peut-être rentrer tout de suite dans le vif du sujet, mais c'est deux choses différentes, la toxicité et les radiofréquences ou la toxicité des champs basses fréquences, c'est une chose, et l'électrosensibilité, c'en est une autre. Mais ceci dit, comme les personnes avaient vu le dossier, et que je parlais quand même dans ce dossier de l'électrosensibilité, ces personnes m'ont contactée. Je suppose que c'est comme ça que ça s'est passé.

GT : D'accord. Donc, je pense que vous avez, sur la question, la position classique de distinguer les deux types de fréquences. Mais il se trouve que pour l'hypersensibilité électromagnétique, beaucoup de gens se plaignent à la fois d'une sensibilité aux 50 Hertz et puis, d'une sensibilité à certains téléphones ou Wi-Fi, etc. Donc, quand même, cette question d'hypersensibilité est un petit peu à cheval sur les deux types de champs électromagnétiques.

PC : Complètement. Moi, je ne fais pas de distinction entre les deux types, je fais une distinction entre la toxicité, qui amène des pathologies cancéreuses, cérébrales éventuellement, et l'hypersensibilité qui est une chose différente.

GT : Bien sûr, d'accord. Ensuite, donc, c'était sur vos critères de diagnostic, savoir si les gens au départ viennent vous consulter directement ou si c'est une consultation de pathologie environnementale que vous faites au CHU de Brest ?

PC : Oui, tout à fait, c'est ça.

GT : D'accord. Donc, les gens qui viennent vous consulter ne viennent pas uniquement dans le cadre d'une pathologie professionnelle, c'est plus large ?

PC : Non, a priori, pas du tout, même si moi, il se trouve que physiquement, je suis dans un CPP, je fais partie d'un centre de pathologie professionnelle et environnementale, mais ils ne viennent pas forcément dans le cadre professionnel, non.

GT : D'accord. Les gens qui viennent donc, viennent déjà avec leur diagnostic fait ou au contraire, c'est vous qui êtes amenée devant un certain nombre de symptômes, à vous orienter vers tel ou tel facteur environnemental ?

PC : Non, non, pour l'électrosensibilité électromagnétique, ils viennent tous avec le diagnostic posé et deux, trois fois, disons, c'était de façon un petit peu abusive.

GT : D'accord, d'accord, parfois abusivement. Alors, sur quels critères actuellement, retenez-vous ce diagnostic ? Puisque dans quelques cas, vous dites « abusivement ».

PC : Pour l'instant, faute de connaissances plus solides et étayées, je retiens un seul critère qui est la relation chronologique entre une exposition, que ce soit aux 50 Hertz ou aux radiofréquences et l'expression de la symptomatologie.

GT : D'accord, d'accord. Et là, est-ce qu'à ce moment-là, vous faites des mesures, parce que j'avais vu dans des articles de presse vous concernant, que vous aviez une collaboration avec les services d'hygiène de la ville de Brest ou avec la Ville de Brest ?

GT : Tout à fait. Ça, c'est à la fois en dehors et à la fois en lien avec la consultation, mais effectivement, on a une collaboration, c'est-à-dire que la mairie de Brest a embauché une technicienne et a acheté du matériel de mesure de différents polluants. Au niveau de l'électromagnétique, il y a un appareil pour mesurer le champ électrique en 50 Hertz et en radiofréquence et il y a aussi plusieurs autres polluants. Et donc, pour les personnes qui ont consulté ici à la consultation et qui habitaient Brest, je pouvais demander à la technicienne d'aller faire des mesures de champs électromagnétiques là-bas.

GT : C'est un petit peu comme l'expérience qui s'est déroulée à Bâle où il y a effectivement une collaboration entre la ville qui fait des mesures qui sortent largement du cadre des radiofréquences, mais qui incluent aussi des radiofréquences. Vous connaissez l'expérience de Bâle ?

PC : Non, je ne la connais pas, non.

GT : Vous ne la connaissez pas... Je vous enverrai peut-être des articles pour pouvoir les analyser.

PC : Volontiers, oui.

GT : Il y a des analogies à voir avec cette réalisation. Ensuite, l'élément déclencheur, pour vous, c'est un élément important dans cette relation chronologique d'une exposition et de la survenue des symptômes ?

PC : Disons que pour moi, pour l'instant, c'est le seul critère qui me permet de dire : « j'appelle ça une électrosensibilité ou je n'appelle pas ça une électrosensibilité ». Maintenant, après, ce que l'électrosensibilité recouvre au niveau physiopathologique, c'est plus compliqué.

GT : Oui, mais vous n'êtes pas la seule à trouver ça compliqué. Et puis, si on veut donner suite aux informations qui sont proposées par les uns ou par les autres, il faudrait avoir une batterie de tests, j'allais dire, et passer des journées à faire des examens, ce qui n'est peut-être pas souhaitable. Est-ce que certains patients signalent d'autres facteurs qui ont pu jouer un rôle dans le déclenchement de leurs symptômes ? Ou les gens sont très braqués sur cet événement déclencheur ?

PC : Vous voulez dire sur l'exposition comme élément déclencheur ?

GT : Voilà, oui, est-ce qu'ils disent : « mais il y avait aussi un autre contexte ou un autre élément qui fait penser que... » ? C'est vraiment l'élément déclencheur qui a joué un rôle et pas d'autres éléments qui se trouvaient à côté, parallèlement ?

PC : Assez rarement. Spontanément, ils arrivent, ils sont relativement braqués sur « c'est l'exposition qui provoque mon état ». Ceci dit, dans la façon dont je les prends en charge, je leur explique comment ça va se passer et s'ils sont d'accord, je leur adresse trois questionnaires dont un questionnaire justement, qui va leur demander de vraiment expliquer l'histoire de leur pathologie et de me donner tous les événements qui ont eu lieu avant, tous les contextes qui favorisent ou qui aggravent la pathologie, etc. Et à travers ces questionnaires, je peux retrouver, moi, des événements déclencheurs. Mais spontanément, ça ne vient pas forcément.

GT : Donc, est-ce que justement, vos questionnaires vous ont permis de faire ressortir un ou plusieurs points communs à toutes ces personnes, que ce soit des symptômes ou des parcours... ?

PC : Oui, effectivement, il y a quelque chose qui est très fréquemment retrouvé, c'est des problématiques dentaires. Au début, je ne l'ai pas renseigné dans les questionnaires, parce que je n'y ai pas pensé, mais comme ça, c'est apparu spontanément donc, assez rapidement, je l'ai renseigné. Et c'est très, très fréquent. Quand je dis « problèmes dentaires », cela veut dire ou énormément de plombages, ou des pivots avec des pointes métalliques ou des implants, donc, c'est aussi métallique, ou simplement des inflammations, enfin, un mauvais état sanitaire de la bouche. Et ça, ça revient..., je dirais, sur les cas d'hypersensibilité avérée, je dirais bien trois fois sur quatre, on trouve ça. Il y a un autre fait que je n'ai pas continué d'explorer, parce que je me suis aperçu qu'il y avait un dosage qui n'était pas remboursé par la sécu et que c'était un petit peu cher pour les patients, : c'est moins systématique, c'est une problématique infectieuse immunitaire, je dirais, plutôt. J'ai l'impression que c'est une piste à explorer, qu'il pourrait y avoir des phénomènes auto-immuns par certains types d'infection ou alors, des virus latents à tropisme neuro qui pourraient induire une certaine hyperexcitabilité au niveau du système nerveux, et en particulier au niveau des nerfs crâniens comme le V, le VII qui ont un petit peu un impact facial. Qu'est-ce qu'il y a d'autre ? Je crois que c'est surtout ça que j'ai retrouvé le plus souvent.

GT : C'est tout à fait intéressant, parce qu'il y a effectivement des publications plus anciennes sur les relations dentaires, et je pense à des travaux suédois, mais qui datent des années 90 qui faisaient une comparaison avec les troubles dentaires. Et d'ailleurs, il y a au départ, dans les descriptions initiales, beaucoup sont sortis de services de pathologie dentaire. Et pourtant, c'est une notion qui a disparu dans les articles plus récents.

PC : Si vous avez des anciens articles, je serais intéressée.

GT : Oui, je tâcherai de vous les envoyer... Par contre, concernant le versant médical des facteurs accompagnants, quelles sont les fréquences, quelles sont les émissions radioélectriques que vous avez observées comme étant les plus fréquentes ?

PC : Les plus fréquemment rapportées par les patients qui disent mal les supporter, c'est la Wi-Fi, les bases de DECT, les téléphones sans fil de la maison, la téléphonie mobile bien sûr, les box, et puis après, quand ça s'aggrave, ça touche le 50 Hertz, là, ça peut être n'importe quoi.

GT : Les gens qui se plaignent du 50 Hertz, à votre avis, sont atteints plus profondément, plus lourdement que ceux qui se plaignent d'un Wi-Fi ou d'un DECT ?

PC : Oui, d'une certaine façon, ils sont atteints plus lourdement, parce que le spectre de ce qu'ils doivent éviter est plus large donc, ils ont vraiment une vie pourrie, mais je pense que c'est dans l'évolution. C'est-à-dire que si l'électrosensibilité qui apparaît en général, plutôt avec des radiofréquences, n'a pas été traitée, qu'on n'a pas réussi à la résoudre, elle s'étend vers le 50 Hertz.

GT : D'accord. Très bien. C'est tout à fait important d'avoir cette expérience-là, parce qu'effectivement, les avis divergent sur ce point dans les publications. Là, actuellement, combien de patients, approximativement, avez-vous diagnostiqués et combien avez-vous pu suivre ? Pas

s'il y a des gens qui sont venus vous voir une fois, que vous avez perdus de vue, mais ceux que vous suivez.

PC : Alors, ce ne sera pas approximatif, ce sera même précis, parce que j'ai fait le tour étant donné que je n'ai pas énormément de patients, ça a été vite fait. Donc, en fait, des patients qui sont venus se déclarant électrosensibles, je n'en ai pas vu..., parce qu'en fait, j'ai oublié de vous dire, c'est qu'au niveau consultation physique, j'ai environ seulement la moitié des cas; pour la majorité des personnes que j'ai explorées, c'était un suivi uniquement par Internet, téléphone ou courrier, parce qu'ils habitaient très loin donc, je n'ai pas pu les consulter. Donc, j'ai eu 20 patients se déclarant une hypersensibilité. Sur ces 20, il y en a deux ou ça n'en était clairement pas une, il y avait une instrumentalisation, enfin, peu importe. Deux autres où je ne suis pas sûre.

GT : Je sais pas si « peu importe », madame, parce que c'est intéressant pour nous aussi, le fait qu'il y peut y avoir des instrumentalisations.

PC : Oui, oui, voilà, j'en ai deux, mais c'est mon avis. C'est subjectif aussi comme appréciation. Donc, deux personnes où je pense..., non, une personne où une instrumentalisation est suspectée, une personne où là, il n'y avait pas une instrumentalisation, il y avait une erreur de diagnostic de la personne qui en a convenu facilement que ce n'était pas ça. Et il y a deux autres personnes pour lesquelles, je dirais que l'électrosensibilité n'est pas nette et que si elle existe, c'est plutôt un symptôme collatéral d'une autre pathologie pour laquelle il y a un déni. Donc, il m'en reste 16.

GT : Les 16, ce sont des gens que vous avez vus physiquement ou pas ?

PC : Non, non, dans les 16, je n'en ai vu physiquement que 7.

GT : D'accord. Et là, combien avez-vous pu en suivre avec une certaine prise en charge et d'ailleurs, quelle prise en charge ? Comment procédez-vous quand vous arrivez à la conviction que c'est effectivement une électrohypersensibilité ?

PC : Alors, très rapidement, la prise en charge, ça a été d'envoyer les trois questionnaires, un questionnaire clinique où je leur demande de me raconter l'histoire de leur pathologie, plus tous les facteurs favorisant et pas seulement leur pathologie, tous leurs antécédents, *etc.*, un questionnaire alimentaire et un questionnaire d'évaluation de leur habitat. Je leur demande aussi de m'envoyer une copie ou un scan de tous les résultats de biologie ou les comptes rendus de consultations spécialisées qui sont en leur possession, y compris ceux qui sont bien plus anciens à l'apparition de la maladie pour servir de base un peu de comparaison. Et donc, quand j'ai tout ça, je leur fais une synthèse. En général, je leur prescris d'abord un bilan sanguin, urinaire et très souvent des prélèvements de bouche et de selles pour recherche microbiologique. Une fois que j'ai tout ça, je leur envoie une synthèse en leur exposant les hypothèses que je fais sur l'origine de leur électrosensibilité, je leur donne un certain nombre de recommandations pour améliorer la qualité de leur environnement, éviter les expositions inutiles, *etc.* Et en ce qui concerne la prise en charge purement thérapeutique, ça, je ne le fais pas depuis très longtemps, parce qu'en fait, justement, comme je ne les voyais pas physiquement, ce n'était pas très facile. Et finalement, il y avait une demande quand même donc, j'ai commencé à avoir une prise en charge un petit peu plus thérapeutique, mais qui reste limitée quand même.

GT : Et donc, dans l'ensemble, si vous avez un suivi, est-ce que vous avez des patients qui se sont déclarés améliorés ou même guéris ou d'autres qui ont dit que c'était sans effet et que vous avez perdus de vue disant que ça persistait ou s'aggravait ?

PC : Sur l'ensemble, j'en ai 12 qui sont perdus de vue sans savoir ce qu'ils sont devenus ou pas, et j'en ai une, c'est une des patientes dont je vous disais tout à l'heure que je considère que son hypersensibilité n'est pas nette et que c'est plutôt un dommage collatéral. Je pense que cette dame a plutôt un Ménière et que c'est un petit peu à part. Il y en a 5 qui se sont dits plus ou moins améliorés de façon plus ou moins durable et il y en a deux que je viens juste de commencer à explorer donc, je n'ai rien prescrit encore.

GT : D'accord. Il y a eu donc le PHRC qui était coordonné par l'hôpital Cochin qui était un essai de prise en charge par les consultations de pathologie professionnelle. Est-ce que vous y avez participé ?

PC : Je n'y ai pas participé. Le CPP dont je fais partie y participe. Lorsque la question s'est posée, mon chef de service, logiquement, m'a demandé si je voulais être la référente de cette étude dans le service, mais l'équipe Cochin n'avait encore donné aucun protocole, j'ai dit que je ne m'engageais pas sans protocole. Et il y a eu par la suite une réunion avec les personnes qui étaient en charge de la mise en place de cette étude et je leur ai posé une question à laquelle ils n'avaient pas pu me répondre tout de suite, mais ils m'ont envoyé la réponse deux, trois semaines après, de savoir s'il allait être possible de croiser les données d'exposition, mesurées avec leur appareil en continu, avec la symptomatologie des patients qui elle, est recueillie sur une espèce de journal. Et la réponse était non donc, à partir de là, j'ai refusé d'être la référente, parce que je ne voyais pas trop... Enfin, si, cette étude a un intérêt, mais moi, la question qui est posée ne m'intéresse pas énormément, parce qu'en fait, il est clair que la question qui est posée, c'est : est-ce qu'une prise en charge thérapeutique basée sur l'hypothèse que cette symptomatologie est uniquement psychosomatique, aboutit à une amélioration ? Ce qui mérite d'être posée, mais disons que cet objectif ne m'intéressait pas énormément.

GT : Est-ce que vous pourriez nous communiquer les trois questionnaires que vous utilisez ?

PC : Oui, oui, donnez-moi une adresse mail à qui les envoyer.

GT : Voilà, oui, d'accord. On va rester en contact avec vous pour cette chose-là. Enfin, il y a une question d'ordre général, parce que vous avez vu, dans le cadre des intolérances environnementales, l'attitude de l'OMS en 2004 qui a utilisé pour désigner l'hypersensibilité électromagnétique le même terme qu'elle avait proposé quelques années plus tôt pour qualifier le syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques, créant, j'allais dire, une communauté, au moins terminologique, mais sur le fondement de laquelle il n'y a pas eu jusqu'à présent d'étude expérimentale montrant que c'était justifié d'utiliser ce terme générique, ni sur le plan clinique, ni sur le plan physiopathologique. Donc, c'est une question qui se pose à nous, parce qu'effectivement, d'après d'autres personnes qui prennent en charge les personnes intolérantes aux odeurs, ou même dans certains articles, on signale la fréquence d'association entre cette intolérance aux odeurs chimiques et l'hypersensibilité électromagnétique. Est-ce que vous avez la même expérience d'une communauté, que ce soit un petit peu les mêmes patients, où les patients se plaignent d'une intolérance aux deux conditions expérimentales ou au contraire, cela vous paraît deux situations distinctes ?

PC : En fait, je dirais que ça se ressemble comme la rougeole ressemble à la varicelle si vous voulez. Il y a des points communs. Il y a des points communs déjà dans le comportement du patient, c'est-à-dire qu'au bout d'un certain temps d'évolution, on trouve la même réaction de ressenti d'agression, de désir de fuite, de stress important dès qu'il y a une exposition. L'état dentaire par exemple dont je vous parlais tout à l'heure, je retrouve aussi cette problématique chez les patients souvent de MCS, de pathologie d'hypersensibilité aux odeurs. Il y a aussi une problématique infectieuse que je retrouve aussi chez ces patients-là. Ceci dit, c'est un point commun global, mais par exemple, si on prend la problématique dentaire chez le patient sensible aux champs électromagnétiques, ça sera plutôt à mon sens un phénomène électrique qui va déclencher la symptomatologie, soit par des micros courants induits, enfin, je ne sais pas encore, c'est à rechercher, alors qu'au niveau du patient MCS, ça va plutôt être une allergie à des plombages, un aspect infectieux, etc. Pareil pour les légèrement en cause HSE, ça sera plutôt un virus à tropisme neuro alors que chez la MCS, ça sera plutôt une bactérie ou un germe, à tropisme respiratoire. Ça, c'est des points communs, mais je crois que ça ne va pas plus loin. Il y a à la fois une entrée, un truc local et une hyperexcitabilité neurologique dans les deux, mais on doit pouvoir retrouver ça dans plein d'autres pathologies. Je ne crois pas que ça apporte quoi que ce soit de les enfourner dans la même valise.

GT : D'accord. Pour vous, la problématique est à prendre en charge en tant que problématique spécifique.

PC : Je pense que c'est mieux, oui.

GT : D'accord. Et là, quand vous trouvez des gens chez lesquels vous identifiez des troubles dentaires, vous prenez en charge quand même ces troubles dentaires, vous faites faire des ablations de plombage... ?

PC : Je ne les prends pas en charge moi-même parce que je ne suis pas dentiste, mais c'est vrai que dans la prise en charge, il y a systématiquement une visite chez le dentiste approfondie. Si c'est sur Brest en plus, je suis en contact avec certains dentistes donc, il y a une bonne collaboration entre nous. Déjà, c'est regarder l'état sanitaire, s'il y a pas des dents pourries, des caries, des choses comme ça. Le problème, c'est s'il y a des pivots et des implants, c'est que les gens ne sont pas d'accord pour se les faire enlever donc ils ne sont pas chauds. Ils veulent bien se faire enlever les plombages métalliques s'il y en a beaucoup. En général, ils l'ont fait souvent avant de venir, parce qu'il y a tout un tas de flip sur le mercure que je ne partage pas vraiment, mais pour moi, c'est plutôt un problème électrique le métal dans la bouche plus qu'un problème de mercure de l'amalgame. Mais enlever les métaux pour éviter un électrogalvanisme et s'ils sont d'accord, enlever les pivots et les implants, mais là, ils sont rarement d'accord.

GT : Deux dernières questions sur ces intolérances, en gros, cette parenté que vous observez entre ces facteurs dentaires, électro, mais sans être tout à fait la même chose, et chimiques, est-ce que vous considérez qu'il y a aussi des relations avec d'autres syndromes médicalement inexpliqués qui ne sont pas rattachés à des pathologies environnementales comme la fibromyalgie, le syndrome de fatigue chronique, le syndrome de l'intestin irritable *etc.*, comme actuellement, il y a une tendance qui voudrait rapprocher toutes ces infections dans un cadre commun d'explication..., pas d'explication, mais d'en faire un objet de recherche pour essayer de trouver des mécanismes communs à ces différentes pathologies ?

PC : En ce qui concerne le syndrome de fatigue chronique et la fibromyalgie, c'est très possible qu'il y ait des facteurs physiopathologies communs de type infectieux ou d'hyperstimulation immunitaire, ça, ça me paraît très possible. En ce qui concerne le colon irritable, là, je ne le mettrais vraiment pas dans la même catégorie. Mais ceci dit, le colon irritable peut peut-être être un facteur aggravant pour ces autres pathologies dans la mesure où il affaiblit la barrière intestinale et donc, il y a possibilité probablement de passage de plus d'antigènes qui n'auraient pas dû passer et donc encore de stimulation du système immunitaire voire d'auto-immunité. Mais pour moi, c'est quand même à part.

GT : D'accord. Et est-ce que vous avez d'autres éléments à nous fournir avant de passer aux questions que peuvent-vous poser les autres membres du groupe de travail ?

PC : Si, peut-être, j'ai parlé de l'hypothèse infectieuse et des dents, et il y a un truc au niveau de l'hypersensibilité électromagnétique, c'est vrai que certaines fois, ça m'évoque un peu une espèce de syndrome pseudo migraineux et je crois qu'il y a une piste à piocher là aussi. On sait que chez les migraineux, par exemple, une stimulation lumineuse importante ou fluorescente comme les néons, *etc.*, peut provoquer une migraine, une crise. Donc, j'ai l'impression que ça me rappelle quelque chose, cette espèce de relation chrono assez rapide entre une exposition et la réaction. Ce n'est pas une vraie migraine, mais il y a quelque chose probablement de commun aussi à une réaction qui intervient dans cette symptomatologie.

GT : Vous avez évoqué à plusieurs reprises une atteinte d'un virus latent là, [incompris] donc, vous connaissez les hypothèses actuelles sur la migraine avec certaines composantes, soit du [incompris] qui interviendrait dans le mécanisme physiopathologique de la migraine.

PC : Oui, je trouve ça intéressant à piocher plus loin.

GT : Actuellement, nous avons, dans le domaine de la migraine, des éléments physiopathologiques qui plaident quand même pour un facteur d'irritation au moins et des réponses, j'allais dire, un petit peu inadaptées de certains nerfs crâniens.

PC : Peut-être. Et il y a aussi autre chose qui va un petit peu dans ce sens, c'est qu'on retrouve assez souvent..., là, par contre, je l'ai pas comptabilisé, mais des problématiques cervicales chez

ces patients, d'arthrose, *etc.*, donc, on peut imaginer qu'il peut y avoir un retentissement justement sur la vascularisation cérébrale.

GT : Très bien. Je vais laisser les autres membres du GT vous interroger pour des compléments d'informations.

GT : Moi, j'ai une première question, on va revenir un petit peu en arrière sur les circonstances des découvertes et le diagnostic. Vous dites que vous vous cadrez essentiellement sur la relation chronologique entre l'exposition et la survenue des symptômes. Est-ce que vous pouvez nous en dire un tout petit peu plus ? Parce que moi, j'avais l'impression à travers les lectures que j'ai eues qu'éventuellement, les gens qui se plaignent d'électro hypersensibilité ne sont pas nécessairement incommodés sur le moment de l'exposition, mais éventuellement un peu après ou autres. Comment est-ce que vous, vous voyez ce problème de la relation chronologique entre l'exposition et le déclenchement des symptômes ?

PC : Quand je parle de relation chronologique, ça veut pas forcément dire immédiat dans la minute, mais disons que si le patient me dit : « chaque fois que j'approche de telle source, dans l'heure qui suit ou dans les heures qui suivent, la symptomatologie se déclenche », la relation chronologique, elle se mesure en heures, pas en minutes.

GT : D'accord, mais ça veut dire que quelque chose a changé dans la vie du patient, parce qu'éventuellement, il s'approchait antérieurement de cette source sans sentir de problèmes ou on peut marquer un jour, est-ce qu'il y a un évènement qui permet de dire que quelque chose a changé dans son environnement ?

PC : On en vient au facteur déclencheur dont on parlait tout à l'heure, souvent, les patients n'ont pas forcément repéré un évènement déclencheur, un évènement inaugural, et il dit : « c'est à partir de cette date, j'ai commencé à devenir hypersensible », et c'est moi, dans mon interrogatoire qui vais rechercher ce qui s'est passé au moment de cette date pour que ça survienne alors que ça existait pas avant.

GT : Oui, je suis un peu surpris, parce que vous nous parlez des DECT, des Wi-Fi, c'est un environnement assez standard. Aujourd'hui, c'est même assez difficile d'éviter ces éléments-là donc, j'ai du mal à comprendre, chronologiquement, à un moment donné, une corrélation avec quelque chose qu'on voit, je ne sais pas, des dizaines ou des centaines de fois dans la journée.

PC : Les patients qui sont très électrosensibles, ils finissent par vivre dans les bois. C'est un aspect dont je n'ai pas parlé tout à l'heure, au bout d'un certain temps d'évolution, et ce, d'autant plus qu'on ne les prend pas au sérieux quand on leur dit pas carrément qu'ils sont fous, vient se surajouter à une problématique dont moi, je pense qu'elle a une base physiopathologique, mais vient se surajouter au bout d'un certain temps d'évolution, une complication de type purement psychologique, de phobie carrément, plus une attitude un petit peu victimaire, *etc.*, et là, quand on en arrive là, ça devient très, très, très compliqué de sortir de là.

GT : Ce sont les patients que vous suivez à distance, à qui vous envoyez des questionnaires ?

PC : Oui, entre autres. Enfin, des comme ça, des vraiment complètement partis dans les bois, je n'en ai pas eu.

GT : D'accord, vous les avez vus à la télé...

PC : Si, j'en ai eu une, pardon, j'en ai eu une, mais c'est difficile. Ils ont éliminé en général tout ce qui est DECT, *etc.*, de chez eux, et certains, par exemple, pour aller faire les bilans que je leur ai prescrits, ils me disent : « non, mais je ne peux pas y aller, parce que dans le laboratoire, il va y avoir des courants partout », ils ont du mal à vivre, c'est compliqué apparemment la vie pour eux.

GT : Est-ce que vous avez des gens avec qui vous avez pu établir un contact à distance ? C'est très important pour la suite des évènements. Il y a actuellement un projet, je peux en parler, puisqu'on ne m'a pas demandé la confidentialité, mais il y a un projet de création de zone blanche qui serait en même temps un lieu de recherche sur ces patients. Mais est-ce que vous avez l'impression qu'on peut établir quand même une relation de confiance avec des gens qui sont,

comme vous dites, désociabilisés, qui vivent dans les bois, avec qui les relations avec le corps médical ont été catastrophiques, tout ce contexte-là ? Est-ce que vous avez un cas d'une personne qui a accepté de répondre à vos questionnaires, que vous avez pu suivre pendant un certain temps ou des choses comme ça ?

PC : Oui, oui. Quand vous demandez « est-ce qu'on peut établir une relation de confiance ? », qu'est-ce que vous entendez par là ? Qu'est-ce que vous attendez de cette relation ?

GT : J'allais dire, au moins un suivi et j'allais dire, le fait que vous avez une certaine crédibilité auprès de cette personne, que cette personne accepte que vous lui donniez des conseils, essaie de les suivre, vous voyez, ce qu'est la relation médicale traditionnelle qui est une relation de confiance qui se discute. Autrefois, elle était de droit divin, mais maintenant, elle se discute, mais on arrive quand même souvent à établir une relation où les patients vous accordent une crédibilité, c'est-à-dire qu'ils adhèrent de façon plus ou moins étroite avec ce que vous leur dites et ils essaient de mettre en pratique les conseils que vous leur donnez.

PC : Oui, j'arrive à établir cette relation de confiance. Ceci dit, vous m'avez demandé tout à l'heure par rapport à l'étude Cochin, j'ai eu deux, trois patients qui, quand je leur ai envoyé le questionnaire m'ont dit : « est-ce que vous faites partie de l'étude Cochin ? Je ne veux en aucun cas que ce que je vous dis, aille là-bas ». Voilà, c'est pour vous donner une idée, la relation de confiance, on peut l'établir, mais il ne faut pas partir sur de mauvaises bases.

GT : Oui. Mais ça, l'étude Cochin, on ne va pas entrer dans ce détail. D'emblée, elle a été critiquée par les associations et donc, les gens qui font partie d'associations ont boycotté l'étude Cochin donc, ça, c'est clair qu'il y a eu une difficulté réelle à ce niveau. Mais enfin bon, la question, justement, du fait que certaines associations ont boycotté cette étude qui était, j'allais dire, l'initiative gouvernementale, qui faisait suite au grenelle des ondes, a créé un fossé et une difficulté pour établir des relations par d'autres équipes avec les gens qui se plaignent de cette affection. Donc, si vous voulez, il y a une réelle difficulté qui est liée à la mise en place de l'étude Cochin qui est venue s'ajouter aux difficultés de la médecine traditionnelle qui négligeait cette affection. Quand vous parlez à beaucoup de généralistes, vous avez des gens qui disent : « pour moi, j'y crois et je prends en charge, etc. », c'est une minorité de médecins généralistes. Mais la plupart des généralistes vous disent : « moi, c'est des patients dont je ne souhaite pas avoir la clientèle ». Beaucoup de généralistes réagissent comme ça. Donc, il y a quand même un contentieux qu'on nous a expliqué entre d'ailleurs, l'ensemble des syndromes médicalement inexpliqués, donc il y a un contentieux entre la médecine officielle et ce type de patients. Et l'équipe Cochin n'a fait qu'aggraver cette situation dans le cas des électrosensibles.

PC : Ils ne comprennent pas pourquoi.

GT : Ceci dit, je pense que le fait que vous ayez établi quand même une relation de confiance montre qu'on peut quand même, en ayant une attitude constructive, arriver à établir des relations avec ces gens-là.

PC : Tout à fait ! Non seulement, on peut, mais ils sont demandeurs ! Ils sont vraiment demandeurs !

GT : Ils sont demandeurs ?

PC : Voilà. Et je crois que ce qui est important pour que cette relation puisse se mettre en place, c'est d'avoir avec eux l'écoute qu'ils n'ont pas réussi à trouver justement auprès de leur praticien habituel, aussi parce qu'ils n'ont pas le temps, parce que ça demande énormément de temps. Ils ont besoin de parler, ils ont besoin de se raconter et ce temps-là, on ne peut pas le trouver chez le médecin généraliste ! Il y a 40 consultations par jour. Et dans l'étude Cochin, ils ne se sont pas sentis reconnus en tant que malades physiologiques. C'est ça qui est pas passé. En général, quand ils me contactent la première fois, je leur explique comment je vais faire donc, le fait déjà de leur dire que je vais envoyer le questionnaire et qu'ensuite, je vais leur prescrire un bilan, pour eux, ils le ressentent pour ce que c'est d'ailleurs, comme un intérêt et que je vais chercher une cause. Je vais pas leur dire : « ça y est, je sais, vous êtes stressé ou je ne sais pas quoi », peu importe, je vais chercher ! Ensuite il y a de nombreux échanges, il y a des patients qui, en cours de suivi, ils

m'envoient un mail toutes les semaines et on échange, et ils me téléphonent... Enfin, ça prend énormément de temps et ce temps-là, il faut le passer, le patient en a besoin.

GT : D'accord, d'accord. Ça, c'est très important, je pense, pour la suite de la prise en charge et d'organisation des futures recherches sur la question, d'établir ce climat de confiance qui actuellement, est quand même d'une manière générale plutôt rompu.

PC : Oui, oui. Mais, s'il existe, les patients sont coopérants.

GT : Je sais qu'il y a d'autres médecins que vous qui ont des relations de confiance, mais il y en a certains où on sent qu'il y a quand même une base qui demande à être renforcée certainement, parce qu'on a beaucoup d'inconnus sur la question. Mais il y a une attitude positive vis-à-vis de ces personnes de votre part.

PC : Oui, tout à fait. Mais elle est perçue comme positive, parce que tout simplement, je pense sincèrement qu'il y a une base physiopathologique et j'essaie de la comprendre et j'essaie de la trouver. En fait, ce qu'ils n'acceptent pas, c'est qu'on leur dise tout simplement que c'est que psychosomatique. Ça, ça ne passe pas.

GT : Pourquoi à votre avis ?

PC : Parce que pour eux, ils le vivent comme une non reconnaissance à l'état brut de leur pathologie. C'est-à-dire que pour eux, c'est « je suis fou, c'est tout donc on ne me croit pas, on ne me considère pas » et c'est mal vécu.

GT : Pour élargir votre échantillonnage de patients, est-ce que vous avez pris contact avec des généralistes de Bretagne ou de France, des médecins généralistes ? Et est-ce que vous avez pris contact aussi avec d'autres personnes comme vous qui travaillent dans ce domaine-là pour essayer de comprendre un petit peu la symptomatologie et le fonctionnement un petit peu de ces malades ?

PC : En ce qui concerne votre première question, c'est une excellente question, il y a une plaquette d'information qu'on doit envoyer à tous les médecins du Finistère qui est en route depuis trois, quatre ans, je pense, mais on va finir par y arriver !!! Elle n'est pas encore partie. Ce n'est pas moi qui gère ce genre de choses et comme c'est compliqué, parce que c'est le CHU et la Mairie de Brest, il y a deux structures, c'est une usine à gaz infernale, mais je pense qu'on en aura une un jour donc, pour l'instant, ce n'est pas fait.

La deuxième question, c'était si j'avais été en contact avec d'autres médecins... Par l'intermédiaire des patients qui me contactent, je peux éventuellement avoir un contact avec leur médecin traitant s'ils ont envie, mais si le patient a envie aussi. Je ne vais pas passer dans le dos du patient. Et par l'intermédiaire des patients, j'ai pas été directement en contact, mais j'ai un peu vu ce que faisait M. Belpomme, puisque dans l'historique que je demandais, j'avais les résultats de M. Belpomme donc, j'ai un petit peu vu comment il appréhendait ces choses-là, mais c'est le seul praticien vraiment dont on sait qu'il s'occupe plus particulièrement de ces hypersensibilités qui revient le plus souvent. Je n'ai pas eu de relation directe avec lui.

GT : Votre démarche, d'après ce qu'on en sait, nous allons l'auditionner M. Belpomme donc, on va voir, mais votre démarche ne s'inspire pas du tout de la sienne, c'est simplement votre connaissance du sujet tel que vous avez pu le voir à travers la littérature et le fait que ça s'inscrit dans les pathologies environnementales et que vous avez une consultation de pathologies environnementales qui vous amène à vous intéresser à cette question.

PC : Oui, tout à fait. De toute façon, moi, j'ai découvert M. Belpomme à travers les patients qui sont venus à la consultation donc, c'était après. Et effectivement, je ne suis pas sûre qu'on partage tout à fait les mêmes hypothèses d'ailleurs au vu des retours des patients.

GT : Je voulais revenir sur ce déclenchement chronologique. Vous avez peut-être pu comprendre tout à l'heure, au travers de mes interrogations que je n'avais pas bien compris comment vous faisiez ce déclenchement chronologique, parce que pour moi, les objets qui sont cités, ce sont des objets courants de la vie et du coup, ce serait peut-être plus clair pour nous si vous donniez un ou

deux exemples de ce que vous appelez « déclenchement chronologique » et aller dans l'analyse, parce qu'un DECT, on peut imaginer que s'il y a un DECT dans le foyer, il est pris quotidiennement, vous voyez. Donc, on ne voit pas pourquoi à un moment donné, il y aurait cet élément déclencheur dans la vie ou alors, ce serait un nouveau DECT ?

PC : Je me suis mal exprimée, parce qu'en fait, il y a deux choses, il y a l'évènement déclencheur de l'apparition de l'hypersensibilité, ça, ça n'a, en général, rien à voir avec l'exposition sauf si, j'ai un cas d'une patiente, là, en plus, c'était une patiente brestoise donc, non seulement, je l'ai vue, mais on a été faire des mesures chez elle. Et il se trouvait qu'elle avait son lit qui était le long d'une cloison dans lequel il y avait visiblement un gros câble avec une grosse intensité et donc, elle dormait un petit peu sur une pile, il y avait un assez fort champ électrique au niveau de son lit. Et c'est vrai qu'elle a commencé à s'améliorer quand elle a déménagé. Mais si vous voulez, il peut y avoir un évènement déclencheur, par exemple, j'ai une autre patiente, je me rappelle plus quand est-ce que je l'ai vue, je crois que c'était au début, qui elle, m'a dit : « les problèmes d'électrosensibilité – c'est ça qui m'a un peu branchée sur les dents – ont commencé quand on m'a posé un implant ou un bridge », je me rappelle plus. Ça, c'est l'évènement déclencheur de l'hypersensibilité, mais ensuite, l'évènement déclencheur du symptôme d'hypersensibilité, que ce soit maux de tête..., quel que soit le symptôme, là, c'est l'exposition. Mais c'est deux choses différentes. Le patient dit : « moi, je rentre dans une pièce, il y a la box chez mon voisin, sa box est en marche, je ressors en courant ». Mais là, c'est le déclenchement du symptôme où il y a une relation chronologique assez rapide, un délai entre les deux qui est court. Mais par contre, l'évènement ou les évènements déclencheurs de l'hypersensibilité, en général, ils remontent à plusieurs années, parce que les gens, quand ils me consultent, ça fait souvent plusieurs années qu'ils en souffrent. Et ça, ce n'est pas la même chose. Je ne sais pas si j'avais été très claire avant là-dessus.

GT : Ce qui est un peu déroutant dans l'histoire, c'est qu'en fait, on peut se dire que dans la vie quotidienne, à n'importe quel moment où une personne peut se sentir mal, si on cherche une source, on va en trouver une. Donc, c'est cette notion-là qui, je trouve, est un peu compliquée pour nous dans votre chronologie.

PC : On peut en trouver une, mais pas forcément à proximité. Il faut quand même une certaine proximité entre la source de l'exposition et la personne pour déclencher un symptôme.

GT : Oui, mais on peut dire : la personne va pouvoir en trouver, en milieu urbain, il y aura une box peut-être pas loin. Quelle proximité ? On sait très bien que par exemple, au delà de 50 cm, il y a une atténuation. Est-ce que c'est des notions que vous demandez ?

PC : Si on part de l'hypothèse qu'il y a effectivement une relation et que c'est bien l'exposition qui va déclencher le symptôme, il y a probablement un seuil quantitatif, qu'on peut peut-être mesurer en volt par mètre, de déclenchement de la symptomatologie. D'autre part, c'est possible aussi qu'il y ait une sensibilité à certaines fréquences plutôt que d'autres. Ça, ça a été montré chez le rat qu'il y avait un effet fenêtre de fréquences, c'est possible que ça existe aussi chez l'humain et que ça varie suivant la taille de la personne, etc., parce qu'en fait, la morphologie de l'objet avec lequel le champ va interagir est extrêmement importante dans les types d'interaction qui va pouvoir se produire. Donc, c'est complexe, mais il y a probablement un seuil d'augmentation du champ électrique, s'il est dépassé, qui va déclencher la symptomatologie et en dessous, il ne sera pas déclenché.

GT : Vous pensez..., vous avez quelques arguments intuitifs plus que vérifiés, mais que le paramètre, j'allais dire, bioactif si j'ose dire, c'est l'intensité du champ exprimé en volts par mètre ?

PC : A priori, je miserais sur celui-là, moi. En fait, dans les mesures qu'on peut faire, soit on mesure le voltage, le volt par mètre, le champ électrique, soit on mesure le champ magnétique. Dans ce type de pathologies, le champ électrique me paraît plus pertinent, mais c'est vrai, c'est intuitif, je vous l'accorde bien volontiers. Moi, a priori, je vois ça. C'est pour ça aussi que les métaux dans la bouche me paraissaient relativement importants et il se trouve que la clinique le confirme, mais c'est que ça me donne le chaînon manquant justement entre un champ électrique et un nerf crânien, autrement, je ne vois pas. Il faut qu'il y ait un conducteur électrique quelque

part, parce que normalement, l'être humain, c'est quand même une cage de Faraday globalement relativement efficace, sinon, on serait tous morts au premier orage. Mais les métaux dans la bouche, effectivement, ça me paraît plausible.

GT : [incompris]

PC : Là, il y a que le champ électrique qui pourrait être le paramètre déclencheur.

GT : Je disais que les physiciens du groupe là, n'ont pas l'air d'accord avec l'idée de l'être humain cage de Faraday.

PC : D'accord. Ce n'est pas une bonne cage ?!!

GT : Apparemment...

Anses : Vous disiez tout à l'heure que parmi vos patients, un certain nombre avaient vu leur situation améliorée donc, qu'est-ce qui, selon vous, peut expliquer cette amélioration ? Et puis, une deuxième question : parmi toutes les personnes que vous avez suivies, est-ce que vous avez une idée de si ces gens sont membres de collectifs ou d'associations d'électro hypersensibles ? Juste, je vous pose cette question, parce qu'on a eu parmi les auditions précédentes un intervenant qui nous a dit qu'au fond..., enfin, il ne parlait pas d'électro hypersensibilité, il parlait de la fibromyalgie ou du syndrome de fatigue chronique, et selon lui, l'appartenance à un collectif était..., il avait pas de jugement de valeur sur ce point de vue, mais selon lui, c'était plutôt un facteur défavorable à la guérison. C'est-à-dire qu'en fait, les gens, ils adhéraient pour se faire reconnaître comme malades et qu'ils étaient convaincus d'être malades et que par conséquent, comme personne ne reconnaissait cette maladie, finalement, c'était vraiment très difficile de les accompagner vers le chemin de la guérison. Donc, qu'est-ce que vous diriez, vous, par rapport à ça ?

PC : Je partage tout à fait cet avis, c'est un facteur aggravant, ça, c'est évident ! Et je peux même vous dire que pour les patients que je vois physiquement ou même par Internet, qui n'ont pas encore adhéré à des associations et qui me parlent, qui me disent : « tiens, j'adhérerais bien », etc., je leur déconseille vivement, justement pour la raison que vous venez de dire, à savoir qu'une fois qu'ils sont dedans, ils trouvent la reconnaissance qui leur manque cruellement. C'est pour ça qu'ils y vont de toute façon. Mais le problème, c'est qu'après, ils sont enfermés dedans, et ils ont très peur de ressortir et de se retrouver face à l'incompréhension, face à tout ça. Ils sont un peu dans un cocon... Non, non, ça, je suis complètement d'accord. Quand les patients en arrivent là, ça devient difficile de les traiter.

Anses : D'accord. Et vos cinq patients dont la situation s'est améliorée, là, je suis votre raisonnement, eux, a priori n'étaient pas membres de ce collectif ?

PC : Non, là, je ne me rappelle plus, mais je me rappelle d'une qui fait partie des cinq qui m'a demandé si c'était une bonne idée et je lui ai dit clairement que ça n'en était pas une et elle n'y a pas été. Mais les autres, je me rappelle plus, sincèrement, je me rappelle plus. Mais à mon avis, non.

Anses : Et sur les facteurs qui permettraient d'expliquer leur guérison ou rémission, amélioration ?

PC : Les facteurs, c'est d'abord momentanément, il faut de toute façon, supprimer toutes les expositions inutiles donc, je leur dis « pas de box », c'est du filaire question téléphone, etc., de toute façon, il faut en passer par là au moins au début. Ensuite, au travers des questionnaires et au travers des résultats du bilan, il y a aussi, en plus du déclencheur qui est le champ électrique, des problèmes dentaires qui doivent être réglés. Il peut y avoir des facteurs qui vont vers une augmentation de l'excitabilité neurologique. Il peut y avoir une problématique au niveau de l'équilibre calcium, phosphore, magnésium, hyperthyroïdie, enfin, tout un tas de choses qui peuvent accroître l'excitabilité neurologique donc, tout ça, je le traite. Il y a aussi, en général, là, c'est très, très souvent, il y a un gros ménage à faire dans tous les compléments alimentaires paramédicamenteux et tout ce que vous voulez, ils en prennent des tonnes et souvent, ça les aggrave plus que ça les améliore. Ce n'est pas rare que je trouve par exemple des taux de B6 très, très supérieurs à la normale, ce qui n'est sûrement pas très bon sur un plan neuro. Donc, je rectifie l'alimentation aussi. Donc, il y a un ensemble de recommandations, tant au niveau de

l'habitat que de l'alimentation, que des compléments, *etc.*, plus éventuellement une prise en charge thérapeutique s'il y a des choses à corriger et c'est ça qui aboutit ou pas à une amélioration.

Anses : D'accord.

GT : Mais c'est une prise en charge globale et adaptée au sujet ?

PC : Tout à fait.

GT : Oui, personnalisée... D'accord. C'était au départ ce qu'on avait suggéré au PHRC, mais qui n'a pas été accepté par les organisateurs du PHRC.

PC : C'est dommage.

GT : C'était ce qui ressortait de la lecture des quelques publications qu'il y a sur le traitement, c'était cette adaptation à chaque individu de corriger les petites anomalies, les petits troubles qui ne constituaient pas en soi des pathologies majeures, mais qui appelaient effectivement une réduction... Il y a très peu de publications là-dessus, mais il y a quand même quelques publications qui suggèrent qu'on peut améliorer ces gens de cette manière-là.

PC : Mais en fait, c'est un peu inhérent au fait que cette pathologie, je ne suis pas sûre qu'on puisse parler de pathologie à part entière, c'est plutôt un symptôme ou un ensemble de symptômes qui sont déclenchés dans des circonstances particulières, mais qui sont liés à une géographie, un terrain particulier de la personne avec effectivement des petits déséquilibres dans tel domaine, des petites choses qui globalement, font que cette personne va devenir hypersensible. Et les expositions, on peut les réduire, mais on ne peut pas les supprimer complètement, ça, je vous l'avais dit, mais sur ces petites anomalies qui ensemble, vont faire que le sujet ne se sent pas très bien, là-dessus, on peut jouer effectivement.

GT : Je pense que c'est une notion intéressante qui mérite d'être creusée et systématisée, qu'il faudrait objectiver par des observations peut-être plus détaillées que celles que vous avez la possibilité de recueillir. Je ne sais pas, c'est une réflexion sur laquelle nous avons à nous pencher à la lumière des quelques rares publications qu'il y avait dans ce même sens.

D'autres questions ?

GT : Oui, moi, j'ai bien noté que dans votre esprit, il y a un mécanisme physiopathologique quelque part derrière qui passe probablement par une stimulation, par un champ électrique. Donc ça, effectivement, on peut comprendre les champs induits, on fait contracter les muscles de grenouilles quand on est étudiant. Est-ce que vous avez l'impression que vos malades ont une sensibilité particulière à certains types de courants ? « Membre du GT », connaît ça mieux que moi, il y a des études qui sont en cours à l'heure actuelle pour mesurer la sensibilité cutanée, mais est-ce que vous pensez que vos malades ont une sensibilité qui fait qu'ils vont pouvoir détecter plus que d'autres la présence de certains champs électriques ?

PC : De fait, ils les détectent par leurs symptômes, mais autrement, à part ça, je saurais ne pas répondre à ça. Je n'ai pas l'impression qu'il y ait... Vraiment, c'est le symptôme qui est leur mode de détection.

GT : Il n'y a qu'une étude jusqu'à présent, quand je dis « une étude », il y a une équipe qui s'est intéressée à ce problème de l'hypersensibilité de ces sujets-là donc, qui ont des seuils de perception cutanée du courant électrique. Ce sont des travaux qui demandent à être confirmés même si eux ont fait des travaux qui sont très détaillés, qui ont une certaine crédibilité en eux-mêmes, mais tant que des études n'ont pas été répliquées, c'est toujours difficile de conclure là-dessus. Mais c'est des études qui nécessitent effectivement d'être répliquées, c'est un travail lourd quand même de travailler sur cette sensibilité cutanée.

PC : C'est une question intéressante, parce qu'on n'est probablement pas égaux sur ce plan.

GT : « Membre du GT » s'en souviendra, c'est une discussion qu'on avait il y a quelques années déjà sur les différences de sensibilité individuelle par exemple à l'électricité statique.

PC : Oui, tout à fait.

GT : Certains d'entre nous vont prendre des châtaignes par exemple en mettant la clé dans la serrure, parce qu'avec la structure métallique des bâtiments et les moquettes en nylon, il y avait énormément d'électricité et d'autres seront absolument insensibles. Donc, est-ce que par exemple, certains de vos malades vous ont dit : « je suis particulièrement sensible à ce genre de choses » ?

PC : Effectivement, vous me faites revenir là-dessus, c'est le mot « châtaigne » qui m'a fait tilt, effectivement, il y en a quand même plusieurs, je ne peux pas vous dire la proportion qui rapportent prendre plus facilement des châtaignes. Et ça, c'est vrai qu'il y a probablement des différences interindividuelles importantes et même des différences intra-individuelles, c'est-à-dire que moi, j'ai l'expérience, il y a des périodes où je ne prends jamais de châtaignes et il y a des périodes où je m'en prends tout le temps. Ça varie, ça.

GT : Ça, c'est normal.

GT : J'allais dire, une des difficultés de ces études sur le seuil de perception, c'est qu'effectivement, il y a une grande variabilité sanitaire et intra-individuelle, les mêmes sujets... Moi, j'ai eu l'occasion de suivre, là, je parlais tout à l'heure du syndrome de l'intestin irritable, mais à l'époque où j'étais membre d'un CPP, nous avions une équipe à Toulouse qui travaillait beaucoup sur la douleur abdominale provoquée et on avait montré qu'effectivement, chez le même sujet, il y avait des variations importantes et des variations encore plus entre les sujets. C'est un problème qui est difficile à résoudre, mais qui est peut-être aussi une voie de recherche pour trouver des mécanismes. Qu'est-ce qui va faire à un certain moment baisser ces seuils de perception ? Ça aussi, c'est quelque chose d'un petit peu complexe.

PC : Et en ce qui concerne le seuil de perception et les caractéristiques électriques du corps, ça, ça me paraît une question qui serait intéressante de fouiller par les physiciens justement, parce qu'en plus, c'est vrai que moi, je patauge un peu là, au niveau physique pure et dure, mais ça me paraît une piste qui est loin d'être négligeable justement dans ces variations inter et intra-individuelles par rapport à l'interaction entre un champ électrique et le corps humain.

GT : Si on vous suit bien, ce serait plutôt sur l'effet galvanique que vous avez mentionné sur les dents qu'il faudrait se pencher, non ?

PC : Les deux, je pense. Les dents aussi. Les dents, c'est à mon avis la première cible, et même éventuellement la peau aussi, ça peut être... Mais les dents, c'est plus évident, parce que les racines des dents, en particulier l'arcade supérieure, vont quand même chatouiller de très près toutes les terminaisons nerveuses de la face. C'est possible aussi que les caractéristiques électriques globales du corps interviennent, mais je pense que les deux sont intéressantes.

GT : De toute façon, le corps humain est conducteur et il couple très bien avec le champ électrique, ça, il n'y a aucun problème, c'est avéré, c'est reconnu.

PC : C'est ça, oui.

GT : Est-ce qu'il y a d'autres questions ?

GT : Vous mentionnez plusieurs fois que ce serait intéressant d'étudier ceci, que ce serait intéressant d'étudier ça, moi, ça me donne un peu l'impression que vous lancez beaucoup de pistes de recherche et que les recherches qui ont été menées jusqu'à présent ne vous satisfont pas. Et je me demandais dans quelle mesure est-ce que vous êtes en contact ou vous avez connaissance des travaux qui ont été faits sur ce sujet à l'étranger ? En France, c'est assez nouveau comme domaine, mais à l'étranger, il y a quand même pas mal d'études qui ont été menées dans les 10 dernières années, je dirais, au moins, en quoi ça vous aide dans votre pratique ces études ? Par exemple, des études de provocation où des hypersensibles sont mis dans des collisions contrôlées où on leur applique des champs électromagnétiques ou non à leur insu et qu'en fait, il se révèle qu'ils n'ont pas plus de symptômes quand ils ont les champs électromagnétiques que quand ils n'en ont pas ou des choses comme ça.

PC : Oui, c'est une étude hollandaise à laquelle vous faites référence, enfin « une », il y en a eu plusieurs sûrement, j'en ai lu une qui était hollandaise, qui rapportait justement une absence de symptomatologie déclenchée en faisant varier différents paramètres d'exposition. Au niveau de l'ensemble de l'électromagnétisme, *etc.* Moi, quand je me suis penchée sur la question, il y avait une biblio assez importante, mais c'était en 2004 donc, maintenant, elle est petit peu ancienne. Sur l'électrosensibilité, c'est vrai que je n'ai pas fait de recherche particulière sur la physiopathologie en électrosensibilité, d'une part, parce que je crois que j'avais envie de partir sans a priori donc, de partir de la clinique, de ce que je pouvais observer, de la clinique et de la biologie et à partir de là, de faire des hypothèses. Alors, maintenant, je vais peut-être avoir le temps déjà de compiler un peu les données en matière de biologie, de ce que j'ai pu avoir comme résultats et de faire une recherche dans le domaine de la physiopathologie, quelles sont les hypothèses qui sont données par d'autres ? Mais c'est vrai qu'au départ, j'ai essayé de partir de 0, de la clinique.

GT : Mais pour en revenir au problème de provocation, actuellement, on doit être à peu près à une soixantaine d'études de provocation, mais en dehors de cas très particuliers, la plupart d'entre elles ont utilisé la caractérisation de l'exposition par le DAS. Ce qui, moi, me pose problème. On a eu une longue discussion dans notre groupe sur la signification du DAS et on ne va pas revenir là-dessus, mais effectivement, vous, vous êtes plus intéressée par le champ électrique que par le DAS.

PC : Non, le DAS, pour moi, a un intérêt en termes de pathologies qui pourraient être liées à un phénomène d'échauffement, mais là, je ne crois pas du tout que l'hypersensibilité soit un phénomène d'échauffement. De toute façon, au niveau du champ auquel ils réagissent, il n'y a pas d'échauffement, ce n'est pas ça. Effectivement, le champ électrique me paraissait nettement plus pertinent pour l'EHS.

GT : D'accord, d'accord. Cette question sur les provocations, on n'avait pas prévu de vous la poser, mais je crois qu'elle est très importante. D'autres questions ?

GT : Il y a eu effectivement une soixantaine d'études de provocation. Dans ce domaine, il y a un papier qui est sorti au mois de juillet l'année dernière de Witthöft (2013) où c'est une étude de provocation, mais qui a été faite chez des gens normaux pour mesurer la possibilité d'un effet nocebo. Est-ce que vous la connaissez et qu'est-ce que vous en pensez ? L'idée, c'était : on avait montré à des gens un documentaire sur les dangers du Wi-Fi ou bien un documentaire non relié et ensuite, on les a exposés en réalité en double aveugle, soit à un vrai signal Wi-Fi, soit à une exposition factice et on a vu que les gens qui avaient été exposés au documentaire sur les dangers du Wi-Fi avaient rapporté plus de symptômes spontanément. Est-ce que ça vous dit quelque chose ?

PC : Je sais que l'effet nocebo existe et je ne le nie pas. Là où peut-être, je suis en désaccord avec d'autres, c'est que je crois que d'abord, ce n'est pas l'origine du problème, il apparaît après, et il est la conséquence de l'électrosensibilité, de son incompréhension, du fait que les patients durent des mois voire des années, ils sont vraiment dans la panade, ils ont une vie sociale extrêmement difficile voire ils n'en ont plus du tout. Et donc, effectivement, comme je le disais tout à l'heure, au bout d'un certain temps d'évolution, vous avez à l'évidence une complication de type psychopathologique en termes de paranoïa, de phobie, d'attitude victimaire, ils s'enferment dedans et il y a un effet nocebo là. Ils voient une box à 300 mètres alors qu'il n'y a pas d'augmentation du champ électrique, ils vont réagir, ça, c'est sûr. Mais ce que je crois, c'est qu'au départ, ce n'était pas ça.

GT : Non, mais ça me paraît important.

PC : Au départ, il y avait quelque chose qui n'a pas été pris en compte et qui s'est aggravé.

GT : D'accord, mais ça, ça me paraît important que pour vous, 1) l'effet nocebo existe et 2) il serait vraiment secondaire finalement, et ce serait une espèce de réaction d'évitement.

PC : Voilà, tout à fait, tout à fait, une réaction d'évitement, parce que si ça n'est pas traité, il y a une angoisse qui se crée.

GT : C'est clair !

PC : Moi, ce que je peux vous dire, je ne suis pas électrosensible, mais il se trouve qu'il y a quelque chose qui m'a aidée pas mal à comprendre un petit peu ces patients, c'est que j'ai fait un épisode d'hypersensibilité chimique il y a quelques années qui a duré quelques mois et donc, ça m'a permis de comprendre ce que ces patients ressentait. Et donc, j'ai aussi pu voir que ce n'était pas du tout éternel, qu'on pouvait tout à fait en sortir, qu'il suffisait de prendre les choses correctement. Mais c'est vrai qu'il y a un moment, on sent que c'est facile de devenir phobique. Il y a des attitudes de peur complètement tripale qui vous font fuir toute espèce d'exposition alors que ce n'est pas du tout rationnel.

Audition du P^r Choudat et du D^r Bensefa-Colas - 12 juin 2014

Étaient présents :

Experts du Groupe de Travail (GT)

Membres de l'Anses (Anses)

Invité : D^r Lynda Bensefa-Colas (LBC) et P^r Dominique Choudat (DC)

Audition du P^r Dominique Choudat et du D^r Lynda Bensefa-Colas

DC : Dominique Choudat, je suis enseignant à la faculté de médecine Paris Descartes et responsable d'un service de pathologies professionnelles et environnementales. À ce titre, nous nous sommes intéressés au syndrome d'intolérance de façon générale, et en particulier depuis ces dernières années aux champs électromagnétiques.

LBC : Lynda Bensefa-Colas, je suis praticien hospitalier dans le service de pathologies professionnelles et environnementales à Cochin et amenée à piloter sur un plan clinique et fonctionnel l'étude que nous allons vous présenter avec le professeur Choudat, investigateur principal de cette étude.

Vous nous avez demandé de présenter, avec le professeur Choudat le protocole de l'étude prenant en charge les patients souffrant d'intolérance environnementale idiopathique attribuée au champ électromagnétique mise en place au niveau national. Ne connaissant pas votre niveau d'information, cela peut être redondant avec ce qui vous a déjà été présenté. Je vais vous présenter le contexte de l'étude, pourquoi nous avons été contactés et qu'est ce qui nous a amené à réaliser cette étude, les différentes phases de sa mise en place et de démarrage, les difficultés que l'on a aussi eues, là où nous en sommes aujourd'hui et enfin, ce qu'on peut tirer de l'étude, pas en termes de résultats, mais en termes d'enseignements pour l'avenir.

Je rappelle tout d'abord que depuis 2006, comme vous l'a souligné le professeur Choudat, nous menions des travaux communs avec l'Ineris, la DGS, et notre service de pathologies professionnelles sur l'hypersensibilité aux champs électromagnétiques. On s'était surtout concentrés sur la réalisation de plaquettes d'information destinées aux médecins généralistes pour les informer sur cette entité et leur proposer non pas une prise en charge, mais d'orienter les patients vers les consultations de pathologies professionnelles en France capables d'investiguer ce type de patients. En effet, dans les services de pathologies professionnelles et de l'environnement, nous sommes amenés étudier les liens entre des nuisances professionnelles ou environnementales et certaines pathologies. En avril 2009, comme vous le savez, a eu le Grenelle des ondes et il a été recommandé de cartographier les expositions aux champs électromagnétiques et de réaliser des travaux sur cette thématique et comme nous étions déjà en contact avec la DGS, nous avons été sollicités. Suite au Grenelle, il y donc eu la mise en place d'un groupe de travail multi-experts dès juin 2009 avec les services de pathologies professionnelles de Cochin et de Nantes, parce que nous avons des compétences en matière d'évaluation des expositions professionnelles et environnementale dans nos consultations de pathologies professionnelles et environnementales. L'Ineris pour son expertise technique pour l'évaluation des expositions participait également à ce groupe. l'Anses, ex Afsset à l'époque, a été sollicitée parce qu'elle pouvait apporter une aide méthodologique et statistique notamment. À l'époque, il y avait aussi une épidémiologiste de l'INRS, en mobilité à l'IST de Lausanne et qui nous a apporté son aide méthodologique et épidémiologique, et puis bien sûr, l'unité de recherche clinique de Cochin qui, comme tout service hospitalo-universitaire en charge d'un PHRC, a été impliquée pour apporter son aide méthodologique et pour la réalisation de ce protocole national.

Un protocole national de prise en charge spécialisée de ces patients souffrant d'hypersensibilité aux champs électromagnétiques a été élaboré, s'appuyant sur la collaboration tripartite de l'Assistance publique des Hôpitaux de Paris (AP-HP), l'Anses et l'Ineris et pour lequel un contrat de consortium a été signé. Nous avons soumis le projet fin 2009. En 2010, nous avons obtenu un financement spécifique dans le cadre d'un PHRC national – Protocole hospitalier de recherche clinique – nécessitant des démarches technico-règlementaires, et la signature du contrat de consortium qui ont pris un temps non négligeable. En pratique, l'étude a démarré début 2012.

Il s'agit d'une étude multicentrique prospective non randomisée avec des mesures avant/après de certains critères que je vais vous préciser. L'objectif était d'évaluer l'efficacité d'une prise en charge médicale individualisée des patients atteints d'une hypersensibilité aux champs électromagnétiques. A ce stade, je ne vous rappellerai pas le contexte clinique, car je pense que vous avez une bonne vision de ce qu'est la définition de l'hypersensibilité aux champs électromagnétiques, de la difficulté de retrouver dans la littérature des prises en charge spécifiques qui soient validées et qu'on aurait pu appliquer. Nous avons été très pragmatiques en se disant : « nous allons voir et recevoir ces patients et nous allons essayer de leur apporter, en fonction de leurs symptômes, de la présentation clinique, des plaintes, une prise en charge clinique et thérapeutique spécifique et individualisée ».

Il s'agit donc d'évaluer l'efficacité de cette prise en charge médicale individualisée reposant sur l'amélioration de leur état de santé, de leur qualité de vie et de leur sensibilité exprimée, au moyen de questionnaires vis-à-vis des expositions. Les critères d'inclusion, ont été très larges. Ils reposaient et reposent toujours sur la déclaration par les patients eux-mêmes de leur intolérance. Il n'y avait pas de questionnaire permettant de spécifier si les personnes étaient réellement intolérantes ou pas. C'est vraiment sur la déclaration des patients eux-mêmes. Le nombre de patients attendus à l'époque, était de 50 par an et nous avons 24 centres de pathologies professionnelles volontaires pour participer à cette prise en charge et proposer des consultations spécialisées. Ces centres reposaient sur un réseau préexistant, le RNV3P, le Réseau national de vigilance et de prévention des pathologies professionnelles qui regroupe au niveau français les 32 centres de consultation pathologies professionnelles. Sur ces 32 centres, 24 étaient volontaires. Cette prise en charge est assez lourde en temps et mais aussi en moyens. Les 24 centres permettaient de recouvrir de façon assez importante le territoire national, assurant ainsi un accès aux soins facilité grâce à son caractère multi-centres. La prise en charge proposée était globale et individualisée dans l'un des centres de consultations pathologiques professionnelles volontaires. Pour chaque personne, cinq consultations étaient prévues avec une première consultation médicale standardisée visant à évaluer la souffrance psychologique avec une consultation systématique avec un psychologue ou psychiatre pour évaluer cette souffrance et le cas échéant, si le patient en exprime le besoin, lui proposer une prise en charge spécifique comme toute pathologie chronique. Quelqu'un souffrant d'un cancer ou d'une maladie chronique, on est tout à fait habitués à se voir proposer dans certaines études une prise en charge spécifique de ce type. Était aussi proposée une évaluation de la qualité de vie. On a recueilli de façon systématique les symptômes. Et une des originalités de l'étude et qui n'a pas encore été fait en France est de recueillir sur une semaine les expositions à l'aide d'un dosimètre ambulateur qui ne recueillait que les radiofréquences pour des raisons pratiques, grâce à un boîtier unique. On pouvait difficilement en mettre plusieurs. Donc, on s'est orientés vers les radiofréquences car il s'agit d'une des préoccupations principales à l'heure actuelle. Durant cette semaine d'enregistrement dosimétrique, nous avons recueilli de façon systématique les symptômes à l'aide d'un cahier individuel.

Au cours de cette prise en charge, suite à cette semaine d'enregistrement, une analyse des données individuelles de l'exposition et des symptômes est réalisée et les résultats sont présentés au patient lors d'une consultation médicale. Tout au long de ce suivi d'une durée de quatorze mois, une prise en charge individualisée est proposée au cas par cas. La durée de recrutement était de deux ans avec une durée d'étude de 44 mois tenant compte du temps d'analyse. Sur cette diapositive, on voit le déroulé chronologique des différentes visites et des différents temps où sont recueillies les données. On peut noter qu'il y a trois visites à zéro, six mois et quatorze mois. La première visite, comme je vous le disais, est standardisée et l'on recueille un très grand nombre

d'informations. Elle dure une bonne matinée, car on prend vraiment le temps, avec un vrai temps d'écoute des patients. La semaine d'enregistrement est faite environ trois semaines, un mois après, en fonction des possibilités du service et six mois après, les patients ont été vus en visite médicale pour discuter les résultats des analyses individuelles. Il n'y a pas eu à ce stade de traitement statistique étudiant la corrélation, c'est vraiment un compte rendu avec des résultats d'analyses très descriptives. Et puis, les patients sont revus environ un an après pour refaire le point sur les symptômes, l'efficacité des traitements qui auraient été mis en place au préalable et permettre aussi de proposer de nouveau à un an, une prise en charge.

L'information sur l'étude et le recrutement s'est faite par l'intermédiaire du ministère de la Santé et des Sports sur le site radiofréquence. J'y suis allée récemment, il faut chercher un petit peu, mais la liste des 24 centres investigateurs est toujours sur le portail. Et puis, nous espérons que l'information serait aussi portée par les associations de personnes hypersensibles pour pousser les personnes à prendre rendez-vous dans un des centres de consultation pathologique professionnelle et environnement de la région. Le recrutement se faisait par le patient lui-même.

Nous avons vraiment eu des attaques publiques assez violentes, et je pense que le professeur Choudat pourra mieux en parler que moi. Les associations ont appelé à boycotter l'étude avec certaines personnes qui ont attaqué de façon assez ouverte et nette l'étude en disant qu'elle était scientifiquement inacceptable et moralement indigne. Or cette étude est passée devant différentes instances dont un Comité de protection des personnes. Il y a eu sur le net, un certain nombre de messages très négatifs concernant l'étude notamment concernant les aspects psychologiques qui étaient désignés dans notre étude comme quelque chose d'inacceptable. Je pense qu'il y a vraiment eu une confusion et c'est malheureux. Cette consultation psychiatrique n'était pas du tout là pour essayer de rechercher une cause psychiatrique ou psychologique à l'hypersensibilité, il ne s'agit absolument pas d'une étude étiologique. Il s'agissait vraiment de proposer une aide pour ceux qui étaient en souffrance, compte tenu des conséquences que vous connaissez de cette entité sur les personnes qui en souffrent. Elles sont souvent isolées, incomprises par leur entourage, et la plupart du temps en souffrance. Il y a eu une incompréhension et malheureusement, cela a été assez délétère. Il y a eu sur certains sites des amalgames de fait avec un site qui proposait de faire en France des autodiagnosics d'hypersensibilité où été indiqué « 24 centres ». La confusion a volontairement été entretenue par certains. Donc, je pense que les patients ou les personnes qui souhaitaient éventuellement venir nous voir en consultation, en allant sur le net, tombaient très facilement sur ces documents-là et ont été, pour beaucoup en tout cas je pense, démotivés pour venir dans nos consultations. Ce qu'on a observé assez rapidement au démarrage de l'étude, sachant que l'étude a démarré en mars 2012, le premier patient a été inclus 9 mars 2012. Un an après, nous avons très rapidement observé des difficultés pour recruter. En mars 2013, il n'y avait que 42 patients inclus, soit un retard d'inclusion de 17 patients si on se reposait sur la courbe théorique d'inclusion.

Face à cette diminution de recrutement, nous avons été confrontés à celle des centres investigateurs qui s'étaient proposés pour voir les patients. Je vous disais que la prise en charge était individualisée. Un certain nombre de centres investigateurs étaient en difficulté, car il n'y avait pas de protocole de prise en charge spécifique. En l'état actuel des connaissances, il est difficile de proposer une prise en charge spécifique. Face à ces difficultés-là, nous avons réuni, le Conseil scientifique de l'étude le 17 octobre 2013. Celui-ci a requalifié l'étude, estimant que cette étude qui était initialement une étude interventionnelle, il était préférable d'en faire une étude exploratoire, une étude descriptive de l'histoire naturelle des patients atteints d'IEI-CEM et a émis comme recommandations d'inclure moins de patients, peut-être d'être un peu moins ambitieux par rapport au nombre de patients prévu, d'en avoir au moins 70 avant la période de fin d'inclusion qui était le 31 mars 2014. À l'époque, il nous a été demandé de faire une analyse intermédiaire afin de commencer à décrire les données qui avaient été recueillies. C'est actuellement en cours. En fait, c'est extrêmement long, car nous avons énormément, énormément de données. C'est un travail qui est en train d'être fait avec l'APHP, l'Ineris et l'Anses.

Je vous disais que la fin des inclusions a eu lieu le 31 mars 2014. Au total, 79 patients ont pu être inclus, ce qui est donc au-dessus de ce que recommandait le Conseil scientifique. Nous avons pu

avoir les caractéristiques démographiques des patients, mais nous n'avons pas été plus loin dans les analyses. Ce sont des données qui étaient disponibles sur les feuilles d'inclusion permettant d'obtenir un numéro d'anonymat donc, ces informations ont pu être exploitées. On voit qu'il y a au jour d'aujourd'hui, sur les patients qui ont été vus en consultation, 70 % étaient des femmes donc, une nette majorité de femmes. Lorsqu'on regarde la répartition des patients par tranche d'âge, on voit qu'il y a un pic autour de la tranche d'âge 41-50 ans et une part importante de personnes âgées. Il y a quand même un certain nombre de personnes qui sont âgées. Peu de personnes jeunes dans ces premiers résultats.

Au total, qu'est-ce qu'on peut tirer comme leçon ? Ce que je vous disais, c'est que cette étude est une étude avant tout descriptive de l'histoire naturelle des personnes hypersensibles aux champs électromagnétiques, qui nous permet d'avoir des éléments en termes d'antécédents, de symptomatologie, d'exposition objective aux champs électromagnétiques et d'évolution sur quatorze mois. Et qu'il s'agit d'une étude exploratoire qui représente une étape malgré tout utile pour orienter la recherche future, avoir de nouvelles pistes pour d'autres approches scientifiques de ce phénomène. Ce qu'on peut aussi conclure et qui est précieux, je pense, c'est que nous avons réussi à mettre en place un réseau d'offre de soin qui soit pérenne pour les patients hypersensibles et sur lequel on peut relativement s'appuyer dans le futur si les personnes souhaitent bien sûr venir en consultation de pathologique professionnelle.

Je vous remercie de votre attention. Peut-être que Dominique, vous avez des précisions...

DC : J'ai peu d'éléments complémentaires à donner, tu as bien résumé la situation initiale. Je voulais juste préciser qu'au départ, on visait 110 à 120 personnes. On était à ce moment-là dans une très grande incertitude : Combien de CHU participeraient ? Combien de sujets se disaient hypersensibles ? et combien allaient bien vouloir participer à l'enquête ? L'étude a été lancée avec de grandes incertitudes sur les effectifs.

Le deuxième point, et tu l'as évoqué, nous avons été très étonnés par le nombre et la virulence des attaques. Cela a été jusqu'à une menace de mort. Ce n'est quand même pas banal pour des études qui se veulent être scientifiques et qui étaient passées auparavant devant un Conseil scientifique, auprès d'un Comité de protection des personnes.

Et puis, quelques détails complémentaires. La majorité des participants étaient globalement assez contents qu'on les écoute, mis à part deux personnes qui nous ont déclaré : « nous ne voulons pas que nos données soient exploitées », et qui ont été écartées de l'étude. Mais je ne vais pas pouvoir quantifier cette impression, même à l'issue de l'étude, mais c'est un des points positifs de l'étude. Et le deuxième point, mais à ce stade sans quantification : quelques personnes souffraient de différentes pathologies. Par exemple une femme, un peu âgée, avait une hypertension artérielle depuis des années, mais depuis deux ans, elle avait arrêté ses traitements et à nouveau, elle avait des maux de tête. Elle pensait qu'ils étaient liés aux champs électromagnétiques. Quand elle est venue en consultation, l'hypertension a été retrouvée. L'HTA a été reprise en charge par son médecin traitant. Par ailleurs, d'autres pathologies de la sphère psychologique ont pu être mises en évidence chez certains sujets se plaignant d'électro-hypersensibilité. Certains syndromes associés auraient nécessité un traitement.

LBC : Je rebondis là-dessus : ce qui est intéressant justement, c'est de pouvoir repérer ceux qui ont une comorbidité psychiatrique pour les écarter, pour ne pas faire l'amalgame et pour être clair, pouvoir les exclure a posteriori et ne vraiment traiter les données que de ceux qui ne sont pas psychiatriques.

GT : Je connais la rigueur avec laquelle sont examinées les demandes de PHRC, que ce soit au niveau national ou régional, en particulier tout ce qui concerne les données statistiques. Je suppose que vous avez avec vous une équipe de statisticiens, ne serait-ce qu'au niveau de l'URCC de Cochin, comment a été défini votre nombre de patients à inclure dans l'étude ? Est-ce que vous avez émis des hypothèses et calculé... ?

LBC : Il n'y a pas eu de calcul de nombre de sujets nécessaires comme il est classiquement fait pour une étude clinique, parce que c'est compliqué.

GT : Ce qui a peut-être trompé effectivement, c'est ça le problème, c'est que dès le départ, on devait considérer cette étude comme une étude pilote. Dominique Choudat a bien précisé que vous étiez partis quand même dans le brouillard, parce que vous ne saviez pas le nombre de sujets qui pouvaient se présenter, les gens n'avaient pas l'habitude de venir à l'hôpital donc, c'était quand même quelque chose d'exploratoire. Vous l'avez repris là dans la conclusion. C'est bien que vous soyez en capacité de traiter presque 80 sujets, ce qui, est je trouve, très, très bien, parce que quand on regarde la plupart des études sur l'hypersensibilité électromagnétique, rares sont les populations qui ont un tel effectif. Donc, je pense que c'est bien. Je crois qu'il n'était pas possible de faire un calcul d'effectif au départ, ça, c'était totalement impossible même dans la littérature.

GT : D'autant que d'après les associations ou collectifs, ils seraient 600 à 800 en France à peu près. Donc, si c'est vrai, c'est 10 % de l'effectif national qui a été recruté.

DC : Un recensement a été effectué par une des associations. Toutes les informations sont sur leur site.

GT : Oui, oui, nous avons les documents avec une carte de France avec les EHS. Mais après, quand l'Anses a été dépositaire par des associations de questionnaires diffusés par ses soins et il y avait quarante ou cinquante sujets. Il y a une thèse actuellement en cours dans la région lyonnaise qui là aussi, porte sur un nombre limité de patients. Alors, on dit qu'il y en a beaucoup de patients, mais quand on regarde de près, c'est beaucoup plus difficile d'en trouver. Je trouve que pour une étude que je considère comme pilote, et exploratoire, je trouve que vous avez un matériel... Là, vous continuez à suivre tous les patients que vous avez inclus ?

GT : Moi, j'avais à propos du suivi une question : j'ai cru comprendre que le statut de médecin du travail ne lui permettait pas de prescrire, mais éventuellement, l'obligeait à adresser le malade vers... Quel est le statut du projet par rapport à une consultation de pathologies professionnelles et un suivi où on va éventuellement... ? Un des problèmes au départ, c'était également d'explorer la prise en charge thérapeutique.

DC : Je vais préciser le rôle des consultations et le rôle du médecin du travail.

Le premier point, c'est que la majorité de ces patients sont venus d'eux-mêmes. Ils n'ont pas été adressés par des médecins pour venir en consultation de pathologies professionnelles.

Les consultations de pathologie professionnelle et de l'environnement sont des structures hospitalo-universitaires qui sont dans les CHU comme des services de pneumologie, de dermatologie, ou de cardiologie. Ces services reçoivent tous les patients, qu'ils viennent adressés par leur médecin du travail, leur médecin traitant ou qu'ils viennent d'eux-mêmes. Ce sont des structures hospitalo-universitaires qui peuvent réaliser des examens complémentaires et prescrire s'il y a besoin. Ces structures sont distinctes de la médecine du travail des salariés. Exemple même...

GT : Ma question est faussement naïve, c'était pour avoir la réponse.

DC : ... les agents qui travaillent dans un hôpital ne sont pas suivis dans la consultation de pathologies professionnelles de l'hôpital. Ils sont suivis par le médecin du travail de l'hôpital. Si ce médecin du travail, comme les autres médecins, souhaite un avis complémentaire auprès d'une consultation de pathologies professionnelles et de l'environnement, il peut adresser l'agent ou le salarié. Donc, c'est un autre cadre.

LBC : L'avantage de l'hôpital, c'est qu'on a tout le plateau médico-technique avec tous les différents spécialistes qui nous permettent d'orienter...

GT : Non, mais je répète, ma question était faussement naïve, parce que comme il y a eu beaucoup, beaucoup de bruit autour de l'étude Cochin. C'est difficile, parce que vous les avez pas vus, mais est-ce que vous avez le sentiment qu'un certain nombre de gens ne sont pas venus vous voir à cause de l'environnement hospitalier, parce qu'ils craignaient justement d'être exposés à toute une sorte de sources de radiofréquences ou d'autres courants ? C'est quelque chose qu'on voit assez souvent en disant : « je ne peux pas aller dans une consultation à l'hôpital à cause de tous les appareillages qu'il y a... ».

DC : Cette critique a été formulée par certains, en effet, disant même : « je ne peux pas me déplacer, je suis à la campagne, je suis un cas particulièrement grave et je ne peux pas sortir de mon petit village, il faudrait que vous veniez ».

LBC : Oui, il y a eu en région Sud des demandes pour venir jusqu'à eux en camion, avec une structure ...

DC : On a eu quelques cas.

Certaines associations ont émis des réserves : « mais vous ne recrutez que les cas bénins. Les cas les plus graves, vous ne les verrez pas ». Il y a eu beaucoup de critiques vis-à-vis de cette étude, mais cette réserve était bien connue. C'est à cause de ces limites que l'étude reste une étude pilote, exploratoire. Nous aurons des précisions sur la population que l'on a pu examiner même si cette population se trouve un peu biaisée. De toute façon, cette critique, dans bien d'autres études, peut être aussi soulevée. Un essai thérapeutique à l'hôpital, ce n'est pas la population générale française non plus.

GT : Si j'ai bien compris, vous avez évolué dans vos objectifs pour faire de l'étude une étude descriptive.

LBC: Oui.

GT : Est-ce que vous avez dû en avertir les instances du PHRC ? ou c'est une modification du projet en cours de réalisation ?

LBC : Le protocole et le déroulé des consultations n'a pas été modifié, c'est-à-dire qu'on reçoit selon la même procédure l'ensemble des patients, il n'y a pas eu de modification. Bien entendu, nous avons été discutée la réalisation d'un avenant, car nous avons été confrontés à un manque de recrutement, à des difficultés aussi de réalisation, parce que comme je vous l'ai dit, le protocole n'était pas bien normé. C'est vrai que dans un protocole classique, vous donnez tel traitement, à telle dose, s'il y a tel effet, vous faites telle chose, etc... Là, non, pas du tout, puisque le traitement était individualisé et donc nous étions face, de toute façon, à une difficulté... Nous n'avons rien modifié au traitement.

DC : L'étude n'a jamais voulu être un essai thérapeutique. De toute façon, on n'avait absolument pas cette ambition, ça n'était pas possible ! L'étude a toujours eu des « ambitions » très mesurées. Mais à un moment, du fait des difficultés d'inclusion, nous nous sommes demandé si l'étude ne devait pas être arrêtée. Il y a eu une pause d'ailleurs, visible dans le graphique d'inclusion, le temps de contacter le Conseil scientifique, et de réfléchir sur la suite à donner. Il y a eu un renforcement des inclusions à la fin de l'étude, quand on a repris des rendez-vous. Il y a un certain nombre de personnes, comme dans tous les essais, qui s'étaient déclarées prêtes à participer mais qui ont refusé au moment où nous les avons contactés. Nous avons eu des difficultés d'organisation des rendez-vous. Certains sujets qui semblaient intéressés au départ, ne sont pas venus en définitive. Est-ce parce qu'ils allaient mieux ? Est-ce que c'est parce qu'ils ont suivi le boycott ? On ne sait pas.

GT : C'est toujours très difficile une sortie d'études (incompris) une bonne inclusion de gens qui s'étaient manifestés, on n'a jamais d'explication, puisque la loi leur donne le droit de se retirer sans aucune explication donc, je crois que de toute façon, on ne peut pas (incompris) Mais effectivement, ce que vous soulignez là, M. Choudat, c'est l'accélération des recrutements dans les trois derniers mois de 2014. C'est quand même encourageant, parce que ça montre qu'il y a peut-être, au-delà du boycott petit à petit, (incompris) qui s'est implantée qu'il y a des endroits en France, un réseau de consultations où les gens sont reçus, ce qui est déjà quelque chose d'important et qui n'existait pas auparavant.

DC : En effet, des sujets qui se disent hypersensibles continuent de téléphoner pour prendre rendez-vous dans le service. Ils sont reçus mais ils ne seront pas inclus dans l'étude.

LBC : L'information que l'on a fait passer aux centres investigateurs en mars 2014 à la fin des inclusions, est que l'étude s'arrêtait, mais que bien entendu, en dehors de l'étude, comme pour toute autre problématique en santé, travail ou environnement, nous restions centre d'accueil des

personnes électrosensibles comme on l'a été avant l'étude. On recevait peut-être moins de patients, mais on en recevait et qu'on continuerait de toute façon à le faire en dehors de cette étude.

GT : Donc, ça a vocation à perdurer.

LBC : Oui, c'est pour cela que je précisais bien en conclusion que l'étude a aussi permis de mettre en place un réseau de soin pérenne avec les difficultés et les limites pour prendre en charge ces patients.

GT : Toujours à propos des inclusions, vous aviez présenté un tableau au Conseil scientifique où vous montriez les centres d'inclusion. Il y avait des centres qui avaient inclus trois, quatre patients, mais il y avait des centres qui n'avaient pas inclus. Est-ce que vous avez des explications de ces centres, pourquoi ils n'avaient pas de patients ? Personne n'est venu ?

LBC : Il y a eu effectivement certains centres qui étaient étonnés, puisqu'ils avaient été contactés au début, et puis finalement, les gens ne sont pas venus. Certains centres m'ont dit : « Moi, ce n'est pas la problématique, on n'est pas contactés. Je n'y peux rien ! J'aimerais bien pour l'étude qu'il y ait des patients, mais on ne m'a pas contacté ». Et effectivement, certains centres étaient étonnés, parce qu'il n'y a pas eu, malgré ce qu'ils auraient pu penser, de manifestations massives. Et puis, ce sont des consultations qui sont longues, et peut-être un ou deux centres de n'ont pas pu s'organiser pour recevoir les patients pour des raisons de moyens, mais c'est anecdotique.

GT : Oui, moi, je voulais revenir peut-être à propos du biais psychologisant qui a été reproché à l'étude, là, je voulais revenir sur la question du protocole en fait. Il y a 24 centres, est-ce que vous avez établi un questionnaire standardisé ?

LBC : Nous avons utilisé le MINI 500 en fait.

GT : Comment ?

LBC : Pour les aspects psychologiques, vous voulez dire ?

GT : Pour l'ensemble, c'est-à-dire, aussi bien les aspects psychologiques que les symptômes.

LBC : Oui, il y a un CRF.

GT : Donc, ça, ça a été défini comment ? Et je me demandais si ce questionnaire peut être diffusé, parce qu'en fait, on a eu différentes auditions ici, notamment de praticiens qui eux-mêmes, reçoivent des électrosensibles donc, on leur a demandé sur la base de quel critère ils catégorisaient le caractère électro hypersensible. Donc, est-ce que c'est possible d'y avoir accès pour le groupe pour se faire une opinion ou comparer par rapport à ce qui pourrait se passer par ailleurs ? Et puis l'autre point, c'était : dans le protocole, il y a une partie dosimétrie donc, est-ce que vous avez déjà des indications sur la manière dont les personnes qui ont consulté se sont effectivement soumises ou astreintes au port du dosimètre et je ne sais pas, est-ce que vous avez des premières indications sur d'éventuelles corrélations ? Ou là, c'est dans une étape tout à fait ultérieure ?

DC : Oui, sur l'aspect dosimétrique...

GT : Et puis, dernier point quand même pour ma compréhension, c'est-à-dire que dans une de vos premières diaporamas, l'objectif de l'étude, c'est l'évaluation en France, psychologie, qualité de vie et recueil de symptômes. Et donc, cette évaluation de la souffrance psychologique, elle est faite par quel type de spécialistes ? Quels sont les praticiens qui accueillent ces gens ? Est-ce qu'ils ont une formation particulière ? C'est des psychologues, c'est des médecins psychologues, c'est des psychologues tout court, c'est des psychiatres ? Et est-ce que par exemple, il y a eu, je ne sais pas, dans votre protocole, un travail d'information ou de formation des personnes qui vont accueillir de l'électro hypersensible pour avoir une sorte de standard un peu commun sur la manière d'accueillir les gens, de renseigner les questionnaires... Je sais pas comment vous gérez ça dans le protocole pour éviter des disparités ou des écarts d'interprétation qui peuvent être somme toute..., je sais pas, on peut imaginer qu'ils puissent être assez grands selon le parcours de chacun des praticiens qui accueille les personnes. Et comment vous corrigez ça après ?

DC : C'est une des difficultés de toutes les études multicentriques. Vous avez tout à fait raison de le signaler. Il y a eu toute une phase d'élaboration des questionnaires et d'élaboration des items qui allaient être saisis et recueillis. Actuellement, chaque dossier de patients, c'est un pavé épais de 10 cm environ. Les informations recueillies sont standardisées. C'est-à-dire que ce pavé a été envoyé et explicité à chacun des centres. Puis une ouverture officielle de chaque centre de référence a été effectuée pour le début des inclusions avec une information des différentes personnes qui allaient participer en pratique au recueil de données. On a essayé d'harmoniser au maximum tous ces aspects. On a utilisé un certain nombre de questionnaires qui étaient déjà utilisés dans la littérature pour les électrosensibles. D'autres questionnaires internationaux étaient utilisés pour apprécier les échelles de dépression par exemple. Donc, il y a eu toute une réflexion pour essayer de recueillir les données de façon la plus standardisée, la plus harmonisée et en tenant compte de ce qui avait été fait.

LBC : Pour précision, sur les aspects psychologiques, psychiatriques, nous sommes un gros centre et nous avons toujours le même psychiatre qui s'est appuyé sur un questionnaire standardisé, le MINI 500 qui est sensible mais pas très spécifique. Nous avons vu 20, 25 personnes sur les deux ans. Pour la qualité de vie, nous avons utilisé un questionnaire spécifique, le SF36 qui est publié et validé. Pour les symptômes, il n'y a pas de questionnaire validé, mais on s'est appuyés sur les travaux et les questionnaires de Marion Crasson qui était à l'époque en Belgique, et qui depuis ne travaille plus sur cette thématique.

Anses : Mais je dis ça, parce que c'est au cœur de la polémique. Selon la liste de questions retenues, celles qui sont incluses, exclues et la pondération qu'on va y attribuer, on peut avoir des résultats complètement différents. Donc, je ne sais pas comment vous... Je sais pas si c'est un protocole..., c'est soumis à confidentialité... Je sais pas quels sont les critères de validation d'élaboration du protocole et ensuite, on va dire, de publicité et communiquer au protocole, mais je ne sais pas... Quand on a eu cette discussion ici, au sein du GT, notamment de voir le constat que vous avez fait sans doute avant nous probablement, c'est que « membre du GT » évoquait au cours des réunions précédentes, c'est qu'il y a des questionnaires qui vont d'une liste de symptômes, ça varie de 20 à je sais pas combien, à 120, enfin, j'exagère peut-être un peu, mais enfin, c'est de cet ordre-là. Donc, forcément, selon ce qu'on va retenir...

GT : Je confirme qu'il n'y a pas de questionnaire validé concernant l'EHS contrairement à ce qui existe dans un certain nombre d'autres affections, qu'il y a des questionnaires qui ont été validés qui sont utilisables. C'est une des difficultés de cette étude et justement, c'est l'intérêt de votre étude pour essayer, avec un questionnaire qui était ce qu'il était, qui s'appuyait sur les travaux de Marion Crasson. C'était un questionnaire en langue française déjà, c'est le seul qui existait et donc, ce qui est intéressant, c'est d'avoir une évaluation de ce questionnaire. Sur 79 patients, même si vous en avez deux qui ne veulent pas qu'on exploite ces données, vous allez pouvoir dessiner un tableau symptomatique quand même. Je pense qu'il y a du matériel pour cela. Et ça, ça peut aider d'autres études ultérieures pour dire : « il y a peut-être une lacune à telle endroit, ou ce type, de questions, il y a pas lieu de les poser... », enfin, il y a des fréquences de réponses qui vont être éclairantes pour la suite des études. Je crois qu'il faut le voir comme ça, étant donné qu'il y avait pas de matériel, il fallait en faire un.

Je crois que les..., je ne parle pas du [...], c'est un cas particulier, parce que c'est vrai [incompris], mais je pense que les associations qui ont boycotté, il faut dire les choses comme elles sont, voulaient des études physiopathologiques, c'est-à-dire, recherche de mécanisme. Et donc, j'en ai compris qu'au départ, avant d'étudier les mécanismes, il fallait quand même avoir une population bien caractérisée cliniquement sur laquelle on peut travailler. Et ça, je crois que c'est un message..., je sais que vous avez travaillé à leur expliquer, mais de mon côté, à plusieurs reprises, j'ai essayé de leur expliquer qu'il fallait pas juger, ce n'était pas l'étude [incompris] qui allait tout définir, etc., que c'était une étude initiale qui était indispensable pour au moins, dégager une population sur laquelle on pourrait ensuite faire des travaux plus approfondis. Je crois qu'ils sont restés butés sur l'idée que ce n'était pas une recherche physiopathologique qui pouvait, j'allais dire, assurer le diagnostic. Ce qu'ils veulent déjà, c'est avoir des marqueurs qui disent : « vous avez sur tel ou tel examen telle ou telle réponse et donc, vous êtes électrosensibles ». Et

ce que dit..., [...], je ne voulais pas en parler, mais [...] dit : « moi, je porte le diagnostic avec ma façon d'approcher la question ». Et ce qu'il voulait, c'était [incompris].

LBC : Je préfère ne pas en parler. Pour les médecins, c'est grave.

GT : J'allais dire, [...] [incompris] des associations. Il prétend, lui, qu'il a une population de plus de 500 sujets, je ne sais pas où il les a recrutés, puisqu'il y en a que 700 identifiés par une association, ça m'étonnerait qu'un seul médecin ait réuni les deux tiers, ou les trois quarts à lui seul. Je crois que dans les difficultés de recrutement, il y a eu beaucoup de facteurs qui se sont associés, mais la critique de dire : « ce n'est pas une recherche physiopathologique » a été un élément important dans la critique. Mais néanmoins, je pense quand même que vous avez recruté 79 sujets qui ont accepté de venir, de se prêter, au moins jusqu'à la visite intermédiaire 2.

LBC : Pour rebondir là-dessus, effectivement, un certain nombre de patients souhaitent continuer à être suivis dans nos consultations, du moins la nôtre, et ils ont besoin aussi d'une aide en milieu de travail. Pour certains, je suis même l'intermédiaire entre le médecin du travail et le patient pour essayer de trouver au mieux un équilibre au sein de l'entreprise, pour éviter la désinsertion socioprofessionnelle et il y a un suivi absolument important pour ce type de patients. C'est fondamental que je continue à les suivre. Pour reprendre sur la recherche physiopathologique, nous n'étions pas partis sur cet objectif-là, nous souhaitions vraiment essayer de structurer un réseau de prise en charge et offrir un lieu d'accueil pour recevoir ces patients pour à la fois les investiguer sur un plan clinique, ne pas passer à côté de grosses pathologies, et les aider aussi à les maintenir en situation de travail et éviter la désinsertion qui menace beaucoup parmi ceux que l'on a vu.

DC : À propos de l'absence de prise de sang, cette critique a été souvent reprise. Certains voulaient qu'il y ait une prise de sang et des dosages. Des dosages du sélénium, du plomb, de marqueurs divers... Comme il n'y avait pas de mécanisme physiopathologique identifié, on aurait certainement trouvé des valeurs qui dépassent les « normes » qu'on n'aurait pas pu interpréter. Ainsi, au niveau individuel, sur 100 personnes « normales », obligatoirement, on en aurait eu quelques-unes avec des valeurs s'écartant des valeurs « normales ». Sans interprétation possible. Et puis, nous aurions à coup sûr été critiqué : « mais vous n'avez pas fait tel dosage ! » Nous avons donc pris l'option de ne pas faire de prise de sang. Cela a heurté certains: « vous ne recherchez pas telle ou telle substance, votre étude ne sert à rien ! ».

GT : J'ai assisté à la révision du comité de dialogue où vous aviez présenté le projet, et c'était surtout cet aspect qui avait été soulevé par plusieurs associations. Et moi, je n'avais jamais discuté avec eux, mais par la suite, j'ai pu discuter au moins avec certains, mais même en leur expliquant en dehors de tout intérêt pour [incompris] ou autres, je crois que c'est quelque chose qu'ils ont pas assimilé cette nécessité d'avoir d'abord un regard clinique pour caractériser la situation clinique avant de faire des recherches physiopathologiques. C'est une chose qu'ils n'ont pas comprise, et je pense qu'il y a eu une difficulté à ce niveau, je crois qu'au-delà de l'esprit négativiste de certaines associations qui par principe, sont contre. Je ne mets pas toutes les associations dans le même sac, mais même des associations avec lesquelles on a pu avoir, pendant un certain temps, la possibilité de dialoguer, qui n'étaient a priori pas contre le principe d'une recherche, etc., parce qu'il y en a qui sont contre toute participation à des recherches, indépendamment de ça, il y a eu cette critique qui s'est développée, je pense, qui était celle des associations qui avaient le plus de membres ou tout au moins, qui avaient une certaine influence. Je ne sais pas si vous l'avez ressenti comme cela.

Ceci dit, justement, pour aller dans le sens de ce qui peut sortir de votre étude, est-ce que vous pensez, sur la base des questionnaires que vous avez fait remplir et des informations que vous avez, est-ce que vous pensez que vous pouvez faire une sorte de typologie, distinguer différents types de... ? Ou est-ce que vous avez l'impression que vous avez eu à faire à une population très homogène ?

DC : Je ne sais pas.

GT : Indépendamment de l'éventail... Pour l'instant, vous n'avez pas d'intuition ?

DC : Aucun avis... Non ! À chaque fois que j'ai des interrogations sur les résultats de cette étude, l'étude est en cours, on attend encore un an, deux ans, la fin de la période d'inclusion et on aura les résultats après l'analyse statistique. Il nous faut également un certain temps vu la quantité de données recueillies.

GT : Oui, ça, je m'en doute.

GT : Parmi les données que vous avez recueillies, il y a les enregistrements avec un dosimètre, je me souviens plus quel type de dosimètres, c'était.

GT : Parce qu'il y a des problèmes [incompris] de limite de détection, de seuils qui sont...

LBC : En fait, nous avons comme difficulté d'avoir un appareil qui puisse tenir sur une semaine. Il y en avait un qui avait une limite de détection plus basse, mais qui n'était pas suffisamment autonome, en tout cas à l'époque, peut-être que depuis... Enfin, je ne suis pas l'actualité, je ne suis pas spécialiste, mais c'était effectivement une des questions que nous nous étions posées.

GT : [incompris] le 120 est passé à 140. Mais c'est pareil... Avant, on pouvait régler...

GT : Par exemple, il y a des études allemandes où ils ont utilisé un dosimètre qui nécessitait d'être déplacé, c'est-à-dire que si tu le laissais la nuit sur la table de nuit, il n'enregistrait plus rien, parce qu'il n'était pas déplacé.

GT : Non, là, [incompris], on peut le placer n'importe où. Il n'y a pas besoin de le secouer pour...

GT : Il n'a pas besoin d'être secoué, voilà.

GT : Il prend des mesures toutes les minutes, je crois.

GT : Et est-ce que vous avez prévu éventuellement d'essayer de mettre en relation les données d'exposition avec les symptômes [incompris] et l'intensité.

LBC : Oui, de mettre en relation, c'est essentiel. Après, la corrélation, moi, je serais très prudente, car nous sommes confrontés à un certain nombre de limites, avec un nombre non négligeables de valeurs inférieures à la limite de détection, puisqu'il y a une mesure qui est faite toutes les..., deux minutes. L'appareil nous permet de faire 10 000 mesures donc, rapporté sur une semaine, il me semble que c'est toutes les deux minutes et il y en a quand même un grand nombre qui sont inférieures à la limite de détection. Pour traiter ce type de valeurs, il existe des modèles statistiques. Et ensuite, il faudra réfléchir la phase d'analyses intermédiaires à comment mettre en relation ces données avec les symptômes. . Notamment, quand il y a un symptôme, quelles expositions retenir ? Celles une heure avant, deux heures avant, sur la journée... Enfin, vous voyez que là, il y a une réflexion...

GT : Je suis un ancien biologiste converti à l'épidémiologie et pour moi, corrélation n'est pas raison nécessairement. Donc, est-ce qu'il y a une relation ? Oui, non. Est-ce qu'elle est causale ? Ça, c'est une autre affaire. Et ça me paraît important, parce que parmi les papiers relativement récents, il y a une réanalyse d'une étude espagnole, j'oublie toujours le nom des auteurs, qui a été faite dans un petit village. L'étude a été faite il y a une bonne dizaine d'années et ils ont réanalysé leur étude. À l'époque, il y avait juste deux antennes relai et pas de Wi-Fi, etc., donc, c'est pratiquement uniquement du signal GSM 900 et 1800 et ils ont fait des mesures au domicile des gens et ils trouvent une corrélation parfaite avec une quinzaine de symptômes qui sont en corrélation avec les niveaux d'exposition. C'est pour ça que je vous posais la question : est-ce que vous avez envisagé de regarder ? Parce que c'est vrai que tout ce qu'on a comme mesures à l'heure actuelle, il y a très souvent des mesures en dessous du seuil de détection dans toutes les études publiées, ou à peu près. Donc, à moins que les EHS habitent vraiment dans des endroits tout à fait bizarres, je serais très surpris qu'il y ait pas à peu près autant que dans les études qui ont été faites ailleurs de valeurs inférieures au seuil de détection.

LBC : Sur un plan individuel, il y a une analyse descriptive qui est rendue au patient, avec des histogrammes de distribution par type de radiofréquence, histogramme où l'on voit que pour la plupart des cas, il y a au moins 90 % des valeurs qui sont inférieures à la limite de détection donc,

rapporté sur le temps, la plupart du temps, ils sont inférieurs à la limite de détection, mais effectivement, c'est la limite de détection qui est celle qu'on connaît et donc...

GT : C'est un peu logique...

LBC : Oui.

GT : L'Ineris a participé à toutes les études donc, ils ont accès effectivement aux résultats, mais pour vous citer un ordre de grandeur, 50 % des valeurs sont inférieurs à 0,1 volt par mètre. Alors, je crois que le seuil, c'est 0,05, mais on voit bien que quand on fait un calcul sur le territoire national, 0,1, c'est une sorte de patchwork...

LBC : Oui, c'est le bruit de fond...

GT : C'est la médiane de ce qui a été calculé en faisant le..., on a ajouté toutes les valeurs entre rural, relief faible, zones montagneuses, [incompris], on a intégré toutes les distributions pour trouver ces valeurs-là. Donc, c'est logique de... Moi, je pense que ça serait intéressant de comparer aussi ces valeurs-là par rapport à des statistiques que possède d'ailleurs l'Ineris et des calculs aussi qui ont été faits au niveau national sur... Là, ces calculs-là, c'est sur les stations radioélectriques de téléphonie mobile, mais il y a aussi des données sur le Wi-Fi. On sait très bien que le Wi-Fi, dès qu'on s'éloigne un petit peu de quelques mètres, on va tomber sur des niveaux aussi bas donc, c'est assez logique. Il y a aussi une question que je me posais, c'est que je pense que cette comparaison, elle est intéressante à faire avec les données un peu nationales, et il y a peut-être aussi quelque chose qui est délicat à faire, mais on peut imaginer que quand vous avez fait les enregistrements de ces personnes, ces personnes ont déjà pris des précautions. Donc, l'évolution dans le temps de leur environnement radioélectrique, est-ce qu'on peut l'appréhender d'une façon ou d'une autre ?

LBC : On s'est basé sur un autoquestionnaire sur les sources d'exposition qu'ils ont réussi à repérer avec effectivement un recueil au début de l'étude et en fin d'étude.

Nous avons réalisé ce questionnaire avec l'aide d'Ineris, puisque nous n'avons pas les compétences pour cela.

GT : Je n'avais pas compris tout à fait comme ça ta question. Tu voulais dire que quand on intervenait pour faire des mesures, les gens avaient déjà modifié spontanément [incompris].

LBC : De toute façon, oui. On leur demande effectivement s'ils sont sensibles à telle et telle source, quelles sont les sources auxquelles ils se disent sensibles et s'ils ont effectivement mis en place des mesures d'évitement, des précautions. Les questions sont fermées pour que le questionnaire soit exploitable, on ne peut pas aller dans du texte.

GT : Est-ce qu'on peut s'attendre à ce que leur exposition soit moindre en tous les cas chez eux que chez d'autres personnes ? C'est le résultat attendu en fait...

LBC : Oui, oui, tout à fait. Ensuite, de façon qualitative, lors de l'interrogatoire, ils vous disent assez bien qu'ils ont mis en œuvre un certain nombre...

GT : Oui, ils en ont moins que la population a priori.

LBC : Je ne sais pas. Mais en tout cas, ils ont effectivement mis en place des stratégies d'évitement.

GT : En principe, ils risquent d'être moins exposés à l'intérieur. À l'extérieur, c'est non-maîtrisable, mais à l'intérieur...

LBC : Non, certains sont gênés par le Wi-Fi du voisin, ou bien...

GT : Déjà, à l'intérieur, si on supprime toutes les sources, le DECT, le téléphone portable, le Wi-Fi, effectivement, on va diminuer... Alors que quand on s'approche, ça paraît [incompris].

LBC : Oui, oui, tout à fait. Mais c'est le Wi-Fi du voisin qui est la cause donc, on a beau leur dire qu'au bout d'un mètre, après, il y a...

GT : [incompris]

LBC : Voilà, mais... Ou ils ont mis en place...

GT : Ça veut dire que la corrélation, elle est impossible à faire en fait quelque part, c'est ce que je suis en train de...

GT : C'est ça qui va être intéressant entre le ressenti, ce qu'ils pensent eux et ce qui est leur environnement électromagnétique réel. Ça va être aussi une source d'information assez intéressante.

LBC : Et c'est vrai que c'est quelque chose qu' « membre de l'Anses » nous avait fait remarquer. Ce qui est important, est d'être très transparents et qu'ils aient vraiment accès aux données de dosimétrie. On leur remet les résultats d'analyse sommaire avec les histogrammes de distribution et puis, en annexe, ils ont aussi de façon quotidienne les résultats des différents enregistrements avec les marqueurs de symptômes, quand ils ont signalé le symptôme. Au début, on voulait aller un peu plus loin et essayer d'étudier la relation, mais je pense que c'était un peu trop discutable donc, ils ont accès à une simple description et c'est vrai que parfois, ils sont surpris, parce qu'ils nous disent : « mais tiens, j'ai eu tel symptôme, il y avait pas grand-chose, c'est plutôt venu après » ou au contraire, certains vont essayer au contraire de s'appuyer là-dessus et essayer de trouver des éléments d'explication en disant : « oui, mais j'étais pas vraiment exposé, mais regardez, deux heures avant, je l'étais. »

DC : Juste une précision. Le dosimètre est une grosse boîte bleue, fermée, qui ne se met pas à sonner et à avoir une alerte lumineuse dès qu'une des fréquences dépasse le seuil.

LBC : Oui, il y a un petit clignotant à chaque enregistrement.

DC : Oui, mais qui n'a rien à voir avec l'exposition.

LBC : Oui, ça les rassure en fait...

DC : Que l'appareil marche.

LBC : Qu'il marche, oui, ça les rassure, je pense.

GT : Ils ne peuvent pas s'en servir comme détecteur ?

DC : Non, non, non.

GT : Ils ne voient rien, ils ne savent pas... ?

LBC : Non, non.

GT : S'ils ressentent quelque chose, ils marquent, mais ils ne peuvent pas savoir s'il y a réellement un truc ou le voisin qui a déclenché la Wi-Fi ? C'est ça qui est intéressant.

LBC : Ils peuvent à la fois marquer un événement et en même temps, ils ont leur cahier et noter : « à telle heure, j'ai eu tel symptôme » avec une liste de symptômes qui est défini et la possibilité de rajouter des symptômes. La liste, elle est ouverte.

GT : J'avais une question, en tant que neurobiologiste travaillant sur des populations assez homogènes de rongeurs, en regardant votre population d'individus, je me demande si on peut espérer d'avoir une chance de mettre en évidence quelque chose si on considère l'âge, [incompris] qui me paraît quand même juste énorme surtout sur des pathologies où il y a toute une histoire, un vécu, peut-être des années versus peut-être un temps très court. Celui qui a 18 ans ou 20 ans, forcément, ne peut pas avoir un bout d'histoire très commune avec celui qui en a 70, le sexe aussi qui donne un ratio quand même... Donc, je me demandais, objectivement, sur ce type d'approche, pas forcément votre étude en particulier, je me permettrais pas de juger, quelle chance on a, sur ce type de population de 80 personnes qui paraît pas beaucoup, ça va être compliqué... Oui, d'accord.

DC : Vous avez tout à fait raison, l'analyse ne va pas être simple. Même avec 100 sujets, on se posait des questions sur la puissance de l'étude. Donc, à 80, on se pose encore plus de questions.

Je crains qu'on ne soit quand même très limités pour les interprétations. On a l'impression qu'il y a un petit peu plus de femmes que d'hommes. Dans les syndromes d'intolérance aux odeurs, c'est la même chose.

GT : Est-ce que le facteur âge est quelque chose d'essentiel dans votre expérience autre que dans d'autres pathologies ?

DC : On en voit à tout âge.

GT : Oui, mais justement, du coup, pour essayer de comprendre comment ça marche, c'est difficile ?

LBC : Mon avis personnel, je pense que l'âge..., parce que tout de même, quand on regarde la distribution des âges, ce ne sont pas des jeunes, mais plutôt des gens âgés. Donc, je me suis interrogée sur ceux que j'ai vus, est-ce que c'est parce qu'ils ne sont pas trop allés sur Internet ... ?

GT : Les jeunes, ils y vont beaucoup...

LBC : Oui, justement, c'est peut-être pour ça qu'on les voit moins, parce qu'ils y vont beaucoup, et qu'ils voient « boycottez les... », et les informations négatives sur l'étude. Est-ce que ceux qui sont un peu plus âgés... ?

GT : [incompris], ça pourrait être...

LBC : C'est peut-être un élément d'explication aussi, je ne sais pas...

GT : Et vous avez confirmé qu'ils appartenaient à des associations ou plutôt pas ?

DC : Non, ça, on ne peut pas le confirmer.

GT : Ça, vous ne pouvez pas le demander ? Vous ne pouvez pas demander cette information ?

DC : Non, cette information va être très peu fiable. Certaines personnes sont venues, probablement dans le cadre d'une association, pour tester l'étude...

GT : En éclaircir...

DC : Exactement. Donc ce type d'information est peu fiable.

GT : Mais ceci dit, dans la plupart des études que j'ai regardées là, c'est : femmes, légère prédominance féminine et tranche d'âge plutôt 40-50 ans, donc, effectivement, vos [incompris], ça colle.

GT : Et ça, c'est les autodéclarants. Enfin, pour l'instant, il y a rien d'autre. La plupart des études, c'est deux tiers de femmes et l'âge moyen, 50 ans.

GT : Tout le monde nous a dit : « c'est pas des gens qui viennent avec [incompris]. »

GT : Après, ce que ça veut dire...

GT : Peut-être que les femmes préféreront se raconter plutôt que les hommes. Le biais, il pourrait être là en fait, faire la démarche de... Ce n'est pas forcément par rapport à la pathologie, mais par rapport à...

DC : Mon impression également, ce sont des gens qui ont un certain degré de culture et de connaissance.

LBC : Oui, parfois ils dépassent mes compétences.

DC : Mais très globalement.

LBC : Ils sont très précis sur les phénomènes physiques. Moi, je suis clinicienne...

GT : Oui, ils ont peut-être fait des recherches...

LBC : Certains sont très forts.

DC : J'ai évoqué les syndromes d'intolérance aux odeurs. Toutes les catégories socioprofessionnelles sont représentées. Mais ce n'est pas tout à fait le même profil que les sujets hypersensibles aux champs électromagnétiques.

GT : D'accord, ce qui veut dire éventuellement qu'on sait pas encore les résultats, mais vous avez pas le sentiment qu'il y a une association entre EHS et syndrome d'intolérance aux...

LBC : Alors, il y a un certain nombre de questionnaires standardisés qui permettent de rechercher certains syndromes, tel que le syndrome de fatigue chronique, le [incompris], il y a le MINI 500, je crois que c'est tout...

LBC : On verra ! On est un peu partis...

DC : Enfin, ce sont des pistes. C'est en partie pour répondre aussi aux questions que vous souleviez tout à l'heure.

GT : J'ai une question encore. J'ai vu récemment un article qui fait état d'un polymorphisme d'une enzyme du métabolisme des médicaments, [incompris] qui permettrait de prédire l'émergence d'une EHS. Alors, la façon dont est réalisée l'étude, ça ne semble pas complètement farfelu. Alors, dans le cadre d'un PHRC national qui a quand même vocation à faire autorité par la suite dans le domaine que vous explorez, vous ne croyez pas qu'il est dommage qu'il n'y ait aucun prélèvement biologique qui permette de garder des lymphocytes des sujets en question pour confirmer ou infirmer ce qui est évoqué dans cet article récent ?

DC : Je n'ai pas du tout d'avis sur cette question.

GT : Mais garder du matériel génétique, ça, ça me semble utile.

DC : Garder et faire des travaux sur le matériel génétique nécessite un certain nombre d'autorisations préalables et de contraintes techniques.

GT : Oui, je ne vais pas vous l'apprendre. Vous avez un CPPRB qui est attaché au PHRC, on le voit dans multiples études PHRC.

LBC : Sur l'hypersensibilité, il faut avoir une...

GT : [incompris], c'est fait pour ça le PHRC, c'est fait pour [incompris].

LBC : Oui, mais il faut avoir des arguments.

GT : J'entends bien ton argument Brigitte, mais...

GT : [incompris] quatre ans finalement.

GT : Oui, mais tu aurais pu aussi dire, par exemple, dans [incompris], on va garder du matériel biologique, on sait pas pourquoi, on verra ça dans cinq ans, dans 10 ans. C'est pas du tout, du tout la même logistique, etc. Ce n'est pas simplement les [incompris]. Je ne sais pas si tu as vu à quoi ressemblent les installations pour [incompris] ils ont été obligés de construire un bâtiment pour garder tous les échantillons des 500 000 personnes de la cohorte suivies depuis un certain nombre d'années. Mais ça permet de faire des choses, mais c'est plus tout à fait pareil.

GT : J'allais dire, oui, je pense que de votre étude, vont sortir quelques idées, quelques orientations, quelques orientations, quelques hypothèses à tester dans des études ultérieures et pour nous qui sommes chargés de faire un rapport sur l'EHS, nous avons des délais qui sont impartis, j'allais dire, qui sont en gros début de 2015. Est-ce que vous pensez que vous aurez des résultats intermédiaires, de l'analyse intermédiaire que vous pourriez nous communiquer même sans en faire état dans le rapport, mais pour nous aider dans la réflexion que nous faisons qui pourrait nous être communiquée avant la fin de la rédaction de notre rapport ? On sait très bien que c'est lourd et compliqué ce que vous avez à faire, mais là, vous nous apportez très peu d'éléments en fait, à inclure dans notre rapport si vous voulez. Donc, est-ce que vous pensez que d'ici six mois à peu près ou quelque chose comme ça, à la rentrée d'octobre, est-ce que vous aurez des premiers résultats par rapport à ce que vous êtes en train de faire qui pourraient nous éclairer un petit peu plus par rapport à d'autres études internationales ou des choses comme ça ?

LBC : Les analyses intermédiaires sont faites pour justement guider les choix et normalement, n'ont pas vocation à être utilisées. Mais c'est une question [incompris].

DC : Si nous avons des informations complémentaires, nous sommes prêts à venir vous en parler, il n'y a pas de problème. Il n'est pas certain que les premiers résultats apportent des informations nouvelles. S'il y a des éléments, et si on a le temps d'aller plus loin dans les analyses, aucun problème. Nous sommes à votre disposition.

GT : Nous avons une date limite, on est obligés de se plier à ces choses-là. Vous êtes plus libres dans vos activités, mais bon, on essaie de recueillir le maximum d'informations, j'allais dire même, de littérature grise si vous voulez par rapport à la littérature publiée pour essayer, j'allais dire, de comprendre le phénomène, parce que pour l'instant, il est difficile à comprendre.

GT : Justement, pour aller dans le même sens là, est-ce que vous pourriez préciser un petit peu ? Vous avez dit que vous avez changé l'orientation du fait du changement d'échantillonnage ? Est-ce que vous pourriez préciser maintenant, vraiment les objectifs que vous fixez sans savoir bien sûr les résultats, on les connaît, mais qu'est-ce que vous fixez comme objectifs ? Qu'est-ce que vous avez restreint comme objectifs ? Quelles sont les priorités que vous vous donnez maintenant par rapport aux objectifs initiaux ?

DC : Sur cette étude, déjà le descriptif de notre population. Il y a déjà un certain nombre d'éléments qui vont être intéressants pour mieux la connaître. Le deuxième point qui me semble intéressant, c'est de voir comment on peut explorer au mieux le recueil de données de dosimétrie et les différents symptômes. Je pense qu'il y a là des éléments qui sont tout à fait objectifs, c'est-à-dire, à quoi les électrosensibles sont réellement exposés. Le troisième point, c'est l'évolution au cours d'une année alors qu'on a reçu ces personnes, on a discuté avec elles longuement, on les a écoutées, on leur a confié justement ce dosimètre et on va rediscuter des résultats de leur exposition. Certes, la prise en charge peut être très variable. Je vous ai parlé du traitement d'un cas d'hypertension artérielle. D'autres personnes vont avoir une prise en charge psychologique. Quelle sera l'évolution au cours d'une année ? J'espère que cette somme de petits éléments va permettre de mieux comprendre. Mais cela reste des objectifs très modestes par rapport à trouver quelle est l'origine de l'hypersensibilité.

GT : Oui, mais vos objectifs originaux, ce n'était pas ça.

DC : Ça n'a jamais été une recherche étiologique, vous avez raison !

LBC : Initialement, l'idée, ça avait été de voir si effectivement, l'intervention des centres de consultation était efficace ou pas sur l'évolution de ces personnes en termes de clinique et de qualité de vie. Il se trouve que pour plusieurs raisons, et même sur un plan méthodologique, nous avons été limités donc, on a revu à la baisse nos objectifs et on fera une étude plutôt pour essayer de décrire l'évolution de ces personnes. Mesurer l'efficacité d'une prise en charge thérapeutique, il aurait fallu un groupe témoins [incompris]

DC : J'ai l'impression que pour la grande majorité des personnes examinées, il leur a été utile d'exprimer leurs plaintes et qu'on les écoute. Un certain nombre regrettait d'être incompris, à peine écouté par le corps médical. Ils risquent de faire du nomadisme médical. Je ne sais pas si l'écoute va être un frein au nomadisme médical. On ne va pas pouvoir le démontrer, mais en tout cas, je pense qu'il faut qu'il y ait une écoute de ces personnes. D'autre part, je pense qu'il est indispensable de rechercher des associations ou des pathologies qui pourraient expliquer des symptômes.

LBC : Et les traiter.

DC : Et les traiter à ce moment-là, les prendre en charge. Et systématiquement, leur fournir des informations scientifiques sur les champs électromagnétiques. Leur dire qu'à ce jour, on n'a aucun argument pour retenir un lien causal entre leurs symptômes et les champs électromagnétiques. Ils ont des symptômes. On ne les remet pas en cause. Mais sur le plan scientifique, on n'a pas d'argument pour dire que ces symptômes sont liés de façon causale aux champs

électromagnétiques. Ce message, certains ne vont pas l'entendre. Il y a certaines personnes qu'on n'arrivera jamais à convaincre.

GT : Mais vous ne trouvez pas que c'est déjà une prise de position, ça ? Que vous n'êtes plus scientifique là ?

DC : Mais Si ! Je vais revenir sur ce point. Mais il y a certains sujets qui, peut-être, à force d'entendre ce message d'absence de lien causal, commencent à réfléchir. Je ne dis pas qu'on va convaincre tout le monde, mais il y a peut-être certains sujets qui vont changer d'opinion. Vous me dites que je ne suis pas scientifique en disant cela. Prouvez-moi le contraire !

GT : Quand vous voulez !

DC : Est-ce qu'aujourd'hui, on a suffisamment d'arguments pour dire qu'il y a un lien causal ? Si vous me le démontrez, OK, je suis prêt à soutenir cet argument. Mais aujourd'hui, et je me réfère au dernier rapport de l'afssset, il n'y a aucun lien causal démontré. J'attends avec impatience le prochain rapport de l'anses sur les champs électromagnétiques.

LBC : Sur l'hypersensibilité, oui.

DC : Sur l'hypersensibilité, en effet. Mais, c'était indiqué dans le précédent rapport. Donc, je me réfère à ce qui est dit dans les publications scientifiques et à ce que disent les agences.

GT : [incompris]

DC : Et je pense que cette information doit être diffusée.

GT : Donc, si vous n'avez pas d'autres déclarations à faire et s'il n'y a pas d'autres questions, nous avons atteint l'heure du programme. Peut-être, on vous recontactera avant la fin de votre rapport, parce que vous êtes les seuls à avoir un matériel de ce type, vous avez beaucoup de données même si elles sont critiquables par un certain nombre de points, elles peuvent effectivement aider quand même à progresser sur le sujet. Donc, si vous en êtes d'accord, on pourra vous resolliciter, j'allais dire, d'ici quelques mois pour savoir où vous en êtes.

Audition des D^r Rosa et Tournesac - 10 juillet 2014

Étaient présents :

Experts du Groupe de Travail (GT)

Membres de l'Anses (Anses)

Invité : D^r Bernard Rosa (BR) et D^r Philippe Tournesac (PT)

Audition des D^r Bernard Rosa et Philippe Tournesac

GT : Vous avez trouvé cette petite liste de questions. Nous allons commencer par le début. Depuis combien de temps vous intéressez-vous aux personnes qui se plaignent de l'hypersensibilité électromagnétique et comment en êtes-vous arrivés à vous y intéresser ?

PT : Je comptais me présenter en même temps, car cela fait partie de mon cursus. Je suis généraliste et j'ai suivi des orientations diverses, depuis l'acupuncture jusqu'à la biologie. Je m'occupe de deux diplômes universitaires sur les pathologies neurofonctionnelles et sur les biomarqueurs en santé nutrition » (avec des personnes qui viennent de Clermont-Ferrand, Lyon ou Limoges). Je reviendrai sur le sujet, pour expliquer pourquoi je m'intéresse aux rayonnements électromagnétiques.

Pourquoi les ondes électromagnétiques ? Il y a pas mal d'années, je me suis retrouvé invité dans une association à Paris qui s'occupait de ce que l'on appelait la spasmophilie. Vous en avez certainement entendu parler quelque part. La présidente de cette association dirigeait deux associations : une qui réunissait des thérapeutes d'horizons très divers, et une autre qui réunissait des patients. Les thérapeutes se réunissaient pour discuter de ce qu'ils pensaient. La présidente, madame Goreux Marois, épouse du P^r Marois, un académicien, s'occupait de ces problèmes d'hypersensibilité. Dans l'association, puisqu'à l'époque on ne parlait pas des ondes électromagnétiques, beaucoup de spasmophiles se plaignaient déjà de sensibilité aux appareils électriques. À l'époque, nous avons déjà des fours à micro-ondes – c'était dans les années 1990. Cette association avait comme objectif de répertorier les plaintes diverses de ces personnes. L'association remettait un questionnaire à ses adhérents. Je pourrai vous en donner le texte. Une phrase portait justement sur la sensibilité aux appareils électroménagers. À partir de ces très nombreux questionnaires, remis à environ 3 000 personnes sur une petite dizaine d'années, nous avons pu identifier un questionnaire de terrain pour les hypersensibles. L'idée était de pouvoir identifier les hypersensibles et de voir comment on pouvait les prendre en charge. Dans ce questionnaire, qui a 13 items, l'idée est d'avoir une majorité d'items positifs. Il y a donc un score à atteindre pour être identifié comme hypersensible. Nous l'avons validé sans le publier, mais nous avons ainsi pu identifier les hypersensibles plus facilement et sortir de la méthode diagnostic de l'époque : l'électromyogramme. Nous pouvions donc, juste avec un interrogatoire, identifier les personnes hypersensibles.

En 2000, J'ai rencontré, dans le cadre d'un diplôme en médecine prédictive à Clermont-Ferrand, madame Madeleine Madoré, qui s'intéressait déjà aux ondes électromagnétiques.

Notre réflexion sur l'hypersensibilité nous a permis de nous apercevoir que beaucoup de pathologies concernaient ces personnes hypersensibles quand elles décompensaient (fibromyalgies, syndromes de fatigue chronique, hypersensibilités chimiques multiples, TDAH etc.). J'ai commencé à les regrouper sous la terminologie « pathologies neurofonctionnelles ». Nous avons imaginé ce terme, car il fallait donner un nom au diplôme universitaire que nous avons créé à Dijon il y a une dizaine d'années. Quelques années après, M. Yunus, que vous connaissez si vous vous intéressez à la fibromyalgie, qui a donné son nom aux points pour la détection de la fibromyalgie, a défini dans des publications ce que l'on appelle un syndrome d'hypersensibilité ou

de « sensibilisation » (le terme anglais est difficile à traduire : *sensitization syndrome*) et beaucoup de publications ont repris l'idée. Il existe de nombreux points communs entre ces affections. Des patients viennent nous consulter parce qu'ils sont fatigués, ou parce qu'ils ont des douleurs, des troubles digestifs, une instabilité de la vessie, *etc.*, mais en analysant l'ensemble des symptômes, nous retrouvons toujours à peu près les mêmes, même si chaque patient a une plainte prédominante.

Je me suis retrouvé président de l'association, qui à l'époque s'appelait « groupe recherche spasmophilie », qui est maintenant rebaptisée « association de recherche sur les troubles neurofonctionnels ». Je suis toujours président de cette association, et membre de l'association internationale du syndrome de fatigue chronique. J'y ai entre autres présenté mes travaux sur les points communs et la problématique de la détection précoce de l'hypersensibilité, pour éviter que les personnes arrivent à des stades où la décompensation devient importante et où leur état devient assez invalidant. En particulier, dans le cas du syndrome de fatigue chronique, les niveaux d'invalidité peuvent être proches, voire supérieurs de ceux de la sclérose en plaques ou de la polyarthrite rhumatoïde, qui sont des maladies très invalidantes. On parle aussi, dans les réunions sur le syndrome de fatigue chronique, de l'hypersensibilité aux ondes électromagnétiques et de l'hypersensibilité aux produits chimiques. La différence est que je ne m'intéresse pas seulement aux symptômes principaux, mais plutôt à la façon dont les personnes les ressentent, pour essayer d'améliorer leur hypersensibilité plutôt que de lutter contre la douleur ou un facteur environnemental. Même s'il faut parfois s'en occuper, mon orientation a été plutôt basée sur le patient et les personnes hypersensibles.

BR : Je vais vous donner une réponse un peu bizarre. Je ne me suis pour ainsi dire jamais intéressé à l'hypersensibilité. Cela m'est tombé dessus un peu par hasard. Une nuit, en me promenant, j'ai vu arriver une personne qui arrivait d'une rue perpendiculaire qui marquait le pas d'une manière particulière. J'ai alors dit aux personnes qui m'accompagnaient : « Nous allons croiser quelqu'un qui boite ». Elles m'ont alors répondu : « Arrête ! Débranche ! » Chaque fois que mon cerveau hyperfonctionnait, je le « débranchais », mais un jour, il m'a dit : « Si cette personne qui fait autant de bruit en marchant avait vécu à l'époque des hommes des cavernes, elle n'aurait pas survécu ! Elle n'aurait pas pu attraper de gibier et se serait fait repérer par les prédateurs. » J'étais surpris qu'il n'existe pas de tabou social sur le talonnement et je me suis demandé s'il existait des signes cliniques sur le talonnement du pas.

Comme ces personnes sont assez facilement repérables, car je les entends quand elles entrent dans mon cabinet, j'ai commencé à chercher un tableau clinique précis. En ostéopathie, assez rapidement, on peut rechercher des points d'acupuncture et des points réflexes associés. En quelques secondes, on peut obtenir un tableau clinique assez précis. Il était toujours pratiquement le même, avec une douleur à la face antérieure de C1 (première cervicale), une dermalgie qui correspond aux reins, une douleur située à la face inférieure du pubis, une douleur sous le pied qui talonnait. Tout se trouvait toujours du même côté. Suivant des travaux qui avaient eu lieu par ailleurs, j'ai essayé un massage de leur fosse rénale, et effectivement, les patients avaient alors tendance à remarcher normalement et à ne plus ressentir de douleurs. Ces douleurs étaient très étranges, très protéiformes, et correspondaient à ce qui pourrait s'apparenter à des fibromyalgies. J'étais assez surpris. J'ai eu une démarche assez contraire de celle de mon collègue : j'ai trouvé un syndrome puis j'ai trouvé des patients qui correspondaient, puis leurs symptômes. Ces patients ne représentaient qu'environ le cinquième ou le dixième de mes patients. Les douleurs étaient presque toujours situées du côté droit.

Comme j'ai eu la réputation de régler certains problèmes, j'ai vu arriver une personne électrohypersensible, et j'ai eu la surprise de voir que le syndrome était bilatéral chez ce patient. C'était pratiquement la première fois que je voyais un tel cas, mais étant donné que j'arrivais à soulager le syndrome d'un seul côté, cela pouvait aussi fonctionner des deux côtés. J'ai effectué un massage de la fosse rénale et la personne a connu une nette amélioration de son état.

Il ne faut pas croire que le talonnement du pas est simplement dû à un problème de fosse rénale. On peut aussi bien avoir affaire à de véritables pathologies organiques : des tumeurs rénales

(bénignes ou malignes), des infections, des kystes rénaux, etc. De temps en temps, il m'arrive de faire faire des examens aux patients et de trouver des pathologies organiques. Une personne qui possède par exemple un os surnuméraire dans le pied peut être conduite à marcher sur l'arrière du pied, ce qui entraîne un talonnement. Tant que l'on ne connaît pas la cause du talonnement, malgré les massages, le syndrome finit toujours par revenir. Je me suis aussi retrouvé avec des personnes hypersensibles qui vivaient dans des grottes – comme on en voit parfois dans les reportages – et deux d'entre elles ont finalement pu quitter leur grotte. Trois autres sont venues. Je leur ai expliqué qu'elles avaient certainement une anomalie du pied, leur conseillant de passer une radio. Elles m'ont répondu qu'elles ne le souhaitaient pas, à cause des ondes électromagnétiques. Je leur ai expliqué que si je ne pouvais pas connaître la nature de leur anomalie, je ne pouvais pas les guérir. Elles ne sont jamais revenues ; je ne sais donc pas ce qu'elles sont devenues. En tout cas, quand on les massait, ces personnes allaient mieux.

Les soins aux personnes hypersensibles aux ondes électromagnétiques sont une composante assez marginale de ma pratique professionnelle, mais étant donné que j'arrive à en guérir, des personnes viennent à moi. Le syndrome bilatéral est extrêmement rare dans la clientèle (peut-être un sur 100 ou sur 200), mais la plupart des personnes qui se déclarent électrosensibles présentent un syndrome bilatéral. Les symptômes peuvent disparaître pendant un certain temps, puis réapparaître, par exemple à l'occasion d'une chute. Le massage parvient à les soulager à nouveau, à condition qu'il n'existe pas d'autres causes sous-jacentes. Cela ne fonctionne pas systématiquement.

Voici un premier cas. Le patient se plaint de symptômes bizarres, mais n'a jamais entendu parler l'électrosensibilité. C'est le cas idéal. Je peux tester les points, faire marcher le patient, le masser, et il se sent mieux. Puis quand je l'interroge, il m'explique qu'il sentait l'électricité passer dans son corps. Ces patients se portent généralement mieux, et je les revois de temps en temps après une chute, et cela fonctionne bien. Certains patients se disent électrosensibles, mais le syndrome est absent. L'un des tests qui fonctionnent bien (mis au point par le Dr Tournesac) consiste à leur poser un téléphone portable sur le corps. Chez les électrosensibles, on voit alors apparaître une dermalgie, c'est-à-dire un épaississement cutané local et induré. La dermalgie disparaît quand on retire le téléphone. Elle n'apparaît pas si le téléphone n'est pas connecté. Pour avoir testé d'autres formes de dermalgie avec d'autres pathologies, je sais, ce n'est pas un phénomène psychologique. Il s'agit véritablement d'un phénomène réflexe, au même titre qu'une personne paralysée ne ressent pas la douleur sur un membre.

Certains de ces patients ont été soulagés – un certain nombre, mais pas tous. Dans ce cas, je n'arrive pas à trouver la cause du talonnement du pas, je n'arrive pas à le guérir. Certains patients sont « enkystés » dans une demande de reconnaissance plus qu'autre chose. Dans ce cas, même si les signes disparaissent, les patients ont tendance à nier.

J'en ai guéri un certain nombre qui ont demandé à ce qu'une étude soit effectuée. Nous sommes allés à Paris, dans des conditions qui n'étaient pas idéales. Nous n'avions qu'une seule pièce, alors que nous aurions dû avoir une zone pour les personnes non sensibles aux ondes électromagnétiques. Nous avons fait une étude sur une douzaine de patients. Le syndrome était présent et les taux de corrélation étaient « bons » ou « très bons ». En voyant apparaître puis disparaître une dermalgie, on sait que ce n'est pas un phénomène subjectif.

Honnêtement, lorsque les électrosensibles viennent chez moi, ils me « gonflent » un peu : je dois leur consacrer beaucoup de temps et je ne peux pas les faire payer le coût que cette consultation mériterait. Je fais mon travail consciencieusement et je les guéris du mieux possible, mais je ne cherche pas à développer ce type de clientèle, qui n'est pas « rentable ». Je préfère m'occuper de quelqu'un qui souffre d'une entorse de la cheville, c'est beaucoup plus rapide !

GT : Quelle est votre pratique principale ?

BR : La médecine manuelle et l'ostéopathie. Lorsque j'ai passé mes diplômes d'ostéopathe, j'ai fini deux fois major de promotion. J'ai aussi obtenu l'année dernière le prix de la meilleure publication au niveau national dans la Revue de médecine manuelle et d'ostéopathie, qui est la référence

dans ma spécialité. Je suis très peu compétent dans de nombreux domaines, mais celui-là, je le connais bien.

GT : Vous ne pratiquez donc pas la médecine générale...

BR : Il n'existe qu'une médecine. Si un patient souffre de douleurs à la gorge, le problème peut être dû à des reflux gastriques ou à de nombreuses autres pathologies. Je ne reçois que rarement des patients qui viennent me consulter pour un rhume – cela doit m'arriver une fois par mois. De temps en temps, on m'amène des enfants qui souffrent de rhinopharyngites récidivantes, par exemple. Je les traite, mais avec une conception ostéopathique du problème. J'ai beaucoup travaillé sur les notions de gestuelle corporelle, et j'ai donc une grande expérience dans ce domaine. Cela me fait d'ailleurs sourire quand on explique à une mère qu'il faut nourrir un bébé couché et que cinq minutes plus tard, il faut au contraire le redresser pour lui donner à manger. Personne n'est capable de manger couché, pas plus un bébé qu'un adulte. Cela favorise d'ailleurs les reflux gastriques.

GT : Cette étude a donc été réalisée sur la base d'une expérience de quelques années, et à Paris. M. Tournesac l'a donc organisée...

BR : Je l'ai organisée et nous l'avons réalisée chez lui.

PT : Mon confrère avait besoin que nous soyons deux pour examiner les patients. Nous les avons tous les deux examinés, si ce n'est que nous n'avions qu'une seule pièce pour les consultations.

GT : Avez-vous également une pratique ostéopathique ?

PT : Nous avons une grande partie de nos formations en commun, l'ostéopathie fait partie de ma pratique quotidienne.

GT : Vous vous êtes donc associés pour cette étude...

PT : Nous nous connaissons depuis pas mal d'années. Nous avons souvent l'occasion de discuter ensemble sur de tels sujets.

BR : Paris a l'immense avantage que les électrosensibles pouvaient venir beaucoup plus facilement qu'en Haute-Savoie.

PT : L'association Robin des Toits était demandeuse.

BR : J'ai soigné plusieurs membres de cette association.

PT : Elle avait estimé qu'il serait intéressant de mener un travail un peu plus poussé. Nous n'avons pas les moyens de financer complètement une recherche, car il fallait payer des assurances, comme vous le savez. Je suis un ancien membre de comités consultatifs pour la recherche biomédicale, et je connais donc bien les protocoles. Nous avons plutôt choisi d'observer de volontaires et de recueillir des informations auprès d'eux.

GT : Est-ce que vous continuez, l'un et l'autre, à recevoir des patients ?

PT : Ma patientèle est principalement constituée de personnes hypersensibles (certaines aux produits chimiques, d'autres aux ondes électromagnétiques, etc.). Mes consultations sont généralement très longues (de l'ordre d'une heure). J'ai le temps d'approfondir le cas de mes patients. J'ai également une approche psychologique avec eux. Je considère que dans ces syndromes, à partir du moment où l'on peut identifier des personnes hypersensibles sans qu'elles le sachent, et sans avoir la volonté de les stigmatiser, on voit deux groupes apparaître : un de patients qui ne se rendent pas compte de leur sensibilité, mais qui décrivent les mêmes symptômes que ceux qui s'en plaignent, et un de patients qui sont très focalisés sur l'électrohypersensibilité. Lorsqu'ils sont obsédés par cette sensibilité, ils sont traumatisés. Par analogie, une personne qui a eu un accident de la route peut éprouver des difficultés à remonter en voiture, mais la voiture n'est pas forcément le principal danger pour elle. Je connais des cas de patients qui ont été profondément traumatisés, par exemple un jeune qui travaillait en tant que radio-opérateur pour l'Armée, qui se porte très bien aujourd'hui, mais qui a eu besoin d'un traitement global dont une partie psychologique, comme dans le cas d'un syndrome « post-

traumatique ». J'utilise donc pour cela des techniques connues EMDR TIPI. On a de meilleurs résultats si on traite les symptômes physiques par diverses méthodes, comme celle découverte par le D^r Rosa, et que l'on s'occupe aussi du syndrome post-traumatique.

GT : Je pense que l'on peut ouvrir la discussion.

GT : J'ai une précision à demander : comment observez-vous les dermalgies ? En combien de temps apparaissent-elles ? Comment avez-vous eu l'idée d'utiliser un téléphone ?

BR : Vous posez le téléphone sur une zone de peau et vous avancez d'un ou deux millimètres à chaque fois, et la peau reste fine. Lorsqu'une zone est perturbée, la peau devient beaucoup plus épaisse, elle est douloureuse, et elle n'a pas du tout la même consistance. J'ai signé un certain nombre de publications sur l'embryogenèse de ce phénomène. Lorsque les neurones sensitifs se mettent en place, ils établissent des réflexes vasculaires au niveau médullaire qui permettent de mettre en relation le derme, l'épiderme et le muscle sous-jacent. Peu importe que le muscle change de place ensuite : ces réactions réflexes demeurent, et gagnent les tendons et les viscères. C'est très rapide : en deux minutes, on peut explorer une zone importante.

Dans ce cas, l'ostéopathie ne donne pas un diagnostic médical, mais simplement un diagnostic de localisation. Cela permet uniquement de savoir qu'un phénomène est à l'œuvre à un endroit donné. Il faut aussi aborder le diagnostic médical. Un de mes amis, à qui j'ai montré la technique de recherche des dermalgies, a dû trouver quatre cas de cancer du rein à partir de dermalgies rénales. On peut donc avoir affaire à des pathologies organiques : des kystes, des calculs, des atrophies ou des ptoses rénales. Toutefois, dans peut-être 90 % des cas, l'origine de la pathologie n'est pas organique, mais fonctionnelle. Lorsque la personne talonne en marchant, les reins ont tendance à s'accrocher au diaphragme et à entrer en contact avec les masses musculaires. La personne a alors tendance à se pencher en arrière, ce qui accentue le phénomène de talonnement. Quand on demande à ces patients de marcher normalement, ils n'y arrivent pas, mais une fois qu'ils se sont mis à quatre pattes, que leur fosse rénale a été massée, ils recommencent à marcher normalement. J'ai fait l'expérience lors de la journée de formation des enseignants moniteurs en ostéopathie.

Je leur ai proposé d'examiner un grand sportif, et je leur ai annoncé la liste des symptômes que nous n'observerions pas chez lui. Ils se demandaient pourquoi nous allions examiner une personne qui ne souffrait d'aucune pathologie – et effectivement, c'était le cas. Je lui ai pourtant annoncé qu'en se relevant, il allait se mettre à talonner en marchant. Le syndrome est apparu complètement. Je lui ai demandé d'essayer de marcher sans talonner et il n'a pas réussi. Je lui ai ensuite massé la fosse rénale et le syndrome a totalement disparu. J'ai ensuite pu faire réapparaître le syndrome. N'importe qui, et pas nécessairement quelqu'un d'hypersensible, peut donc manifester les symptômes.

Pourquoi les hypersensibles ont-ils ce syndrome et pourquoi talonnent-ils des deux côtés ? Je l'ignore totalement. J'ai découvert ce phénomène par hasard et je n'ai pas d'explication.

GT : Quel est le rôle du téléphone allumé ?

BR : Quand je pose le téléphone sur la personne, la dermalgie n'apparaît pas, jusqu'à ce que j'allume le téléphone. De temps en temps, je leur annonce que le téléphone est allumé alors qu'il est éteint pour voir comment leur corps va réagir, mais la dermalgie n'apparaît pas. Inversement, la dermalgie apparaît lorsque je leur fais croire que le téléphone est éteint alors qu'il est allumé. Le phénomène est indépendant de ce que pensent les patients.

GT : La dermalgie apparaît-elle à l'endroit où le téléphone est posé ?

BR : Non. Quel que soit l'endroit où je pose le téléphone, elle apparaît toujours au même endroit (paraombilical unilatéral).

PT : Pourquoi à cet endroit ? Nous n'avons pas vraiment d'explication. Cela faisait longtemps que nous travaillions ensemble sur des problèmes d'intolérance alimentaire et d'allergies. Nous avons commencé par des personnes qui tolèrent mal les produits laitiers, ce qui est assez fréquent. Nous avons constaté que la plupart des personnes qui présentaient une dermalgie paraombilicale

avaient une intolérance aux produits laitiers. Ce n'était pas systématique, mais fréquent. Lorsqu'elles arrêtaient les produits laitiers, la dermalgie disparaissait, puis réapparaissait en consommant à nouveau des produits laitiers.

Je me suis intéressé aux patients qui n'avaient pas de dermalgie spontanée. J'ai essayé de voir si ce type de dermalgie pouvait être déclenché au contact d'autres objets. Chez des personnes qui souffrent d'allergies au pollen, par exemple, au contact avec des extraits de pollen, la dermalgie apparaît. On peut toujours dire que le neuvième métamère est au niveau de l'intestin grêle, où se trouve 70 % du système immunitaire, mais ce n'est qu'une simple hypothèse. Je n'avais jamais pensé à voir ce que cela donnait avec un téléphone et j'ai commencé à voir qu'en posant des téléphones sur des patients, certains avaient une réaction au niveau du neuvième métamère, avec une douleur dans le neuvième intercostal. Ils se mettent à éprouver des réactions physiques – certains en ont certainement dans la salle. Par contre, chez certains autres, cela n'a aucun effet. Pourquoi ? Nous manquons d'explications.

GT : Ce phénomène est-il transitoire ? Sait-on ce qui se passe ? Pourquoi cet épaissement ? Est-ce dû à un flux sanguin à un endroit donné de la peau ?

BR : Avant de répondre à la question, j'aimerais donner une précision. Cela ne se traduit pas seulement par une dermalgie. En même temps que la dermalgie, nous voyons systématiquement apparaître une contracture musculaire entre la neuvième et la dixième côte, et une douleur au niveau de l'intestin grêle, qui n'existe ni avant ni après. Quand on arrête l'expérience, les trois signes disparaissent simultanément, comme ils étaient apparus simultanément. D'après les travaux de Jarricot, un médecin français qui a publié une thèse sur les liens et les points cutanés, les dermalgies et les pathologies organiques. Ceux qui ont travaillé sur la question estiment qu'il s'agit d'un réflexe vasculaire sympathique. C'est ce que nous pensons à l'heure actuelle. L'épaississement apparaît très rapidement, en trois ou quatre secondes.

PT : Les dermalgies sont beaucoup utilisées en médecine orthopédique. Le Professeur Maigne a beaucoup travaillé sur la vertébrothérapie. Ce médecin a développé une méthode mécaniste pour travailler sur le rachis et l'ostéopathie. Il a beaucoup étudié les métamères à travers des zones de dermalgie.

GT : La dermalgie n'apparaît donc pas que dans la zone paraombilicale...

BR : Elle peut apparaître partout. Chaque dermalgie est spécifique d'un muscle et certains muscles travaillent avec certains organes très précis. Avec le D^r Tournesac et quelques autres, nous avons fait une étude très intéressante. Nous avons démontré – c'est surprenant, mais cela fonctionne – qu'un type de dermalgie spécifique disparaissait juste avec un apport de zinc. Lorsque ces patients prennent du zinc, la dermalgie disparaît, mais lorsqu'ils oublient le zinc, elle réapparaît. Lorsqu'ils prennent du zinc, leurs symptômes disparaissent, mais lorsqu'ils n'ont pas pris assez de zinc, la dermalgie et les symptômes reviennent. Nous avons publié une étude sur le sujet.

GT : Ce symptôme clinique n'est pas enseigné dans les facultés de médecine...

BR : Pas à ma connaissance.

GT : J'ai fait des cours de sémiologie il y a longtemps, mais je pense que cela n'a pas beaucoup évolué depuis. On ne connaissait pas les dermalgies. Vous avez une piste, dans une situation où nous sommes dans le flou en ce qui concerne l'hypersensibilité électromagnétique, avec le contexte social actuel. Nous aimerions bien trouver quelque chose d'objectif. C'est en cela que votre démarche nous intéresse. Nous aimerions savoir comment vous envisagez de pouvoir la valider.

PT : Je vais essayer de mettre en place un travail plus approfondi, mais il faut de l'argent : cela devient le nerf de la guerre ! Sans effectuer totalement d'expériences en double aveugle, on peut effectuer des tests. On peut par exemple poser un drap d'examen afin que le patient ne sache pas ce qu'on lui pose sur le corps, et observer les réactions. Cela permettrait de valider l'apparition (ou la non-apparition). Pour ce qui est de la corrélation avec les symptômes, le problème est que,

comme je vous l'ai expliqué tout à l'heure, dans la population, nous aurons des patients électrosensibles, mais qui l'ignorent, et d'autres qui pensent être électrosensibles. Il faudrait donc « faire le ménage » et constituer des groupes différents. Il faut ensuite prévoir des protocoles d'intervention pour améliorer la situation de ces personnes.

BR : Et maintenant, des ostéomédecins s'en occupent aussi.

PT : Oui, mais ils ne s'occupent pas tellement des dermalgies.

BR : Ils peuvent apprendre.

GT : Tout médecin peut rechercher des points douloureux, mais la dermalgie est quelque chose de plus spécifique.

PT : Ce n'est pas très compliqué. J'enseigne à Dijon et cela s'enseigne en une demi-journée.

GT : Si on veut valider l'hypothèse, il faudrait faire l'expérience sur une population suffisamment importante, et avec des médecins diversifiés, qui puissent apporter de la robustesse au test.

BR : L'épaississement est visible dans une dermalgie : on passe de 1 à 1,5 ou 2 centimètres [incompris : ou millimètres ?]. Il n'y a qu'un petit pourcentage de la population qui possède une peau très fine – une personne sur cent peut-être – ou la dermalgie n'est pas fiable.

PT : Comme le panicule sous-cutanée est très fin, la variation est trop légère.

BR : Ce n'est pas fréquent du tout. On dit que la pose du téléphone portable fait apparaître une dermalgie, mais une pathologie préexistante peut déjà l'avoir fait apparaître.

PT : Dans notre groupe, nous avons deux cas de personnes qui avaient déjà une dermalgie. Je vous ai expliqué le problème de l'intolérance aux produits laitiers. La dermalgie apparaît de façon chronique : les patients consommant ces produits tous les jours, ils s'autostimulent en permanence. La première étape est donc de faire disparaître la dermalgie pour pouvoir les tester.

BR : Le cas de la peau fine représente environ 1 % de la population. Dans ce cas, en tant que médecins ostéopathes, nous « trichons » et recherchons les points musculaires.

PT : Dans le protocole, je pense que nous serons obligés de procéder en deux temps, d'abord pour faire disparaître complètement la dermalgie, puis en la faisant réapparaître. En pratique, en ostéopathie, on peut aussi travailler sur l'intestin grêle

BR : Ce n'est pas possible dans une étude.

PT : Je comprends votre interrogation sur les dermalgies. Je me suis toujours demandé pourquoi des examens pratiqués par des centaines, voire des milliers de médecins, ne sont pas du tout évoqués à l'université.

GT : Une petite question : quand vous posez le téléphone sur la peau d'un patient, pourquoi en concluez-vous que ce sont forcément les ondes qui sont en cause ? Ne peut-il pas s'agir de courants ? Avez-vous fait la même expérience avec une pile électrique ?

PT : C'est une bonne question ! Je veux bien essayer !

GT : De même, vous pouvez, au lieu de poser directement le téléphone sur la peau, l'emballer dans du polystyrène, par exemple. Le niveau du champ serait presque équivalent.

PT : Il est compliqué de produire un courant électrique sans champ électromagnétique...

GT : Vous pouvez utiliser une pile. Si on fait passer du courant dans la peau localement, est-ce que cela peut créer le même phénomène ? Je ne suis pas médecin, mais je pense que cela peut recréer le phénomène.

PT : Je vais faire l'expérience, car cela m'intéresse. Votre autre question consiste donc à mettre le téléphone à proximité de la peau, mais pas au contact. Techniquement, c'est assez compliqué... Il faudrait que j'installe un fil au plafond...

GT : Non. Vous pouvez utiliser du plexiglas.

PT : Si c'est l'épaisseur d'un plexiglas, cela ne suffit pas à isoler...

GT : Il faudrait séparer les effets électriques. Si l'on fait passer du courant dans la peau...

PT : Si vous avez du temps, nous pourrions presque vous montrer comment cela fonctionne. Y a-t-il quelqu'un dans la salle qui est électrosensible ou qui pense l'être ?

Apartés.

GT : Beaucoup de travaux ont été menés sur la variabilité individuelle. Cela dépend en partie seulement de l'épaisseur de la peau. Ces techniques ont été pas mal développées à une certaine époque. Des appareils permettent d'effectuer des mesures. Le seuil de perception se situe dans l'ordre du millivolt.

GT : Il suffit que je touche un objet pour ressentir l'électricité.

PT : Nous ne parlions pas de cela, mais d'hypersensibilité. Il s'agit d'une réaction qui n'est pas anormale, mais excessive.

GT : Vous avez fait une étude en posant un téléphone sur des personnes. Avez-vous publié vos résultats ?

PT : Nous avons essayé, mais nous avons eu des refus de publication. On m'a demandé d'expliquer comment cela fonctionnait et j'ai beaucoup de problèmes à ce niveau, étant donné qu'il s'agit d'une observation. Je fais beaucoup de choses, et entre les mémoires de mes élèves, les examens que je dois corriger, etc. Nous pourrions essayer de publier ces travaux dans des revues avec une simple hypothèse.

GT : Vous pouvez vous contenter du descriptif.

PT : Nous l'avons fait. Le refus de publication ne venait pas de là, mais de l'absence d'explications.

GT : Avez-vous constaté des différences entre les différentes générations de téléphones ?

PT : Je n'ai pas fait d'évaluation sur le sujet.

GT : L'endroit où le téléphone est posé influe-t-il sur le résultat ?

PT : Non. J'ai effectué des tests et le phénomène est indépendant de l'endroit où le téléphone est posé.

BR : J'ai aussi fait le test en posant le téléphone discrètement. Cela ne change rien.

PT : Il y a tout de même un problème méthodologique : le lieu où nous avons effectué l'expérience était muni de Wi-Fi. J'ignore si les patients n'ont pas commencé à réagir à ces ondes. Il faudrait que nous puissions faire l'expérience dans un lieu suffisamment isolé.

GT : Avez-vous regardé si en éloignant le téléphone, la réaction disparaissait ?

GT : Le manuscrit que vous m'avez envoyé il y a quelques années, et que j'ai diffusé, n'est pas publiable en l'état. Vous n'auriez pas pu obtenir une publication dans une revue médicale sérieuse, même en France.

PT : Pourtant, nous avons fait traduire cette étude en anglais.

GT : Il est intéressant de voir que deux personnes différentes sont capables d'identifier les mêmes symptômes, mais tel que l'étude a été faite, effectivement...

BR : Il n'aurait pas fallu non plus que nous soyons dans la même salle. Il y a de nombreux aspects que nous n'avons pas maîtrisés.

GT : Le test de la dermalgie, c'est vous qui le déterminez. Y a-t-il des machines qui peuvent mesurer l'apparition de la dermalgie de façon objective ?

PT : Pas à ma connaissance ?

GT : Peut-on mesurer la contraction musculaire ?

PT : Je ne peux pas vous répondre. Certains patients doutent parfois, et pensent qu'ils ont mal parce que nous appuyons trop fort. Je leur demande alors d'appuyer eux-mêmes.

Je pense qu'en cherchant, nous pourrions trouver des appareils. Je sais que pour la fibromyalgie, nous avons effectué beaucoup de recherches pour trouver des appareils appliquant une pression précise. Nous avons beaucoup de difficultés, car la pression peut être relative : l'épaisseur de la peau peut jouer, et la constitution de la personne peut aussi jouer. Certains peuvent avoir une réaction importante alors que nous n'appuyons que légèrement. C'est la raison pour laquelle nous effectuons un premier examen...

BR : J'ai lu une étude sur le sujet, qui indiquait que la température cutanée avait tendance à diminuer en présence d'une dermalgie. J'ai lu cela il y a de nombreuses années.

GT : Si j'ai bien compris, la dermalgie paraombilicale unilatérale apparaît en présence du téléphone...

BR : Et elle disparaît quand on le retire.

GT : Dans le cas de la fibromyalgie, observe-t-on une telle localisation ?

PT : Le diagnostic est différent.

GT : Si j'ai bien compris, la dermalgie est reliée à un dysfonctionnement rénal.

PT : C'est là que l'explication devient plus compliquée. On applique un protocole qui, pour nous, s'appelle un massage rénal. Nous massons des tissus, mais nous ne savons pas exactement ce que nous massons. Objectivement, nous ne pouvons pas être sûrs que nous massons les reins.

GT : Les reins sont à cheval sur les dernières côtes flottantes et sur loge lombaire. Est-ce que vous massez uniquement la loge lombaire ou est-ce que vous remontez ?

PT : Nous partons sous les côtes et nous remontons en longeant leur bord inférieur.

BR : Il faut que la personne soit décontractée. J'ai eu le cas plusieurs fois, de patients qui se plaignaient que le traitement n'ait pas marché, alors que la personne avait oublié par exemple d'installer le coussin – je demande aux patients de se mettre à genoux sur un coussin. Le fait de ne pas avoir de coussin sous les genoux faisait qu'ils avaient mal, et ils se contractaient. Avec le coussin, en effectuant le même massage, la douleur disparaissait.

PT : J'ai fait évoluer le protocole. On peut effectuer le même massage dans différentes positions. Le protocole voulait plutôt que le patient soit relâché, penché en avant sur une chaise, mais c'est aussi bien avec en décubitus dorsal.

BR : Je n'ai pas testé.

PT : C'est le même massage. La personne doit être bien relâchée. Lorsque les patients repartent, il faut aussi leur apprendre à marcher sans talonner. Cela fait aussi partie du protocole. Sachant qu'ils ne vont pas pouvoir rééduquer leur marche toute de suite et qu'il peut y avoir d'autres causes déclenchantes, nous leur demandons aussi de se faire un automassage quotidien pour pouvoir éviter le cercle vicieux. Le concept de cercle vicieux est assez essentiel dans beaucoup de pathologies neurofonctionnelles, que ce soit au niveau biologique, de l'équilibre magnésium/stress, ou de ce que l'on évoque aujourd'hui. Pour casser un cercle vicieux, il faut agir à plusieurs niveaux à la fois. Avec une action à un seul niveau, on a très peu d'efficacité.

BR : Appelons un chat un chat : un certain nombre de personnes déclenchent le syndrome juste parce qu'elles ne veulent pas avancer et qu'elles marchent en arrière dans leur vie.

GT : Et si vous leur dites ?

BR : Je ne le fais jamais. Je commence par les soulager. À la deuxième séance, je leur demande s'ils ne pensent pas que le fait d'avoir vécu telle ou telle autre expérience aurait pu avoir un effet. Ils répondent alors que c'est peut-être vrai. Je leur explique que ce n'est pas en avançant à

reculons qu'ils iront mieux. Ils se remettent alors à avancer. Lorsqu'ils sentent revenir ces points, les inconvénients que cela leur cause sont tellement importants qu'ils repartent de l'avant. Certains ont décidé de recommencer à avancer, quitte à résoudre leurs problèmes familiaux. Ils comprennent qu'ils ne peuvent plus vivre de cette façon, et qu'il faut qu'ils résolvent leur problème. Mon premier travail est donc de soulager le problème, puis de leur expliquer qu'il existe peut-être une autre cause.

GT : Et ils vous entendent...

BR : Ils sont prêts à l'entendre et ils commencent à avancer. Je ne leur explique jamais la première fois.

GT : J'imagine bien, mais la réticence de certains à entreprendre une thérapie comportementale... Vous en faites une de manière déguisée, avec un côté rassurant, car votre discours peut être de nature à les rassurer.

BR : Dans la mesure où la personne a un point de contrôle, c'est fondamental. Après une mauvaise journée, en ressentant la douleur en touchant son point de contrôle, elle sait qu'elle peut se soulager. La dysfonction C0/C1 est très liée à l'humeur et aux tendances dépressives. Lorsque la jonction C0/C1 refonctionne, les patients arrivent à mieux réfléchir. J'ai connu des enfants qui étaient pratiquement considérés comme des attardés mentaux à l'école. Un enfant qui souffrait d'une dysfonction C0/C1 était le cancre de la classe. Je l'ai « récupéré » et à la troisième séance, la mère est arrivée toute fière pour m'annoncer qu'il avait eu la meilleure note de la classe à sa dernière composition de maths. La mère a dit à son enfant : « Tu vois, quand tu veux, tu peux ! » Il a haussé les épaules en disant : « Je ne peux pas travailler plus, mais maintenant, quand maman me parle, je comprends ce qu'elle me dit ! »

PT : Dans les articles, on n'a pas suffisamment introduit l'idée que les dysfonctionnements cérébraux pouvaient être liés à des blocages ostéopathiques. Ce sont plus des réflexes neurovégétatifs que des obstructions vasculaires. Je remets en cause ces théories, avec lesquelles je ne suis pas du tout d'accord.

BR : Je connais beaucoup de personnes qui ont des céphalées et qui ont ce syndrome. Une fois le problème de talonnement du pas résolu, les céphalées cessent. Quand les personnes recommencent à talonner, les céphalées reviennent. Elles touchent leur point, commencent à se masser, et les céphalées disparaissent.

GT : Il y a une chose que je n'ai pas très bien comprise. Le test de la dermalgie avec le téléphone vous permet-il de détecter une population d'hypersensibles aux ondes ou est-ce que les personnes hypersensibles répondront au téléphone ?

PT : Nous avons un recrutement différent. Je vois beaucoup de personnes hypersensibles, ce qui fait un gros biais. En plus, dans la région parisienne, nous avons beaucoup plus de personnes qui sont dans des situations difficiles à plus d'un titre. Je vois aussi des patients qui viennent d'un peu partout en France. C'est ma conviction. J'aimerais pouvoir aller plus loin. J'ajoute que dans mes derniers travaux sur le syndrome de fatigue chronique, une sous-population m'a semblé intéressante. Dans la population, on trouve pas mal de personnes déficitaires en vitamine B12, qui peuvent avoir une déficience neurologique. Beaucoup de personnes qui ont une déficience en vitamine B12 et qui sont hypersensibles souffrent beaucoup plus des symptômes de brûlure cutanée. Il est donc intéressant de prendre en charge cet aspect.

GT : Vous avez parlé d'hypersensibilité en général, vu sous l'angle médical. Est-ce que vous établissez un lien avec le concept d'hypersensibilité qui a été développé sur le plan de la psychologie, notamment par l'équipe d'Aron aux États-Unis ? Ces traits de caractère ont été rassemblés.

PT : Ils ne l'abordent que selon l'aspect psychologique des choses. Parmi les personnes hypersensibles, il y a des caractères que l'on peut retrouver.

BR : J'ai un bon nombre de patients qui ont des anomalies de pieds, ce qui fait qu'ils ont de mauvais appuis au sol. Ils ont un mauvais contact à l'autre, et ce depuis l'enfance. Ce n'est pas

rassurant, car lorsque je les « pousse », ils n'ont pas la force pour résister. Leur voix n'est pas posée et ils n'arrivent pas à affirmer un certain nombre de choses. Ils n'arrivent pas à aller chercher jusque dans leurs muscles des pieds la puissance de leur voix. Cela déclenche donc des erreurs gestuelles et comportementales. Lorsque je leur fais porter des semelles, ils changent, sans que je ne fasse aucun apport psychologique. Je vois ces personnes, qui ont été maltraitées pendant des années, complètement transformées quelques mois plus tard.

Il n'y a pas d'approche unique. Il faut bien comprendre que le talonnement du pas n'est pas un diagnostic, mais un symptôme comme les autres. La dermalgie d'apparition en présence du téléphone portable est un symptôme plus spécifique. Il nous dit que la personne est électrohypersensible, mais il ne nous dit pas pourquoi. Cela ne nous empêche pas de réaliser un diagnostic médical, ce qui est aussi important, si ce n'est plus, que le diagnostic de l'hypersensibilité. Ce test permet de voir que la personne a une réaction anormale à une onde électromagnétique. Nous ne savions pas le faire avant.

GT : Est-ce que le patient ressent une douleur à l'endroit de la dermalgie ?

PT : Il y a deux manières d'examiner une dermalgie : on effectue un léger « palpé-roulé », sans insister sur la zone douloureuse. Certains sont plus provocateurs que moi, et peuvent aller jusqu'à déclencher la douleur. Je ne la déclenche pas. Si les patients ont un doute, je fais le palpé-roulé. Si quelqu'un dans la salle veut faire l'expérience, vous allez voir que c'est très désagréable. Si jamais j'insiste trop, je pense que les patients sont capables de me frapper !

BR : L'idée est de conserver la même pression tout au long du test, et la personne peut alors ressentir le point. Si arrivés à l'endroit où la peau s'épaissit, vous n'appuyez plus, le patient ne sera pas obligatoirement convaincu et n'adhérera pas au traitement.

PT : Je n'aime pas faire mal à mes patients.

BR : Quand il masse, il arrive que les patients ne le sentent pas, mais quand je masse, ils le sentent.

GT : Avez-vous constaté une différence de réaction entre les hommes et les femmes ?

PT : Non.

BR : Pas vraiment. Un certain nombre d'hommes serrent les dents pour montrer qu'ils sont forts, mais à leur façon de dire « Je n'ai pas mal », on sent bien que ce n'est pas le cas. Les femmes sont moins réticentes à annoncer qu'elles ont mal. Un certain nombre, au contraire, sursautent alors que l'on n'appuie pas très fort.

GT : Avez-vous constaté une différence au niveau de l'épaississement cutané ?

BR : Non

PT : C'est un phénomène qui évolue très vite dans le temps. Le temps de poser le téléphone, il apparaît, et le temps de le retirer, il disparaît.

BR : Cela peut prendre trois secondes.

PT : Je ne pense pas qu'il puisse y avoir une modification anatomique distinguable.

BR : Ce que Madame dit est tout de même un peu vrai. J'ai reçu un certain nombre de femmes carencées en zinc, qui me confiaient qu'elles étaient persuadées que c'était leur bourrelet. Quand on les recharge en zinc, le bourrelet dont elles se plaignent disparaît.

GT : Vous recherchez donc une carence en zinc.

PT : Si vous souhaitez savoir ce que nous faisons pour les personnes hypersensibles, cela pourrait nous prendre beaucoup de temps. J'ai une approche biologique. Parmi les substances qui me semblent intéressantes pour l'hypersensibilité, en numéro un, j'ai le magnésium. Je ne vois pas comment on peut se passer de cette approche, sachant que 70 % des Français sont carencés en magnésium. Certains sont sensibles à ce déficit en magnésium que d'autres. J'utilise plutôt le

magnésium électrocytaire, même si cela pose des problèmes, car entre le nord et le sud de la France, ils ont décidé de changer leur technologie...

Ensuite, la vitamine B12 est assez incontournable. Une nouvelle technique existe pour la doser. On dose ce que l'on appelle la vitamine B12 active, sachant que pendant très longtemps, on n'a dosé que la vitamine B12 standard. Ce dosage est en train de révolutionner mon approche. C'est ce que j'ai présenté pour congrès mondial sur le syndrome de fatigue chronique en 2014, avec l'évolution de la supplémentation et en particulier ce qui concerne l'impact sur les troubles cognitifs et la fatigue associée, chez les personnes qui ont des déficits en vitamine B12 active. L'avantage est que pour ce syndrome, nous avons des réunions internationales avec des chercheurs. La réflexion entre les médecins et les chercheurs est très intéressante. Cela nous permet d'aller plus loin que pour la fibromyalgie, par exemple, où l'approche est centrée sur la rhumatologie et les médicaments. Nous avons mené une réflexion partagée entre ceux qui avaient une approche clinique et les chercheurs.

Le glutathion est probablement à explorer aussi. Le coenzyme Q10 aussi...

GT : Les patients ont-ils un stress oxydatif ?

PT : Vraisemblablement. Dans les études, un stress oxydatif a été montré chez ces patients.

GT : Parlez-vous des électrohypersensibles ?

PT : Vous m'avez demandé de vous parler de l'hypersensibilité en général. Je m'éloigne un peu des ondes électromagnétiques.

GT : La frontière est floue entre les deux.

PT : Mon approche est d'identifier les personnes hypersensibles. Les patients viennent me voir en disant qu'ils sont hypersensibles aux ondes électromagnétiques, mais mon problème est de déterminer leur hypersensibilité. En général, ils se plaignent de douleurs, de troubles digestifs, etc. S'ils vont chez un rhumatologue, on leur parle de fibromyalgie. Le syndrome de fatigue chronique est malheureusement peu connu et très sous-diagnostiqué. S'ils vont chez un urologue pour se plaindre d'avoir besoin d'uriner fréquemment, on leur parle de vessie instable et de syndromes particuliers. Je parle d'hypersensibilité en général, car mon approche est la même.

GT : Est-ce que vous pensez qu'une personne qui viendrait vous voir en se déclarant électrohypersensible pourrait en fait relever d'une autre hypersensibilité ?

PT : Pour certains patients, oui.

Avec le protocole thérapeutique du Docteur Rosa, on améliore l'électrohypersensibilité, mais il faut ensuite traiter un certain nombre d'autres hypersensibilités. Au niveau international, il y en a d'ailleurs qui voulaient réunir le MCS et l'EHS. Suivant chez quel médecin ils arrivent, les patients se retrouvent avec une « étiquette » différente. Il se trouve que j'ai eu l'idée du terme « pathologie neurofonctionnelle », qui a été repris un peu partout. Nous sommes tous d'accord sur le fait que les frontières que nous avons tracées sont dues à des symptômes prédominants.

Sur le coenzyme Q10, les travaux sont très intéressants. Lorsque le dosage est sorti, nous avons pensé que le déficit toucherait plutôt les personnes âgées, mais on peut voir des enfants avoir un taux de coenzymes Q10 extrêmement bas. Je ne vous parle pas d'enfants hospitalisés, mais d'enfants qui tiennent parfaitement sur leurs deux jambes.

J'ai aussi beaucoup travaillé sur les acides gras polyinsaturés. La delta-6 désaturase est très sensible au déficit en magnésium et en fer. On a beaucoup parlé du déficit en fer chez les enfants hyperactifs – de déficit en zinc aussi.

BR : On trouve des carences en zinc chez des personnes qui n'arrivent pas à assimiler leur fer. Le pancréas est l'organe diacritique du zinc : quand il n'a pas de zinc, il ne fabrique pas les enzymes nécessaires à la digestion. Il n'arrive donc plus à libérer le fer. Une recharge en zinc chez ces personnes peut donc donner de très bons résultats.

PT : J'effectue assez souvent des dosages d'acides gras polyinsaturés. Les patients n'ont pas que des carences en oméga-3 – qui sont assez courantes du point de vue nutritionnel –, mais beaucoup plus souvent en GLA. Il est assez amusant de constater qu'une personne qui a un déficit en acides gamma linoléiques, en général, est hypersensible. On peut quasiment baser un diagnostic là-dessus. Tous les hypersensibles n'ont pas un déficit en GLA. J'avais effectué une recherche pour un laboratoire qui fabrique des compléments nutritionnels. Nous avons isolé des personnes qui présentaient beaucoup d'hypersensibilités. Il s'agissait de femmes qui avaient des crises de tachycardie assez fréquentes, des syndromes prémenstruels importants, et elles répondaient aux critères du diagnostic. Je vous laisserai la grille de diagnostic si cela vous intéresse. Elles avaient toutes un déficit en GLA. C'était une petite étude sur une dizaine de personnes. Je me suis intéressé à cela, car Durla, qui travaillait sur le magnésium, parlait déjà de ce déficit. Une publication sur les personnes qui souffraient de ballonnisation de la valvule mitrale, qui présentaient un déficit en acides gamma linoléiques. La ballonnisation de la valvule mitrale est un des critères traditionnellement reconnus pour les personnes spasmophiles dans les vieilles publications. Je n'ai pas fait d'échographie systématique chez les EHS pour savoir si la ballonnisation de la valvule mitrale était plus fréquente, mais cela pourrait être le cas un jour.

GT : Avez-vous d'autres questions ? On approche de la fin et je voudrais que tout le monde puisse s'exprimer...

GT : Avez-vous des patients atteints d'hémochromatose. Si oui, comment réagissent-ils ?

PT : La question est : est-ce que l'on a des patients qui ont des hémochromatoses ? Je suis très en lien avec le Professeur Michel de l'association hémochromatose France. Comme je fais souvent des dosages de ferritine, j'en ai trouvé souvent des élevés, mais les hypersensibles n'ont pas plus d'hémochromatose en général.

GT : Vous avez parlé plusieurs fois d'enfants, mais avez-vous vu des enfants avec une EHS ?

PT : En général, ils viennent pour des troubles du comportement. Ils viennent soit parce qu'ils ont un syndrome de fatigue chronique, soit parce qu'ils ont une fibromyalgie, soit parce qu'ils ont des MCS, etc. Parmi ces personnes, on trouve beaucoup de chevauchement entre les pathologies. Je vois beaucoup d'enfants qui ont des TDAH (des troubles de l'attention), et dans ceux-ci, il y en a pas mal qui ont une électrohypersensibilité. Quand on les rééduque avec le massage et la marche... D'ailleurs, dans les appartements parisiens, on entend souvent les parents dire que les voisins se plaignent parce que leurs enfants tapent du pied. Les parents ne nous amènent pas leurs enfants parce qu'ils ont une EHS, mais parce qu'ils travaillent mal à l'école. Il est intéressant de voir les motifs de consultation initiale. Chez les enfants, ce qui tourne autour de la mélatonine est très intéressant également. La mélatonine, par un phénomène de désynchronisation, rend les personnes plus sensibles. Elles sont plus exposées au diabète, à la dépression, aux retards de phase, etc.

BR : Quelques enfants me sont parfois amenés pour de mauvais résultats scolaires ou pour un mauvais comportement avec les parents. Le cas idéal, c'est celui où les gens ne savent pas qu'ils ont une EHS. J'ai aussi reçu quelques adolescentes, que j'ai convaincues de diminuer l'utilisation du téléphone portable. Quand je leur demande de regarder un documentaire sur des personnes qui vivent dans des grottes, en général, elles se calment... Quand je les reteste, cela se passe bien.

PT : J'ai toujours un doute éthique quant au fait d'annoncer à un patient qu'il souffre d'une électrohypersensibilité. Dans la grande majorité des cas, je ne l'annonce pas.

BR : Pour ma part, je le fais.

GT : L'aspect d'exclusion est à prendre en compte.

PT : Hier, j'ai parlé avec l'une des responsables juridiques d'Orange – vous ne saurez pas de qui il s'agit, il y en a suffisamment – qui était EHS, mais qui ne le savait pas ! Je lui ai montré le protocole, ce qui l'a beaucoup intéressée et amusée.

Anses : Lors d'une audition précédente, on nous a annoncé qu'il y avait deux profils de personnes électrohypersensibles : celles qui ont reçu un choc traumatique, qui ont ressenti brutalement une douleur très vive, ce qui les a convaincues de leur électrohypersensibilité, et d'autres qui souffraient d'une série de symptômes et dont on a fini par conclure qu'elles étaient électrohypersensibles.

PT : Je suis tout à fait d'accord. J'ajouterai un troisième groupe de personnes électrohypersensibles qui s'ignorent. On retrouve la même chose pour les problèmes de fibromyalgies ou de douleurs.

Anses : Que diriez-vous de ces patients qui souffrent d'un traumatisme initial ?

PT : Le seul cas que je connaisse où il y ait eu une exposition très forte est celui du militaire dont je vous ai parlé tout à l'heure. Dans les autres cas, je me méfie toujours de ceux qui se sentent mal depuis qu'une antenne a été installée. Je fais toujours attention au diagnostic. Je pense que souvent, ce n'est pas le seul problème.

Certains font effectuer des mesures d'ondes électromagnétiques chez eux. Je sais que les ondes sont de natures différentes selon qu'elles viennent d'une antenne-relais ou du système électrique domestique. Je me suis souvent vu des personnes accuser l'antenne-relais qui venait d'être installée, pour finalement, lorsque les mesures ont été effectuées chez elles, ont vu que c'était plutôt un appareil électrique chez eux qui était à l'origine du problème. Il est très difficile, pour les personnes, d'établir un lien clair entre leur pathologie et leurs symptômes, qui ne sont absolument pas spécifiques.

GT : Encore une question ou une remarque générale ?

BR : Je n'ai pas compris, dans la question, si l'on parlait de personnes qui avaient été victimes d'une hyperexposition ou d'un traumatisme psychique.

Anses : Ce sont des personnes qui, à un moment donné, ont ressenti une douleur très vive, sans nécessairement pouvoir incriminer une antenne, leur ordinateur ou le Wi-Fi. Ils ont éprouvé toute une série de symptômes non spécifiques puis en consultant plusieurs personnes, ils sont arrivés à la conclusion qu'ils devaient être électrohypersensibles.

BR : Le talonnement du pas est souvent déclenché par une chute. Le fait de tomber sur les fesses peut déclencher le syndrome. En général, lorsque je reçois des femmes qui se plaignent d'une douleur aux cervicales après un accident de la circulation, je leur fais masser leurs reins et leurs ovaires, sans toucher aux cervicales, et la douleur disparaît. Je dois en recevoir deux ou trois par semaines. J'ai aussi cherché des syndromes d'hypersensibilité chez des patients qui ne présentaient une atteinte que d'un côté du corps, mais je n'ai jamais rien trouvé alors que j'ai essayé sur une bonne centaine de personnes. Je ne trouve des hypersensibilités que chez les personnes qui ont le syndrome que je vous ai décrit de manière bilatérale.

PT : Pour finir, il est assez étonnant de voir que certains réduisent leur électrohypersensibilité simplement avec ce protocole. Cela fonctionne surtout chez des personnes qui ne sont pas trop « obsessionnelles ». Beaucoup de personnes qui ne se sentaient pas bien supportent beaucoup mieux les ondes et le reconnaissent. Elles expliquent qu'elles avaient du mal à tenir leur téléphone, mais qu'elles n'ont plus de problème.

GT : Je suis frappé par rapport au syndrome subjectif que l'on évoquait ce matin. Il y a un certain temps, c'était la terreur des assurances après un accident de voiture, mais aujourd'hui, on arrive à identifier avec les progrès d'imagerie. En l'occurrence, il serait intéressant de documenter.

GT : Est-ce que la dermalgie correspond, à votre avis, à une augmentation du flux sanguin ? Une caméra thermique pourrait nous aider...

BR : Certains l'ont fait, mais rien n'a suivi. Je ne sais pas si... Cela fait longtemps que j'y ai pensé.

PT : Bernard est à Annemasse, et je suis à cheval entre Paris et Aix-en-Provence.

GT : Sur ces bonnes paroles, nous allons vous remercier d'être venus jusqu'ici, de nous avoir exposé votre expérience et votre point de vue.

PT : Je n'ai pas eu l'occasion de vous remercier de votre invitation. C'était très sympathique de nous auditionner.

BR : Et merci aussi pour votre aide, qui nous a été utile pour faire notre article.

Audition du D^r Mirabel-Sarron - 15 janvier 2015

Étaient présents :

Experts du Groupe de Travail (GT)

Membres de l'Anses (Anses)

Invité D^r Christine Mirabel-Sarron (psychiatre à l'hôpital Sainte-Anne) (CMS)

Un tour de table des participants est effectué.

Audition du D^r Christine Mirabel-Sarron

Je me présente en deux mots, puis je vous expliquerai le contexte qui m'a conduite ici, ainsi que ce que l'on m'a demandé – car je ne suis pas venue de ma propre initiative. Je suis médecin psychiatre. Je suis praticien hospitalier dans un service universitaire à l'hôpital Sainte-Anne depuis plus de vingt ans, où je dirige l'unité de psychothérapie du service universitaire depuis plus de quinze ans. C'est la plus grosse unité de psychothérapie en France. Nous nous intéressons aux thérapies comportementales et cognitives, à la psychanalyse, aux thérapies faisant appel à l'expression artistique ou corporelle, etc. Je suis docteur en psychologie clinique et pathologique. Depuis très longtemps, je mène des activités de recherche. Au départ, je m'intéressais principalement aux marqueurs linguistiques chez les patients déprimés ou anorexiques/boulimiques, avec l'université de Paris VIII et l'unité du CNRS de psychologie cognitive qui y est associée. Je me suis ensuite recentrée sur l'université Paris V – Descartes. Notre unité est également habilitée pour mener des projets de recherche avec l'Inserm, afin d'évaluer des psychothérapies récentes.

Voilà pour mon parcours. Je suis arrivée ici très indirectement, car j'ai assuré la présidence de différentes associations, et notamment celle de l'association française de thérapie comportementale et cognitive, au début des années 2000 (aux alentours de 2002-2004). En 2012, le Dr Chapelle, psychiatre libéral à Toulouse, s'était engagé à organiser une conférence sur l'apport des thérapies comportementales et cognitives dans la prise en charge des souffrances émotionnelles des patients électrosensibles. Quinze jours avant sa présentation, il a déclaré son indisponibilité (pour des raisons familiales), et le Pr Choudat, qui dépend de mon groupe hospitalo-universitaire – les hôpitaux de Cochin et de Sainte-Anne sont associés – m'a contactée, en qualité d'ancienne présidente de l'association française de thérapie comportementale et cognitive. J'ai donné mon accord. Il s'agissait de procéder à une revue de la littérature. J'ai donc traité cette question en mars 2012. J'avais fait état à l'époque d'autres problèmes, étant donné que pour toutes les études, le recrutement des patients avait été problématique : qu'en était-il du profil psychologique des patients recrutés pour l'étude ? Le recrutement semblait assez fortement basé sur le principe du volontariat, les participants aux études étaient souvent rémunérés, les études portaient parfois sur des échantillons très réduits, si bien qu'il était impossible d'en tirer des conclusions définitives.

On m'a ensuite demandé de prendre en charge certains patients, ce que j'ai refusé. Mon unité est en effet complètement débordée : nous faisons face à quinze demandes de psychothérapie par semaine. Nous sommes certifiés ARS, et sommes parfaitement qualifiés pour traiter tous les troubles de l'humeur (multi-récurrents, résistants, bipolaires, etc.). Nous avons donc déjà fort à faire, au-delà de l'Île-de-France. Nous mettons en œuvre des thérapies très particulières. J'ai donc décidé de ne pas recevoir de patients électrosensibles, malgré la demande du Pr Choudat. Je me suis donc contentée de cette revue de la littérature et je n'ai pas beaucoup travaillé dans ce domaine entre 2012 et 2014. On m'a sollicitée à nouveau pour analyser les articles qui avaient été

publiés depuis ma première revue de littérature, ou que je n'avais pas pu consulter à l'époque. Cela correspond au rapport que j'ai rendu fin novembre.

Par rapport à 2012, trois études supplémentaires relativement structurées ont été réalisées. Elles suivent une méthodologie plus précise : leurs auteurs ont tenté d'évaluer les profils des patients et leur souffrance émotionnelle (anxieuse et dépressive). Ils ont tenté d'évaluer une méthodologie basée sur la thérapie comportementale et cognitive. Sur l'ensemble des articles publiés, trois sont donc réellement dignes d'intérêt. La thérapie comportementale et cognitive mise en place est assez classique. Il s'agissait à chaque fois de programmes modulaires, c'est-à-dire constitués d'une série de séquences précises. Cette démarche est compatible avec le principe d'une thérapie comportementale et cognitive – j'y reviendrai. En règle générale, chaque thème donne lieu à trois séances avec le patient. En somme, pour ces trois articles, la forme est exempte de toute critique. Le problème porte plutôt sur l'évaluation des patients. Les groupes de patients sont assez bien construits, et des groupes contrôle ont été utilisés (comparaison de groupes présentant des symptômes à des participants non atteints par ces symptômes, mais qui se déclarent électrosensibles). Le bât blesse pour ce qui concerne l'évaluation des patients. Les trois études n'ont pas utilisé une échelle commune et ne peuvent donc pas être comparées les unes aux autres.

L'évaluation utilisée n'a d'ailleurs pas été déterminée par des cliniciens – ce que j'ai du mal à comprendre. L'évaluation des patients a été effectuée sans faire appel aux méthodes utilisées couramment par les cliniciens dans les grandes études internationales. On ne retrouve que quelques-uns de ces outils, mais en proportion assez minoritaire. Par exemple, pour évaluer les troubles de la personnalité, les outils de ces études sont totalement différents de ceux auxquels nous faisons habituellement appel. Nous ne les utilisons même pour ainsi dire jamais. Et pourtant, je pense qu'il serait particulièrement intéressant de déterminer le profil des patients (hyper-perfectionnistes, extravertis, introvertis, en attribution interne ou externe, etc.). Cela semble important pour comprendre leur souffrance émotionnelle, puis pour élaborer une proposition d'aide psychologique.

Je fais d'ailleurs partie des « pionniers » de ce type de thérapie. Les trois études qui soient d'un réel intérêt ont respecté cette approche, étant donné que des entretiens préliminaires ont été menés : trois entretiens en général, sachant que l'on peut aller jusqu'à sept, y compris dans la pratique clinique. Ces entretiens ont pour but de comprendre l'état du patient en tenant compte de son histoire personnelle. Cela permet notamment de recenser les facteurs qui sont susceptibles d'avoir amplifié les troubles ou au contraire de les avoir minorés (par des traitements, des lectures, etc.). Il est recommandé de mener au minimum trois entretiens avec le patient, sachant que cela peut aller jusqu'à sept. Cela permet de comprendre toutes les composantes du patient (facteurs environnementaux, externes, internes, familiaux, biologiques, etc.), avant de commencer la thérapie à proprement parler.

Ces entretiens préliminaires débouchent sur la proposition d'un contrat thérapeutique. Cette phase préliminaire a très bien été respectée dans chacune des trois études. On y retrouve aussi des thérapies de groupe, ce qui est tout à fait envisageable. D'ailleurs, à l'hôpital Sainte-Anne, compte tenu du nombre de patients que nous suivons, depuis 2002, nous procédons exclusivement par thérapie de groupe – bien entendu, les entretiens préliminaires sont toujours indispensables. Nous concluons un contrat personnalisé avec le patient, ce qui a bien été fait dans les trois études. Même si la thérapie de groupe s'effectue selon un programme défini, chaque patient fera l'objet d'un contrat, et il participera à la thérapie de groupe si celle-ci est réputée lui apporter un bénéfice. Généralement, à chaque thème correspond un outil de thérapie comportementale et cognitive : il peut s'agir de techniques de relaxation, d'un système d'exposition progressive, etc. Les outils utilisés sont assez classiques. La structuration des thèmes des groupes apparaît correcte dans les trois études, mais les programmes sont différents d'une étude à l'autre.

Pour illustrer le principe des programmes modulaires, j'ai choisi un exemple qui n'est pas lié aux électrosensibles. Il s'agit d'un programme classiquement utilisé pour traiter les patients dépressifs – il existe depuis les années 1980. Sur douze séances, on peut par exemple proposer une séance

pour apprendre aux patients à gérer leur anxiété par des techniques de relaxation, deux séances sur l'altération de la communication avec autrui – une personne déprimée est moins encline à prévenir son responsable qu'elle est en arrêt de travail, par exemple, et il peut être utile de lui apprendre à communiquer ce genre d'information par téléphone ou par mail –, deux séances sur la gestion du temps, trois séances sur les pensées dépressives (et leurs effets inhibants) et trois séances sur la programmation d'activités pour le patient, (renforcement), qui permettront de rétablir la confiance et l'estime de soi. Chaque patient du groupe pourra voir de quelle façon chacun des thèmes abordés pourra s'appliquer à son cas personnel. Pour l'un, il s'agira de prévenir son responsable en cas d'arrêt de travail, alors que pour un autre, il s'agira plutôt de prévenir sa fille qu'il n'est pas en état de garder ses enfants le mercredi. Chaque patient travaille donc en fonction des éléments qui caractérisent sa propre vie.

Les programmes de groupe utilisés dans les trois études sont différents, ce qui est assez intéressant. Ils semblent apporter un mieux-être aux patients, sous réserve d'une bonne évaluation – cf. les remarques de tout à l'heure sur les outils employés. La majorité des outils sont assez méconnus en clinique. Le mieux-être est décrit à travers les auto-évaluations des patients. Ces derniers tiennent des carnets de thérapie, où ils peuvent décrire leurs sentiments personnels, ce qui est une pratique assez courante. J'ai toutefois noté que l'état initial des patients n'était pas particulièrement dégradé. Ils ne présentent pas de syndromes anxiodépressifs très développés au début du programme.

Je suis à votre disposition pour répondre à vos questions.

GT : S'agit-il de patients qui ont engagé une démarche volontaire ?

CMS : Ils ont été recrutés sur la base du volontariat. Le recrutement a été effectué soit par le biais d'annonces dans les centres de soins, soit par l'intermédiaire de médecins, soit par des annonces dans la presse. L'idée du Pr Choudat, en 2012, était de monter un réseau de soins. Il a signé un contrat avec le Dr Chapelle, qui était, à l'époque, le président de l'association française de thérapie comportementale et cognitive. Je fais partie du réseau de cette association et j'ai donc, comme beaucoup, reçu un mail à travers lequel on me proposait de recevoir des patients qui se déclaraient électrosensibles, et de leur faire suivre une thérapie comportementale et cognitive. En 2012, ces trois études n'existaient pas encore, et les programmes modulaires correspondants étaient inconnus. En outre, ces études ne sont pas facilement accessibles : elles n'ont pas été publiées dans des revues à forte diffusion. L'intérêt de ces trois études est qu'elles peuvent inspirer les praticiens qui cherchent à construire des programmes. Les taux d'abandon en cours de programme sont assez faibles, et le fait que chaque étude ait développé un programme modulaire particulier offre davantage de possibilités. Enfin, en dépit des biais relatifs à la faible taille des échantillons et aux méthodes d'évaluation peu courantes qui avaient été employées, les participants à ces programmes semblent attester d'une amélioration de leur état. Il faudrait employer une autre méthodologie pour évaluer l'efficacité de ces thérapies, mais elles semblent à tout le moins réalisables et assez bien acceptées par les patients.

En thérapie comportementale et cognitive, pour la gestion émotionnelle, nous disposons d'une centaine d'outils différents. Tous ont été développés en fonction de nos connaissances sur les réactions de stress, l'anxiété, les comportements dépressifs, les réactions de colère, les passages à l'acte impulsifs, etc. Pour chacun des trois études, le programme modulaire comporte entre cinq et sept outils, qui font partie de ceux couramment utilisés pour la gestion du stress et de l'anxiété.

Anses : Que pensez-vous du PHRC du Pr Choudat ?

CMS : Je ne l'ai jamais eu entre les mains. Je l'ai pourtant réclamé plusieurs fois. J'avais postulé en 2012 étant donné que je travaille depuis très longtemps dans la recherche – je n'ai d'ailleurs pas toujours été psychiatre. J'ai des problèmes de vue à la suite d'un accident de voiture ; à l'époque, j'avais déjà fini mes études de médecine et j'avais déjà réalisé des travaux de recherche en physiologie humaine. Dès ma troisième année de médecine, j'ai travaillé dans un laboratoire de physiologie. J'ai indiqué au Pr Choudat que je pouvais apporter un regard critique de clinicienne sur les évaluations de l'anxiété et de la dépression. Il m'a répondu qu'il avait déjà toutes les

personnes dont il avait besoin... J'en ai pris acte et étant donné que je suis passablement occupée, j'ai continué mes travaux. J'ai demandé à obtenir le PHRC, mais je ne l'ai jamais reçu.

Anses : Je vous rassure : peu de gens l'ont eu !

CMS : Je ne sais pas ce que ce document contient. Je pense que ceux qui l'ont construit ont des problèmes, étant donné que deux psychologues, à dix mois d'écart, m'ont téléphoné pour m'interroger sur mes outils d'évaluation. Je leur ai demandé avec qui ils travaillaient et ils m'ont répondu que c'était avec le P^r Choudat. Je leur ai répondu qu'il était censé être entouré d'une équipe très autonome et j'ai donc refusé de leur fournir les informations demandées en dehors d'un cadre officiel. Ma position peut sembler assez rigide, mais je suis déjà suroccupée.

GT : Comment ces thérapies cognitives sont-elles évaluées de manière classique ? Procède-t-on à partir d'une auto-évaluation des patients ou emploie-t-on des outils plus objectifs ?

CMS : Les outils sont très nombreux. On doit utiliser concomitamment trois familles d'outils. Elles sont indissociables d'une démarche académique. On doit tout d'abord procéder à une évaluation comparative avant et après la thérapie. Si par exemple la thérapie a lieu en septembre, il est même possible d'effectuer une première évaluation dès maintenant et une seconde, juste avant le début de la thérapie. Nous devons au moins procéder à une auto-évaluation (le patient remplit un questionnaire) et à un recueil de données orienté : si par exemple nous percevons que le patient est anxieux, nous pouvons lui demander de noter, pendant trois jours, toutes les formes d'anxiété qu'il peut ressentir (indépendamment de leur gravité), et de décrire avec précision les circonstances dans lesquelles les poussées anxieuses les plus significatives ont lieu. Le patient est également incité à formuler des hypothèses sur l'origine de ses poussées anxieuses. Le patient doit donc tenir un cahier à jour, et nous en faisons lecture pendant les séances. Par ailleurs, le questionnaire que le patient est censé remplir est choisi en fonction des troubles qu'il nous aura décrits. Enfin, une hétéro-évaluation doit obligatoirement être réalisée, de la part d'un psychologue ou d'un psychiatre (évaluateur externe indépendant du praticien thérapeute). Pour ce faire, il peut procéder à des entretiens semi-structurés, à travers lesquels il s'agit de vérifier, par exemple, l'hypothèse selon laquelle le patient est un déprimé bipolaire. Les trames de ces entretiens semi-structurés ont fait l'objet de publications au niveau international. Sans en avoir l'air, le thérapeute pose des questions précises au patient, ce qui lui permet de déterminer un score à partir d'une grille d'évaluation. Là encore, il s'agit d'échelles partagées au niveau international. Tous ces outils constituent l'évaluation de base.

Donc au moment d'une évaluation par le patient, et l'autre, par un évaluateur externe, entraîné à ce travail, qui mène des entretiens structurés et le remplissage d'échelles d'hétéro-évaluation, par exemple : l'échelle de Hamilton pour la dépression H.D.R.S ou encore l'échelle de Hamilton pour l'anxiété H.A.R.S.

L'indépendance de l'évaluateur est fondamentale, car le praticien thérapeute, ne serait pas neutre dans son évaluation, surtout après thérapie.

GT : C'est donc à ce niveau que les études sont incomplètes...

CMS : Effectivement, l'évaluation n'a été que partielle. Les patients tiennent bien un carnet et répondent bien à des questionnaires d'auto-évaluation, mais les organisateurs de ces études n'ont pas mené d'entretiens semi-structurés et les démarches d'hétéro-évaluation ont été parcellaires, voire totalement absentes.

D'après la lecture, il n'y aurait pas eu d'évaluateur externe neutre, l'essentiel des informations reposant sur de l'auto-évaluation.

En outre, par rapport à la pratique clinique courante, dans des travaux de recherche, il est courant de faire figurer des données physio-expérimentales. Par exemple, nous effectuons assez souvent des mesures électrophysiologiques : nous mesurons la réaction électrodermale ou pupillaire du patient à des images émotionnelles. Nous procédons aussi beaucoup à des tests de Stroop émotionnels ces temps-ci. Nous nous appuyons donc sur des mesures psychocognitives expérimentales. Il est d'ailleurs très courant que les résultats d'auto-évaluation soient les plus

satisfaisants, que l'évaluation menée par les thérapeutes soit un peu moins satisfaisante, et que les résultats des mesures électrophysiologiques soient encore moins satisfaisants. Nous nous efforçons, dans nos travaux de recherche, de faire appel à des mesures indépendantes de toute subjectivité d'origine humaine. En outre, pour les hétéro-évaluations, nous faisons appel à des psychologues qui ne participent pas au suivi des patients. Ce principe a d'ailleurs été respecté dans les trois études : d'après ce que j'ai compris, les entretiens préliminaires ont été réalisés par des psychologues qui n'étaient pas thérapeutes. En outre, les thérapies de groupe étaient menées par des thérapeutes « seniors » (plus de dix ans de pratique professionnelle), ce qui a d'ailleurs été identifié par les auteurs de ces études comme un point de fragilité : des thérapeutes expérimentés disposent en effet de ressources qui leur permettent de travailler plus efficacement, et il convient donc d'en tenir compte et de relativiser les améliorations constatées.

Dans n'importe quelle étude publiée dans une revue internationale, c'est l'inverse qui se produit : les thérapeutes ont un profil « junior ». Dans les programmes, qui accueillent entre 50 et 200 patients, les « petites mains » sont des doctorants : ils suivent une brève formation à la thérapie comportementale et cognitive. Ils sont bien sûr sous tutorat, et sont vus deux fois par semaine afin de voir s'ils n'ont pas de problème avec leurs patients. Un senior peut les aider, mais toutes les thérapies sont animées par des juniors, qui ont au grand maximum deux années d'expérience.

GT : Il s'agit donc d'un biais.

CMS : Oui. C'est l'un des biais de ces études. Dans les grands essais internationaux (menés principalement par des Américains ou des Canadiens, et, pour ce qui concerne la thérapie comportementale et cognitive, par des Néerlandais), les thérapeutes ont un profil « junior ».

GT : Existe-t-il une spécificité dans la thérapie liée aux ondes électromagnétiques, ou peut-on appliquer des outils génériques à de nombreux cas de figure ?

CMS : Les organisateurs de ces études se sont efforcés de choisir les modules en tenant au maximum compte des spécificités des patients. Ils sont partis du principe que la souffrance du patient, quelle que soit sa symptomatologie (vertiges, maux de tête, etc.), relève de la psychiatrie et en l'occurrence, d'un processus psychopathologique. Ce postulat, selon lequel le patient attribuerait aux ondes la cause de sa souffrance, peut être discuté. Pourtant, il apparaît dans toutes les études que j'ai pu lire sur ce sujet. Les thérapeutes travaillent sur le mode d'attribution de la pensée causale et en cherchant à identifier d'autres causalités possibles (externes ou internes). Peut-être les patients sont-ils soumis à d'autres facteurs environnementaux ou sont-ils plus anxieux certains jours. Ce travail permet donc de passer d'une attribution monocausale – les ondes seraient les uniques responsables du trouble ressenti – à ce que nous appelons, dans notre jargon, une « décentration » ou une « distanciation ». Les ondes ne sont pas exclues comme causes possibles, mais divers facteurs internes ou externes peuvent également entrer en ligne de compte. Ce type d'outils n'est pas spécifique aux ondes ; il peut servir à traiter des patients qui associent un trouble à une seule origine possible. Des patients déprimés peuvent par exemple penser que l'origine de leur mal-être est purement interne. J'avais vu un patient après un incendie sur son lieu de travail, et qui était certain que l'origine du sinistre est un mégot de cigarette mal éteint dans sa poubelle. Je lui ai fait remarquer qu'au moment de l'incendie, il était en arrêt depuis trois semaines, et qu'il ne pouvait pas être responsable, même si le feu s'est déclenché dans sa poubelle. Dans le même ordre d'idée, les patients qui se déclarent électrosensibles ont tendance à attribuer une origine unique à leur état (les ondes électromagnétiques).

La deuxième spécificité est que les ondes sont identifiées, dans toutes les études, comme un facteur de stress, qui entraîne une réaction de stress d'ordre physiologique. C'est pour cela que dans tous les programmes, des modules ont pour objectif de gérer le stress (à travers la relaxation par exemple). Dans la troisième étude, la *mindfulness* (thérapie dite « de pleine conscience ») se substitue aux techniques de relaxation. Cet outil a montré son efficacité dans la gestion des réactions de stress.

On fait donc appel à des outils spécifiques pour comprendre la souffrance – et dans toutes les études, la souffrance est réputée d'origine psychiatrique – et à des outils plus généraux – pour gérer le stress par exemple.

Anses : Toutes les études font-elles appel à la thérapie comportementale ou d'autres terrains sont-ils explorés ?

CMS : Le champ est plus large, mais pour l'instant, le cadre des autres études est assez limité. Il s'agit par exemple de séances d'acupuncture, d'homéopathie, etc. Ces travaux ne reposent sur aucune base conceptuelle spécifique. Pour autant, pour ce que j'en ai lu, aucune autre approche de psychothérapie n'a été tentée – tout du moins pour les travaux publiés dans des revues scientifiques.

Anses : Selon vous, d'autres outils pourraient-ils être envisagés, en dehors du travail sur l'attribution unique du trouble ?

CMS : Ce qui me gêne le plus dans ces études, c'est que les informations sur le profil psychologique des patients sont insuffisantes. Avant d'envisager des soins, on utilise le questionnaire PDQ4+ (connu au niveau international), qui est extrêmement efficace pour l'auto-évaluation des profils de personnalité. Il a d'ailleurs été traduit en français. Cela permet de voir si le patient est plutôt d'un tempérament pessimiste, introverti, etc., ou s'il présente des éléments paranoïaques – même s'il n'est pas à proprement parler paranoïaque. Suivant le profil psychologique du patient, il est susceptible de manifester du rejet et de connaître des symptômes plus intenses. Dans les trois études, il apparaît que les patients ne sont pas particulièrement anxieux ni déprimés. La description est très grossière pour nous, cliniciens. Ce serait tout aussi vague pour un dermatologue de lire que les patients présentent des éruptions cutanées sur les bras et sur les jambes, sans aucune information sur les caractéristiques de ces manifestations (couleur, démangeaisons, conditions d'apparition et de disparition, etc.). Je peux formuler l'hypothèse que le profil psychologique des patients est assez hétérogène, et il est possible que pour certains patients, certains outils apportent un meilleur bénéfice que d'autres. Je pense qu'à l'origine, les organisateurs de ces études se sont basés sur des travaux plus anciens, et ont formulé l'hypothèse que les patients étaient des anxiodépressifs. J'ai lu par exemple un article dans lequel on imaginait que chez des personnes anxieuses, le fait de lire des articles sur les dangers supposés des ondes électromagnétiques ou de s'entretenir de ce sujet avec une relation pouvait provoquer l'apparition de symptômes. Les personnes de tempérament anxieux ont tendance à imaginer des événements catastrophiques, même si leur cas n'est pas d'ordre pathologique.

Ainsi, alors que nous utilisons un questionnaire sur les peurs qui regroupe une quinzaine de thèmes, seuls certains de ces thèmes ont été utilisés. Un praticien peut éventuellement, dans le cadre d'un examen clinique, s'affranchir de certains thèmes et s'écarter quelque peu de la pratique recommandée, mais ce n'est pas habituel pour une étude.

GT : En conclusion, ces trois études ne démontrent pas que les personnes électrohypersensibles soient particulièrement anxieuses.

CMS : Elles ne sont ni particulièrement anxieuses, ni particulièrement déprimées. Elles le sont un peu, mais pas plus que cela, tout du moins d'après la moyenne et l'écart-type. Il me semble que l'ensemble des scores n'est disponible que pour une seule des trois études, et il y apparaît qu'aucun patient n'est en état de dépression caractérisée. Cela rejoint d'ailleurs l'idée exprimée dans d'autres articles.

GT : Les résultats pourraient-ils être liés au fait que ces paramètres n'aient pas correctement été évalués ?

CMS : Oui. Les organisateurs des études n'ont pas « creusé » la question. On ne peut donc pas savoir. Ce matin, par exemple, j'ai reçu une patiente pour un premier entretien, dont l'anxiété avait été évaluée comme modérée (son score global était voisin de la moyenne française), mais lorsque nous avons examiné des facteurs d'anxiété plus spécifiques, son score pour l'anxiété dans la relation aux autres est au-dessus de la normale, et juste en dessous du seuil de la pathologie.

GT : Ainsi, à ce jour, quel que soit le type d'approche, aucune étude ne laisse imaginer que les électrohypersensibles seraient plus enclins à la dépression ou à l'anxiété...

CMS : Non. Nous n'avons pas davantage d'éléments sur les dimensions de personnalité.

GT : Les personnes qui participaient à ces études étaient-elles atteintes par des symptômes sévères en lien avec l'électrohypersensibilité ?

CMS : Pas nécessairement. D'ailleurs, certains patients se déclaraient électrosensibles, mais étaient asymptomatiques. Dans l'une des études, la distinction est bien établie (étaient clairement distingués des patients avec symptômes handicapants et ceux sans symptôme).

GT : Je me rappelle avoir vu, sur les réseaux sociaux, des intervenants déconseiller de participer aux études du Dr Choudat, sous peine d'être considéré comme fou. Il était hors de question de se prêter à n'importe quel test. Le terme « psychiatrie » fait craindre une certaine stigmatisation. Peut-être cela induit-il un biais de sélection, en réduisant la base des patients volontaires ?

CMS : De toute manière, l'évaluation comporte certainement un biais, sachant que certains de mes patients sont allés se faire évaluer – je ne les suis pas pour leur électrosensibilité, mais pour d'autres raisons – et qui n'ont pas supporté l'évaluation. Ils m'ont expliqué qu'ils avaient été considérés à tort comme déprimés ou fous, et qu'ils n'avaient pas l'intention de poursuivre l'expérience. Je ne sais pas comment se déroulent ces entretiens d'évaluation. Je n'ai pas creusé la question, étant donné que je les suis pour des raisons différentes. D'ailleurs, ces patients ne sont qu'au nombre de deux, et je pourrais donc difficilement tirer des généralités de leurs expériences.

GT : Quoi qu'il en soit, on peut soupçonner un biais lié à la sélection des participants.

CMS : Je ne pense pas, car les deux patients en question ont répondu à une annonce pour une évaluation gratuite. Ils étaient curieux d'en connaître le résultat. L'une des deux personnes, qui est très militante, a certainement répondu par l'intermédiaire des réseaux sociaux – elle a empêché qu'une antenne soit installée près de chez elle, participe à des pétitions, etc. Si elle pouvait apprendre quelque chose dans cette expérience et y retirer un bénéfice, elle était plutôt partante. Elle s'est prêtée au jeu, mais elle n'y est pas retournée, car elle a l'impression d'être prise pour une folle ou une personne déprimée – et je confirme qu'elle ne l'est pas. J'ignore ce qui se passe précisément lors de ces évaluations, et j'ignore comment elles sont présentées aux patients.

Anses : Ce sujet fait partie des principales critiques des EHS à l'égard des positions scientifiques : la plupart des scientifiques assimilent l'EHS à un problème d'ordre purement psychologique, voire psychiatrique. D'après ce que vous nous indiquez, les études publiées sur le sujet ne permettent pas de conclure que les EHS relèvent d'une pathologie psychiatrique particulière. Pensez-vous qu'il soit possible de relier certaines pathologies à l'EHS ? Pensez-vous qu'il faille mener des travaux de recherche dans ce domaine ?

CMS : L'une de mes réticences à propos de ces études est que toutes sont basées sur le postulat selon lequel l'électrosensibilité aurait pour origine un problème d'ordre psychologique, et une attribution monocausale à un facteur de stress externe. Je comprends que les patients supportent mal cette association, d'autant qu'aucune évaluation scientifique ne permet de l'étayer. En revanche, le problème pourrait être présenté au patient selon un angle différent.

Dans notre service, nous comptons trois pôles d'excellence, consacrés respectivement à la dépression, aux troubles alimentaires et à la thérapie comportementale et cognitive. Pour changer de sujet, prenons l'exemple des troubles alimentaires. Un patient boulimique présente des critères cliniques de boulimie – il mange en grandes quantités, à une fréquence donnée, etc. On peut donc considérer que l'on a affaire à une maladie, peu importe pour l'instant qu'elle soit d'ordre psychiatrique ou non. Cette maladie est reconnue en tant que telle par l'OMS. Par ailleurs, des études ont mis en évidence le fait que 75 % des patients boulimiques avaient une personnalité « *borderline* ». La rupture de soins s'explique le plus souvent par une pathologie grave de la réactivité émotionnelle. Par ailleurs, on sait également que les boulimiques ont un problème d'attribution : généralement, tout comme les électrosensibles, ils ont tendance à rechercher une

cause externe à leur comportement. Ils sont particulièrement sensibles au rejet des autres (réel ou supposé), qui les pousse à la boulimie. Une attribution externe n'est pas antinomique avec l'existence d'autres facteurs. Des facteurs biologiques peuvent aussi entrer en ligne de compte.

Une attribution externe monocausale n'est pas contradictoire avec d'autres facteurs étiopathogéniques. Ce n'est qu'un niveau contributif à la souffrance. Dans le cas des électrosensibles, on a tendance à généraliser à partir d'un niveau sans connaître les autres niveaux. Il n'existe, à ma connaissance, aucun article qui traite des dimensions de personnalité des patients. Peut-être tout peut-il s'expliquer par l'attribution externe monocausale, mais ce n'est peut-être pas le cas. On ne peut donc pas tenir un discours aussi péremptoire que celui des auteurs des différentes études. Je pense que ce facteur est présent. Nous proposons des thérapies comportementales à des boulimiques – elles sont en place dans notre service depuis 1992. Il s'agit d'un programme de 12 séances, mais nous y abordons d'autres aspects tels que les facteurs biologiques, l'hyperréactivité émotionnelle, la rupture de la relation interpersonnelle, la difficulté à gérer les impulsions colériques, etc. Les dernières séances du programme sont consacrées à l'attribution causale externe et aux autres causes possibles de leur pathologie. La symptomatologie est certainement polymorphe et complexe, et les facteurs étiopathogéniques sont probablement multiples – comme souvent. Pour l'instant, un seul de ces facteurs est évoqué dans les études, mais je pense qu'il en existe d'autres. Dans le domaine psychologique, je pense que les dimensions de personnalité devraient absolument être abordées.

Toute souffrance émotionnelle est en effet colorée par des dimensions de personnalité. Depuis une quinzaine d'années, je me suis occupée de nombreux patients bipolaires. On utilise un gradient émotionnel, qui va de -10 pour la tristesse extrême à +10 pour les états les plus euphoriques. Un score de +2 est considéré comme normal, mais étant donné que je suis assez extravertie, avec un état de +2, je suis capable de lancer une conversation avec mon voisin dans le métro, alors que pour des personnalités plus introverties, ce genre de comportement n'est envisageable qu'à partir de +3 ou +4, c'est-à-dire déjà à un niveau pathologique. De la même manière, nos dimensions de personnalité sont susceptibles de colorer les symptômes ressentis. Pour les personnes de tempérament pessimiste, la moindre douleur sera ressentie comme une catastrophe. Les études n'abordent pas du tout cette question.

Anses : Dans la littérature que vous avez étudiée, l'article de Van Dongen (2014) suggérait que l'EHS puisse être générée par une hyperactivation du système sympathique. Qu'en pensez-vous ?

CMS : Pourquoi pas ? Cela n'apporte pas plus d'eau au moulin... Vous pouvez chercher à utiliser un logiciel pour aider à réguler le rythme cardiaque. Un psychologue bordelais a même mis en ligne un exercice de cohérence cardiaque, utilisable pour tous pour réguler le stress et ses émotions. Cela fait partie des réactions de stress. Cela n'a donc rien d'un scoop.

GT : Que pensez-vous des zones blanches ? Ne serait-il pas souhaitable qu'avant le départ d'un patient dans une zone blanche, un bilan personnel soit réalisé ?

CMS : Je pense qu'il faut effectivement établir un bilan personnel qui « tienne la route », si vous me permettez l'expression. À l'hôpital Sainte-Anne, nous sommes assez bien dotés, et j'avais proposé au D^r Marc-Vergnes d'effectuer un bilan poussé pour une dizaine de patients EHS, comme nous le faisons déjà pour des patients présentant une forte réactivité émotionnelle. Même si l'étiopathogénie intègre d'autres ingrédients, on peut essayer de qualifier la souffrance émotionnelle des patients. Il ne s'agirait que d'établir des bilans personnels, et non des thérapies complètes. Nous ne pourrions pas tirer de généralités d'une dizaine de bilans personnels, mais cela pourrait donner des pistes à explorer dans le cadre d'études ultérieures. Il est également possible que les dix patients examinés présentent des profils complexes complètement différents les uns des autres. J'avais eu un assez long entretien téléphonique avec Mr le Pr Jean-Pierre Marc-Vergnes, à ce sujet. Il m'avait confirmé que c'était une idée possible. Cela nous offrirait une base de réflexion. Cela n'exclut pas, naturellement, que d'autres facteurs étiopathogéniques interviennent, comme le stress, l'attribution externe, etc. Pour notre part, avant de proposer une thérapie, nous avons besoin d'établir un bilan émotionnel. Nous ne le faisons pas pour le plaisir de remplir les dossiers médicaux des patients. Sur les deux patients que j'ai reçus ce matin pour une

évaluation émotionnelle, par exemple, l'un d'entre eux est très réactif, ce qui permet déjà de voir qu'une psychothérapie sera compliquée à organiser. La personnalité des patients guide la nature du programme de soins que nous pouvons proposer, peu importe la méthode. Malheureusement, ces considérations sont totalement absentes des études que j'ai pu lire.

GT : Y a-t-il une question à laquelle vous vous attendiez et que nous ne vous avons pas posée ?

CMS : On m'a souvent demandé si j'avais déjà rencontré des patients électrosensibles en thérapie. La réponse est non. On me l'a proposé par l'intermédiaire du P^r Choudat, ce que j'ai refusé. L'association des patients électrosensibles m'a déjà contactée – elle était d'ailleurs présente dans la salle en mars 2012. Je sais que je n'ai pas de compétences dans certains domaines. J'aime bien pouvoir me baser sur des articles scientifiques qui suggèrent des orientations et fixent des limites. Je suis contre le principe d'utiliser systématiquement la thérapie comportementale et cognitive, car elle ne convient pas à tous les patients.

Dans un domaine très connu, comme l'anxiété sociale, pour lequel les stratégies sont bien connues – la littérature sur le sujet remonte jusqu'à une trentaine d'années en arrière. On sait que par l'intermédiaire de la thérapie comportementale et cognitive, on peut guérir 80 % des patients ; pour autant, l'indication ne sera donnée que dans moins de 60 % des cas. Pour les patients bipolaires, nous réfutons deux patients sur trois. Une thérapie qui fonctionne dans 80 % des cas n'est pas non plus une thérapie universelle. Quelle que soit la thérapie envisagée, de même que pour n'importe quel traitement pharmacologique, il existe toujours des contre-indications.

GT : Parmi les patients que vous avez pu voir, n'en avez-vous jamais entendu aucun se plaindre des ondes électromagnétiques ?

CMS : Cela peut arriver, mais je ne m'appesantis pas dessus. Dans le même ordre d'idée, beaucoup de patients (environ 20 %) se plaignent d'acouphènes, mais ils ne me consultent pas pour ce motif.

GT : Mais s'ils ressortent guéris de la thérapie, avez-vous pu noter une réduction de certains symptômes tels que les acouphènes ou la sensibilité aux ondes ?

CMS : Nous n'en avons jamais reparlé. J'ai une plus grande expérience avec les acouphènes, car c'est un trouble assez fréquent. Dans une population de dépressifs ou de stressés, les acouphènes sont très fréquents. Ils surviennent parfois en cours de route, et parfois, ils sont déjà présents depuis un certain temps. Certains acouphènes ont pour origine des traumatismes sonores. Certains patients peuvent ressentir un soulagement après avoir travaillé sur leur état anxieux ou dépressif, mais certains ne constatent aucune amélioration des acouphènes. Quant aux quelques électrosensibles que j'ai pu voir, je ne leur ai pas demandé ce qu'il en était.

GT : En vous entendant, j'ai été frappé par le fait que vous reveniez souvent sur la mono-attribution.

CMS : C'est le postulat utilisé dans les études.

GT : Dans ce domaine ou dans d'autres, quelle est votre expérience ? On voit souvent dans les études que les patients électrohypersensibles peuvent ressentir d'autres symptômes, comme une hypersensibilité aux produits chimiques.

CMS : C'est le cas pour certains.

GT : Cela concerne environ 30 % des patients. Dans votre pratique, avez-vous l'impression d'avoir toujours affaire à des mono-attributions ?

CMS : Chacun d'entre nous possède son propre système d'attribution. Lorsque nous nous sentons bien, et en l'absence de symptômes psychiatriques, notre attribution est flexible : elle est tantôt externe, tantôt interne, tantôt les deux à la fois. Mon taxi est arrivé en retard tout à l'heure, ce que j'ai attribué au fait qu'il était resté bloqué un certain temps à l'hôpital Sainte-Anne à cause du plan Vigipirate. Je n'ai pas pensé que c'était parce que j'avais mal indiqué l'adresse ou parce que quelqu'un ne voulait pas que je puisse entrer ici.

Or dans le cas d'une souffrance émotionnelle pathologique, les patients ont tendance à adopter constamment un système d'attribution exclusivement interne ou externe. Les patients anxieux recourent principalement à une attribution externe, tandis que les patients déprimés fonctionnent principalement avec une attribution interne. Le patient déprimé pense qu'il est à l'origine de tous ses problèmes. Il se considère comme un poids pour tout son entourage, il se sent coupable de ne pas arriver à terminer son dossier à temps, etc. Le patient anxieux fonctionne fréquemment avec une attribution externe. Ainsi, j'ai reçu en consultation une de mes patientes qui venait de réussir un examen. Elle n'était pourtant pas plus joyeuse que d'habitude, car elle pensait qu'elle avait eu de la chance et qu'en réalité, elle ne méritait pas d'obtenir son diplôme.

Pour autant, les patients qui fonctionnent uniquement selon une attribution externe peuvent invoquer des causes différentes selon l'événement : le hasard, le voisin qui a soufflé la réponse, etc. Un facteur de stress externe peut être présenté comme l'origine d'un symptôme. Toutes les études, et pas seulement les trois qui m'ont semblé plus intéressantes que les autres, se basent sur le postulat selon lequel les patients attribuent leur trouble à une cause environnementale. C'est la raison pour laquelle les thérapies envisagées dans les trois études avaient vocation à rétablir une plus grande flexibilité entre les facteurs internes et les facteurs externes, et en introduisant d'autres facteurs externes possibles que les ondes électromagnétiques. L'idée est de revenir à un système d'attribution plus fonctionnel, plus conforme à celui que l'on observe chez une personne émotionnellement équilibrée.

GT : Je vous remercie. On pourrait rester des heures à vous écouter. Malheureusement... Nous vous prions de bien vouloir excuser « membre du GT », qui nous a envoyé un message hier après-midi pour nous avertir qu'il était souffrant.

CMS : De toute façon, nous resterons en contact. J'avais proposé à « membre du GT » d'évaluer un groupe de patients. J'ignore si un jour nous pourrions procéder à des évaluations avec le P^r Choudat ce qui ne serait pas inintéressant... Je serais curieuse de connaître leurs méthodes d'évaluation.

GT : « membre du GT » est mieux informé que moi sur le sujet, car il faisait partie du comité de suivi.

Réponse écrite du D^r Chevallier - 25 mai 2015

Unité de médecine Environnementale
Clinique du Parc 50 rue Emile Combes 34170 Castelnau Le Lez

- D^r Laurent Chevallier (nutritionniste ; médecin responsable de cette unité),
- D^r Pacôme Saulnier neurologue
- D^r Philippe Tarodo pneumologue
- D^r Fabien Tigoulet , interniste

Tous les médecins de cette unité sont également attaché au CHRU de Montpellier. Les patients qui consultent dans le cadre de la consultation de Médecine Environnementale se présentent d'emblée électrosensibles (3/4 EHS) ou chimiosensibles (1/4 SIOC) avec une coexistence assez régulière des 2 pathologies, souvent décalées dans le temps, de plusieurs années; lorsque le SIOC est premier, il s'agit le plus souvent d'un "traumatisme olfactif" brutal, souvent lié aux produits volatils employés sur le lieu de travail, avec une intolérance résiduelle à une quantité d'odeurs communes, et une expression plutôt respiratoire, ORL, cutanée; lorsque que l'EHS se développe d'abord, l'intolérance est insidieuse et le patient ne l'identifie pas immédiatement, la traduction clinique classique étant neurologique (céphalées séquentielles, troubles cognitifs).

Les patients recherchent une confirmation diagnostique, mais surtout une reconnaissance médicale et sociale. La pathologie évolue en général depuis plusieurs années, avec un retentissement important sur la vie familiale, professionnelle, sociale : les patients EHS se mettent en retrait de la plupart de leurs activités, de leur travail, déménagent à distance des zones urbaines ou recherchent radicalement des zones blanches.

Parmi les patients se disant EHS, les comorbidités de type fibromyalgie, fatigue chronique, sont assez fréquentes, et la plupart ont eu un dépistage de la borréliose de Lyme. les patients peuvent avoir d'emblée des troubles psychiatriques patents, de type anxiodépressif (réactionnels, fréquents), phobique (avec des conduites d'évitement) et plus rarement des éléments de dissociation, des signe psychotiques; l'expertise psychiatrique est alors proposée dans un second temps, mais cela reste assez peu fréquent car soit ils ont déjà eu un suivi psychiatrique et un traitement spécifique, soit l'anosognosie ne permet pas cette démarche; un bénéfice secondaire de leurs intolérances environnementales étant souvent recherché, la demande de certificats médicaux attestant leur pathologie est habituelle.

Chez la plus grande partie des patients EHS, l'exposition à certaines radiofréquences semble être un facteur déclenchant d'authentiques migraines, répondant aux critères IHS, avec un caractère en règle discontinu, des signes neurovégétatifs associés, et d'autres symptômes que l'on peut rencontrer habituellement chez les migraineux (hyperosmie, vertiges, troubles du sommeil, TA basse, vertiges, asthénie, troubles de concentration et de mémoire épisodique); les thérapeutiques anti migraineuses apportent une amélioration évidente lorsque le traitement de fond est pris avec une bonne observance et sur une durée de plusieurs mois."

Réponse écrite du D^r Ben-Brick - 18 Août 2015

D'une manière générale, tous les IEI-CEM ou EHS que je vois en consultation ont des problèmes circadiens et principalement de sommeil. Je pense que l'on aurait grand intérêt à faire de la recherche dans ce sens avec peut-être plus particulièrement l'axe Clock-Bmal1 ou CRY1 et 2. J'ignore comment les CEM pourraient agir sur eux mais il me semblerait y avoir un intérêt thérapeutique. Cela fait longtemps que je n'ai pas lu la dessus, mais quand on voit les perturbations engendrées par les rythmes circadiens dans l'autisme ou la dépression, et à l'inverse les améliorations récentes chez les PMD, on peut se demander si cela ne vaudrait pas le coup de faire un essai randomisé chez des volontaires EHS (mélatonine versus sans mélatonine ou avec un antioxydant type N-acétylcystéine pour lutter contre le stress oxydatif mitochondrial), vu leur état psychologique. C'est pour cela que je me suis permis d'écrire au P^r Francis Levi, un de mes maitres quand j'ai fait mon DEA et thèse de toxicologie.

Depuis quand et combien de personnes « EHS » vous recevez en consultation (~ par an), est-ce dans le cadre du PHRC de l'Hôpital Cochin dirigé par le P^r Choudat ?

Ma consultation de pathologies professionnelles et environnementales du CHU de Poitiers (UF 5040) est ouverte depuis 2006. je reçois environ 5 à 10 EHS par an. 3 seulement ont accepté de participer au PHRC de Dominique Choudat et aucun n'est allé jusqu'au bout : protocole à mon avis trop lourd et contraignant, mais fait dans un contexte particulier « sous pression ».

S'il vous arrive de porter un diagnostic d'hypersensibilité aux ondes ? Si oui, sur quels critères ? et sur combien de patients environ ?

Aucun symptôme n'est spécifique ni pathognomonique, je me fonde sur l'anamnèse, l'évolution des symptômes mais pas de critères spécifiques. On peut toutefois constater une fréquence accrue de céphalées en cimier de casque (sensation de brûlure), phosphènes et acouphènes, dans la majorité des patients.

Quelle prise en charge leur proposez-vous et quelle est leur évolution ?

Le bilan vise plutôt à éliminer des diagnostics différentiels et en premier l'intoxication au mercure. Je leur faisais faire un test DMPS (labo en Allemagne à Bremen) mais depuis l'ouverture d'une consultation environnementale en médecine interne au CHU d'Orléans où l'on peut faire ce test je les adresse là-bas, mais la consultation semble prise d'assaut.

En général, je prescris le bilan suivant :

NFS, PK, VS (syndrome inflammatoire),

EEP, IgE totales (50% des patients ont une diminution),

selon l'anamnèse : serologies herpétiques (CMV, EBV, HSV), HCV, Lyme, mais aussi hélikit (de plus en plus de publications par exemple hélicobacter pylori et parkinson : syndrome infl chronique)

Profil endoc : Cortisol, mélatonine des urines 24h avec créat

Profil immuno : Histamine (30% augmentée), Tryptase

Vitamine D (30% diminuée, mais comme dans la pop générale)

Fer sérique, ferritine (élimination hémossidérose, vaquez)

Très rarement : profil des prophyries urinaires

Presque jamais : les HSP (27.70.S100.A+B)

Jamais : encephaloscans (non reproductible)

Quels peuvent-être, d'après votre expérience, les liens entre l'EHS et le syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques que l'OMS a réuni sous le terme d'intolérances environnementales idiopathiques ?

Pour moi 50% des EHS ont un SIOC, j'utilise le questionnaire de dépistage et de suivi des symptômes avec le QEESI

Quelles sont, d'après vous, la ou les pistes (peut-être avez-vous plusieurs propositions ?) de mécanismes qui pourraient être avancées et les recherches qui devraient être engagées sur le sujet.

Cf. Introduction.

Regardez les gènes de régulations circadiens et traitement randomisé avec mélatonine avec ou sans antioxydant.

Auditions des D^r Hennaux et Loche - 10 septembre 2015

Étaient présents :

Experts du Groupe de Travail (GT)

Membres de l'Anses (Anses)

Invités : D^r Catherine Hennaux (CH) et D^r Vincent Loche (VL)

Audition du D^r Loche (ORL) et du D^r Hennaux sur la prise en charge des acouphènes

GT : Le point porte sur l'audition du D^r Loche et du D^r Hennaux sur les acouphènes et l'EHS, problème qui a émergé au cours de la dernière période. Je les remercie de nous présenter leur analyse de la situation.

Il est de coutume que nous nous présentions lors des auditions.

Les membres du GT se présentent.

Anses : L'idée est que vous nous présentiez votre travail sur les acouphènes, puis que nous puissions interagir librement en vous posant des questions.

VL : Nous sommes médecins ORL cliniciens. Nous travaillons au CHU de Lille. Nous animons une consultation spécialisée dans les acouphènes.

CH : Nous animons une consultation où les personnes viennent spécifiquement avec une plainte d'acouphènes. Nous ne nous occupons donc que de cette plainte pour concentrer notre énergie sur cette problématique, qui est tout de même une problématique émergente. Quand nous voyons des personnes beaucoup plus âgées, ayant un mode de fonctionnement très simple, venant de la campagne et présentant de gros problèmes d'auditions, et que nous leur faisons remarquer qu'elles n'entendent rien, elles répondent que cela est tout à fait normal et qu'elles ont abimé leurs oreilles en travaillant. Nous nous trouvons donc maintenant face à une population qui se plaint d'acouphènes.

Nous avons pu mettre en évidence malgré tout une certaine marche à suivre qui nous permet de nous y retrouver dans cette plainte, qui est en fait très vaste et de dégager des parallèles avec les articles que vous nous avez suggérés sur les patients qui se disent hypersensibles aux ondes électromagnétiques. Cela rappelle en effet énormément d'éléments par rapport à la prise en charge de l'acouphène.

Je ne vais pas déflorer le sujet, je vais laisser le D^r Loche présenter le sujet, mais je souhaitais préciser que nous ne voyons que des patients acouphéniques, qui viennent nous consulter pour ce symptôme. Il s'agit d'une pathologie extrêmement vaste. Grâce à une certaine expérience, nous avons pu dégager des lignes de conduite et des prises en charge spécifiques.

Je précise également que nous fonctionnons au sein d'une association française, l'afrepa, l'Association des équipes pluridisciplinaires pour la prise en charge des patients acouphéniques. Il s'agit d'une association scientifique, multidisciplinaire, qui comprend des médecins, des audioprothésistes, des psychologues cognitivo-comportementalistes et des sophrologues. S'y associent différentes associations ponctuelles, comprenant des ostéopathes, des occlusodontistes. Cela est donc assez large. Nous brassons tout ce qui concerne la plainte.

Anses : Dans les quelques publications que je vous ai envoyées, il est vrai qu'il y a peu d'éléments sur EHS et acouphènes. En revanche, nous savons que les patients qui souffrent d'hypersensibilité se plaignent très souvent d'acouphènes.

CH : C'est justement cela que nous allons discuter, car cela fait probablement partie du même processus d'hypersensibilité.

VL : Ce qui a changé dans la prise en charge de l'acouphène est le fait qu'auparavant, les ORL s'en préoccupaient peu dans la mesure où cela est réputé comme un symptôme que l'on ne parvenait pas à soigner. On soignait donc un peu les gens par le mépris, ce qui avait d'ailleurs tendance à majorer le symptôme. Depuis une dizaine d'années, avec la recherche, mais aussi avec l'expérience de différentes équipes, on s'est rendu compte qu'une prise en charge en équipe, avec des explications et de l'empathie, était de nature à aider notablement les gens. Les études qui ont été publiées sur les acouphènes évoquent notamment, dans les études d'efficacité, le rôle des thérapies comportementales et cognitives.

Nous convions les patients qui vont venir en consultation à une réunion d'information. Celle-ci dure environ une heure. Nous expliquons ce que l'on sait actuellement sur les acouphènes, domaine assez compliqué qui comprend de nombreuses inconnues. Nous leur présentons également les membres de l'équipe. De cette façon, s'ils le désirent, les patients pourront s'impliquer dans leur prise en charge. Tel est donc le progrès.

La définition de l'acouphène est relativement vague : c'est un son perçu par le patient en l'absence de stimulation sonore extérieure. Ce qu'il faut expliquer au patient, c'est qu'il s'agit d'un symptôme de quelque chose, et souvent, de quelques choses au pluriel. C'est une somme de petites choses qui vont faire que peuvent émerger des acouphènes.

L'acouphène atteint environ 10 % de la population. Globalement, 10 % de la population ont une expérience d'acouphène prolongé dans leur vie. On pense que 0,5 % des patients auraient vraiment un retentissement quotidien important sur leur qualité de vie, sur leur vie en général.

Il faut savoir que nous disposons maintenant de quelques tests pour essayer de mesurer l'intensité des acouphènes. Cette intensité n'est jamais véritablement corrélée au degré de gêne que l'on peut étudier par d'autres questionnaires de sévérité.

Un point qui rend espoir aux patients et qui nous aide beaucoup est le phénomène appelé habituation, terme qui n'est pas forcément bien trouvé, ou phénomène d'accommodation. Quand surgit un acouphène suite à un traumatisme sonore par exemple, si, au départ, il est très invasif, très écouté par le patient, des phénomènes de plasticité neuronale vont engendrer au bout de six mois ou un an, parfois moins, une habituation, une atténuation. L'acouphène va ainsi diminuer, voire disparaître dans certains cas.

Des études ont été menées, notamment à l'occasion des Journées nationales de l'audition pour indiquer la prévalence des acouphènes. Il en existe de nombreuses, dont les chiffres sont relativement concordants, mais ils montrent globalement qu'entre 10 et 20 % de la population a une expérience d'acouphène prolongé. Ceci parfois avec un aspect intermittent, un aspect permanent, une perception surtout dans le silence ou la nuit, avec un retentissement social et professionnel non négligeable.

Je ne vais pas trop entrer dans le détail, je pourrai vous communiquer les éléments. Le plus important est la façon dont on considère maintenant les acouphènes, à savoir comme une pathologie multifactorielle. C'est là que l'on peut être en lien avec vous. Globalement, 80 à 90 % des personnes qui ont des acouphènes ont une diminution de l'audition. Ceci est primordial. C'est la raison pour laquelle lorsqu'aucune étude de l'audition n'est effectuée, cela constitue déjà un biais important.

Depuis cinq, six ans, on assiste à des problèmes de posture, de tension musculaire dans la région cervico-encéphalique. On a constaté qu'il existait des connexions entre le système du nerf trijumeau ou du plexus cervical et les noyaux cochléaires au niveau du tronc cérébral. Ces acouphènes sont un peu particuliers. Des patients nous décrivent des acouphènes qui varient en fonction des mouvements de la tête, lorsqu'ils serrent les dents, voire lorsqu'ils regardent sur les côtés ou lorsqu'ils bougent un doigt. Des éléments qui nous semblaient peu explicables auparavant et qui le sont un peu plus aujourd'hui grâce à ces travaux de recherche.

Un facteur extrêmement important également est l'état psychologique et physiologique du patient. Globalement, bien souvent, un trait de personnalité prédispose à la survenue d'acouphènes gênants. Il s'agit là de neuroticisme, de patients plutôt anxieux. Mais l'acouphène peut survenir

aussi simplement à l'occasion d'un événement de vie traumatisant, un décès, un choc, un départ en retraite.

Plusieurs petits éléments vont donc s'intriquer et à un moment, « la goutte d'eau fait déborder le vase » et fait émerger l'acouphène.

Il existe différents types d'acouphènes. L'acouphène n'est pas un son unique. La plupart sont des sons aigus, tels qu'un sifflement. La « cocotte minute » est le plus classique. Mais il existe des acouphènes de timbre grave, qui nous orientent plutôt vers d'autres pathologies de l'oreille interne ou de l'oreille moyenne. Enfin, il existe des acouphènes pulsatiles, qui correspondent à la perception du mouvement vasculaire dans les vaisseaux, qui nous orientent également vers d'autres étiologies.

C'est la raison pour laquelle, avant de considérer l'acouphène comme un symptôme, il convient d'étudier ses caractéristiques. C'est ce qui manque *a priori* dans bon nombre d'études.

Lors de la réunion avec nos patients, nous effectuons une présentation de l'audition. Je propose de vous l'exposer brièvement.

L'audition a trois fonctions principales.

- Une fonction d'alerte, même la nuit. À la différence d'autres sens, nos oreilles fonctionnent la nuit. Nous dormons, nous n'entendons pas le bruit du chauffage central, mais un bruit anormal induit une réaction de réveil. Nos oreilles fonctionnent donc jour et nuit.

- Une fonction de communication, évidente.

- Une fonction plaisir / émotion. Des études montrent aujourd'hui que quand il se pose un problème d'audition, notamment de certaines surdités, les personnes sont plutôt plus dépressives. Une étude chez les personnes âgées a même fait le lien entre la survenue de maladie d'Alzheimer et la surdité non traitée. Chez l'enfant, on observe un problème d'acquisition du langage, mais cela n'est pas le sujet du jour.

Le fonctionnement du système auditif est le suivant. Le son est une vibration d'air, qui transite dans toutes les directions. Il présente deux grandes caractéristiques : la fréquence de la vibration, en hertz, qui différencie les sons graves, médiums et aigus ; l'intensité sonore, en décibels.

Cette fonction est extrêmement fine puisque l'on parvient à discerner deux sons très proches en intensité ou en fréquence, à des intervalles de millisecondes. Elle se tient dans un organe très petit, microscopique, avec la cochlée et l'organe vestibulaire qui sert à l'équilibre.

Présentation d'un schéma.

Le son arrive à l'entrée du conduit. Il fait vibrer de façon infime la membrane tympanique. L'osselet (marteau, enclume et étrier) joue alors un rôle de démultiplication. Le dernier étrier fonctionne un peu à la manière d'un piston qui fait vibrer les liquides de l'oreille interne en cadence. Cette vibration chemine dans l'oreille interne et met en résonance des cellules ciliées qui envoient des potentiels d'actions dans le nerf auditif et vont ensuite stimuler le cerveau.

La cochlée est comparable à un piano : on entend les sons aigus grâce à une partie et plus on s'approche de l'extrémité, plus cela permet d'entendre les sons graves.

Une coupe de cochlée montre les différents compartiments liquidiens, ainsi que l'organe de Corti, organe sensoriel qui comprend des cellules ciliées, ainsi appelées, car elles sont dotées de cils fixés dans des membranes de gélatine. On distingue les cellules ciliées externes et les cellules ciliées internes qui, observées sous microscope à balayage, présentent des bouquets d'environ cinquante cils par cellule.

La cellule ciliée interne est la plus importante puisqu'elle envoie le potentiel d'action vers le nerf auditif. Les cellules ciliées externes ont pour but de réguler le niveau sonore, soit de l'amplifier, soit de le diminuer.

De façon très résumée, la vibration liquidienne fait vibrer la membrane. Globalement, cela tire sur les petits cils de la cellule nerveuse qui envoie régulièrement des potentiels d'action, lesquels vont être ensuite interprétés par le cerveau. Cela passe donc par le nerf auditif et arrive dans un réseau de neurones et va finalement aboutir aux aires corticales auditives.

Nous expliquons de façon simple aux patients qu'il existe des phénomènes de filtration du signal auditif, au niveau d'un réseau de neurones diffus des structures encéphaliques et qui va analyser de façon inconsciente le signal sonore et se poser la question de savoir si ce son, qui arrive à notre cerveau, vaut la peine d'être écouté. Le bruit classique que l'on n'écoute pas est par exemple celui du réfrigérateur ou d'une ventilation, parce qu'il n'est ni trop fort ni trop gênant, qu'il n'y a pas de danger. Votre attention est plutôt portée sur ce que je dis actuellement.

Il faut comprendre que ce filtre effectue un apprentissage tout au long de notre vie et l'on va finalement s'habituer, au fur et à mesure de notre vie, à ne plus faire attention à certains bruits. Le cas classique est celui des personnes qui déménagent près d'une voie ferrée. Quand ils arrivent, ils déclarent que cela est insupportable. Six mois plus tard, ils indiquent qu'ils n'entendent plus les trains. Il existe donc ces phénomènes de plasticité cérébrale, que l'on ne connaît pas, dont on ignore le fonctionnement, mais qui sont tels que l'on est capable de ne plus faire attention à certaines choses.

Ce filtre fonctionne seul. Il fonctionne d'autant mieux que n'y est pas liée de notion de stress ou d'inquiétude. Je veux dire ici que si l'on déclare au patient qu'il souffrira d'acouphène toute sa vie, qu'il ne va jamais guérir, ou que le phénomène va s'aggraver s'il se trouve dans du bruit, s'il fait du vélo, etc., cela devient comme un signal d'alarme, qui va tourner en permanence et qui va occuper le cerveau la plupart du temps à essayer de le gérer avec plus ou moins de bonheur et entretenir des phénomènes d'anxiété, de dépression, de troubles du sommeil associés.

C'est donc ce que nous expliquons aux patients lors de la réunion. Nous sommes en train de mener une étude avec un médecin généraliste pour connaître l'effet bénéfique de la simple réunion d'information, sans aucune consultation médicale. Des patients viennent parfois nous revoir en nous disant qu'ils ont compris le phénomène et qu'ils se moquent désormais de l'acouphène. Cette connotation de stress qui est liée joue donc un rôle.

La question que nous nous posons tous est : d'où viennent les acouphènes ?

Il n'existe pas de réponse formelle actuelle. Il n'existe pas un acouphène, mais plusieurs variétés d'acouphènes. Notre but dans la recherche actuellement est d'identifier des sous-groupes pour essayer de trouver le traitement le plus adapté. Différentes théories sont avancées.

Tout cela a fait un bond en avant en 1990 avec M. Jastreboff, chercheur polonais immigré aux États-Unis, qui a mis en place la méthode TRT (*Tinnitus retraining therapy*), dont nous parlerons ultérieurement. Globalement, cette méthode est basée sur une prise en charge psychologique, mais également avec des thérapies avec du bruit.

J'en reviens à la question de savoir d'où viennent les acouphènes. Plusieurs causes sont intriquées. J'ai repris ici un document établi dans le rapport de la Société française ORL il y a une dizaine d'années où l'on listait toutes les causes, possibles, non établies, probables. Les traumatismes sonores sont évidemment la première cause. On se trouve dans un concert ou une boîte de nuit. Les oreilles sifflent. Dans le meilleur des cas, cela cesse le lendemain ; dans le pire des cas, cela demeure.

GT : Je constate que les ondes électromagnétiques ne figurent pas dans cette liste.

VL : En effet. Cette liste date d'il y a une dizaine d'années. À l'époque, je ne pense pas que cela était très médiatisé.

Classiquement, les causes principales étaient des problèmes d'audition, de mâchoire ou de cou. On trouve ensuite des phénomènes plus rares tels que des reflux gastro-œsophagiens, de l'hypertension intracrânienne. Il ne s'agissait là que d'une approche.

Au sein de notre association, l'Alrepa, nous aimerions remettre cette liste à jour et la faire évoluer. D'où l'intérêt de travailler avec vous.

Les principales causes sont otologiques, c'est-à-dire que 80 à 90 % des gens qui ont des acouphènes ont une atteinte auditive. Celle-ci survient avec l'âge (presbyacousie). À partir de 60 ou 65 ans, on peut perdre de l'audition de façon naturelle, en sachant que l'aspect génétique entre en ligne de compte. On trouve des familles de super-entendants où des personnes de 90 ans ont des seuils auditifs de bébé. Des études sont également menées sur ce point.

L'autre cause principale est, comme je l'indiquais, les traumatismes sonores. C'est malheureusement là notre grand domaine, qui est plutôt en cours d'aggravation puisque nous sommes aujourd'hui dans une société qui vit en permanence dans le bruit. Le temps est révolu où quand l'on se rendait dans un magasin, tout était calme. Aujourd'hui, il y a de la musique. Il y a du bruit dans les rues également.

Les autres causes relèvent de maladies de l'oreille :

- neurinome de l'acoustique, tumeur bénigne sur le nerf auditif,
- maladie de Ménière, qui est une anomalie de pression du liquide de l'oreille interne,
- passé d'otite,
- blocage d'osselets,
- bouchon de cérumen.

Dans ce dernier cas, l'acouphène peut disparaître si l'on retire le bouchon, mais il arrive que cela suffise pour enclencher un mécanisme et malgré le retrait du bouchon, l'acouphène demeure.

Parmi les autres causes, on trouve les médicaments :

- les médicaments classiques ototoxiques,
- certains antibiotiques, non réputés pour être ototoxiques, peuvent néanmoins donner des acouphènes,
- les antidépresseurs et les psychotropes peuvent à la fois déclencher des acouphènes chez certaines personnes et les améliorer chez d'autres.

On évoque un dégât au niveau des cellules ciliées externes, qui régulent le message auditif. Les traumatismes auraient tendance à abîmer ces cellules. Jusqu'à présent, le concept consistait à expliquer que les cils étant abîmés, la cellule ciliée, qui est stimulée de temps en temps par la membrane tectoriale, est alors stimulée en permanence. Un court-circuit est alors envoyé en permanence dans le nerf auditif qui correspond à la zone de l'audition qui a été lésée.

Ce sont des constatations que nous faisons. Lorsque nous pratiquons un audiogramme, nous mesurons les différentes bandes de fréquence de l'audition, et nous constatons que la plupart du temps, l'acouphène est situé dans la bande de fréquence où l'individu perçoit le moins. Les surdités liées aux traumatismes sonores atteignent les fréquences aiguës. La plupart du temps, les acouphènes sont donc de timbre aigu et sont très corrélés à cela.

Une petite expérience est parfois pratiquée. Elle consiste à renvoyer du son correspondant à la bande de fréquence altérée. On pratique une stimulation à forte intensité. On obtient parfois un effet, modeste, de quelques secondes, d'arrêt complet de l'acouphène. En d'autres termes, on stimule avec un son qui ressemble à l'acouphène, mais plus fort, et le cerveau stoppe transitoirement l'acouphène. C'est ce que l'on appelle l'inhibition résiduelle.

D'autres hypothèses existent, comme les systèmes efférents. Il y a des rétrocontrôles sur les cellules ciliées internes et les cellules ciliées externes, ou des dysfonctionnements de glutamate (intoxication au niveau de la synapse).

Un concept un peu plus actuel consiste à dire que soit, l'acouphène provient peut-être d'un dégât périphérique, mais quand il demeure, c'est que cela est plutôt central. C'est là que les travaux de

certaines chercheurs nous ont semblé intéressants. En effet, des travaux ont été menés au niveau du tronc cérébral et du noyau cochléaire dorsal où l'on a constaté une augmentation d'activité ou de certains neuromédiateurs, ainsi que des connexions avec le nerf trijumeau et le plexus cervico-sensitif au niveau du tronc cérébral.

Globalement, le concept actuel, que nous expliquons de façon simple aux patients est le suivant. Comme le cerveau dispose de moins d'informations sonores et qu'il n'aime pas le vide, il recrée un son parasite, un son fantôme, pour combler ce vide. Il s'agit de l'acouphène.

Un certain nombre de travaux existent au niveau de la représentation corticale. Les zones corticales sont surreprésentées à certains endroits. La recherche travaille donc sur ce qui se passe un peu loin dans le cerveau même si l'origine peut être périphérique. Vous constatez donc la complexité du sujet : cela ne se situe pas seulement à un endroit et on le guérit. On ne peut d'ailleurs pas guérir les cellules nerveuses de l'oreille interne actuellement. C'est une très petite zone. On ne dispose pas de médicament qui y pénètre bien. La recherche génétique sur la régénéscence des cellules souches semble donner des résultats, mais pas nécessairement fonctionnels. La repousse des cellules ne permet pas forcément d'entendre mieux. Telle est la situation actuelle. Peut-être des travaux plus importants sortiront-ils plus tard.

Le schéma de la page 9 met en évidence les différentes aires corticales pouvant être impliquées. Il s'agit là de la douleur fantôme, mais cela est valable aussi dans les acouphènes. Il existe de nombreux travaux d'imagerie cérébrale centrale. Je ne pratique pas du tout cela. Je suis vraiment clinicien.

Un point intéressant est le réseau de la saillance. C'est le fait que l'on parvient à percevoir un très petit détail, dans notre champ visuel par exemple. Cela est assez intéressant et la question est de savoir s'il y aurait hyperfonctionnement de certaines zones. Globalement, ce serait les aires cingulaires et le cortex préfrontal qui seraient plutôt surstimulées chez les patients atteints d'acouphène, avec une implication sur le système nerveux autonome (réactions d'angoisse et de tachycardie amplifient le symptôme).

Je passe rapidement sur les autres causes. Il faut savoir tout de même que dans notre prise en charge, nous nous intéressons au moment où le phénomène a débuté. Nous interrogeons les patients pour savoir si cela a commencé progressivement ou brutalement. Dans ce dernier cas, nous nous méfions, car cela peut provenir d'une pathologie organique, ce que l'on appelle des surdités brusques où des virus détraquent les cellules nerveuses de l'oreille interne. Un neurinome de l'acoustique peut également se révéler de cette façon. Il convient donc de mener une recherche organique avant de dire qu'il s'agit de « psycho ». Cela dit, nous voyons un certain nombre de personnes développer des acouphènes suite à un changement de rythme de vie. Le cas le plus classique est celui du travailleur dans le bruit. Lorsqu'il arrive à la retraite, il n'est plus entouré de bruit, il est un peu désœuvré et l'acouphène commence à émerger. Notre démarche consiste donc à approcher ce sujet un peu plus finement.

Un point qui me passionne également est les troubles du sommeil. Nous avons développé un petit questionnaire en la matière. Nous constatons qu'entre 40 et 50 % des personnes ayant des acouphènes présentaient déjà des troubles du sommeil auparavant. Environ 20 % de la population se décrivent insomniaques. Comme je l'indiquais, l'acouphène est souvent multifactoriel. Notre but est donc d'essayer de déterminer si la personne évoquant la surdité a également des soucis, de couple ou autres, des dents manquantes, et donc, la mâchoire de travers, ce qui entraîne des douleurs et un appui qui module les acouphènes, etc.

Le problème que nous rencontrons dans la prise en charge est qu'il faut réussir à impliquer le patient. Celui-ci vient avec le raisonnement classique qui consiste à demander un médicament pour le guérir de ses acouphènes. Il faut donc essayer de lui faire changer d'optique petit à petit, grâce notamment aux thérapies comportementales et cognitives que nous allons évoquer rapidement.

Au début, l'information auditive est importante. Le filtre l'envoie à la corticale. Quand il s'agit d'une information non intéressante, le filtre stoppe le signal électrique et il n'y a quasiment pas

d'informations sonores qui arrivent au cerveau. On n'y prête pas attention. L'acouphène peut avoir exactement le même devenir qu'un son classique.

Lorsque la lésion survient (surdité brusque, traumatisme sonore), le filtre ne connaît pas et «  coute ». L'acouphène est présent.

Au bout de quelques mois, une personne qui a une bonne qualité de vie, qui travaille, qui est heureuse, continue à vivre normalement et n'a pas changé son rythme de vie. Le phénomène d'habituation ou d'accommodation se met en place et le filtre atténue l'acouphène qui sera parfois perçu seulement dans le silence, avant de s'endormir, voire plus du tout.

Un individu moins « normal », c'est-à-dire stressé, de santé moyenne, peu heureux au travail ou dans sa vie sentimentale, d'un tempérament anxieux, ressent au début la même chose que l'individu dit « normal ». Mais ensuite, il se met en place une sorte de cercle vicieux cognitif : l'acouphène est connoté avec différents éléments. Tout d'abord, il y a les pensées négatives : « *peut-être ai-je une tumeur au cerveau* », « *cela va aller de mal en pis* », « *je vais devenir sourd* ». Ces pensées négatives vont sensibiliser plus encore et faire en sorte que l'acouphène sera davantage écouté.

Ces pensées sont associées à des émotions (tristesse, colère, anxiété, peur), à des regrets (« *je n'aurais jamais dû assister à ce concert* »), et à des comportements. C'est lorsque cela commence à retentir sur le comportement que l'on se centre un peu plus sur le symptôme avec des réactions telles que : « *le bruit est dangereux, je ne sors donc plus* ». Globalement, le patient s'isole davantage du bruit et y devient plus sensible. Il évite les réunions familiales, quelquefois le travail, surtout dans certains métiers difficiles (téléconseillers, machines bruyantes, charge de travail importante, etc.). Ces éléments sont donc de nature à renforcer le phénomène et au lieu de diminuer, l'acouphène est toujours présent, bien écouté. Le patient estime que sa vie est gâchée.

Nous expliquons aux patients en résumé que l'acouphène peut venir de différents éléments : la surdité, des problèmes de cou, de mâchoire. Puis une sorte de cercle vicieux peut l'aggraver (anxiété, dépression, troubles du sommeil).

Il est ici intéressant de s'occuper du sommeil. J'ai à ce titre un diplôme de médecin du sommeil. On s'aperçoit que certaines personnes développent des acouphènes suite à des syndromes d'apnée du sommeil. Quelques-uns de mes patients souffrant d'acouphènes ont vu une amélioration par la prise en charge par ventilation de leur sommeil. Ce n'est pas le cas le plus fréquent, mais cela montre que le traitement est vraiment «   la carte ».

Nous expliquons aux patients qu'au début, lorsque survient l'acouphène, cela va être difficile, mais que des choses peuvent être faites et que nous sommes là pour les aider. Tel est aussi le message que nous nous efforçons de faire passer aux généralistes et aux urgentistes.

Je vais passer assez rapidement sur la façon dont nous fonctionnons. Il s'agit de consultations assez longues, comme les consultations de la douleur. Nous utilisons assez volontiers un autoquestionnaire que nous envoyons aux patients avant la consultation. Cela leur permet de réaliser un premier travail d'approche.

Notre but est de chercher la cause puis d'adapter un traitement et une prise en charge en fonction de ce que nous aurons trouvé.

Nous utilisons donc des questionnaires sur l'historique, le côté touché, le début du phénomène, sur le fait de savoir si un  v nement l'a déclenché, s'il s'agit d'un sifflement, d'un battement, si le patient ne l'entend que dans le silence ou même dans un bruit environnant fort, si des éléments le modulent, le pourcentage de temps durant lequel la g ne a existé au cours du mois, etc.

Nous avons également crée une sorte de damier avec des échelles visuelles analogiques sur les comorbidités associées aux acouphènes. Certaines personnes viennent avec une plainte d'acouphènes, mais l'on s'aperçoit qu'elles sont gênées pour entendre dès qu'elles sont entourées d'un peu de bruit. La g ne numéro un est dans leur cas l'hypoacousie.

Il peut y avoir une hyperacousie (intolérance au bruit). Il s'agit d'un symptôme proche de l'acouphène, encore très difficile à définir.

Des vertiges peuvent être signalés : certaines maladies de l'oreille interne peuvent provoquer des vertiges.

Nous essayons d'analyser globalement les maux de tête, les douleurs de cou, les problèmes de mâchoires, etc. Nous leur demandons s'ils sont anxieux, qu'ils souffrent d'une baisse de moral, de problèmes de concentration. Les problèmes de concentration constituent la deuxième plainte après les troubles du sommeil associés à l'acouphène.

Comme toujours, certaines personnes remplissent bien le damier, d'autres non. Il faut donc considérer celui-ci avec recul. Néanmoins, globalement, il permet d'analyser la souffrance et d'identifier les différentes dimensions de l'acouphène.

Concernant la gêne, nous disposons de nombreux questionnaires sur les acouphènes. Aucun n'est satisfaisant. Le plus utilisé s'appelle le THI. Il évalue différentes dimensions de l'acouphène.

CH : Nous soumettons systématiquement ces questionnaires. Ce n'est pas occasionnel ou « à la carte ». Tous les patients ont l'entièreté des questionnaires.

VL : Ce questionnaire THI comporte vingt-cinq questions. La réponse « oui » est cotée quatre points, la réponse « non » est cotée zéro, « parfois » est coté deux points. On obtient ainsi des scores de gêne. Les questions sont du type. *Les acouphènes vous mettent-ils en colère ? Vous rendent-ils confus ?* Certaines questions ne sont pas idéales, car les personnes ne les comprennent pas toujours. C'est le problème des questionnaires, mais il s'agit tout de même là de l'élément le plus utilisé dans le monde.

Concernant le sommeil, l'index de sévérité de l'insomnie est globalement validé.

Il existe également l'échelle d'Epworth, qui concerne plutôt la somnolence diurne. Cela m'intéresse pour les apnées du sommeil, les narcolepsies ou d'autres pathologies du sommeil.

Nous utilisons aussi en première approche l'échelle HAD (anxiété, dépression). Le questionnaire comprend sept questions sur l'anxiété, sept questions sur la dépression. Les scores sont additionnés. Au-dessus de 8, on est globalement positif. Cela permet de faire prendre conscience aux patients d'un terrain anxieux ou de dépression associée. Ce questionnaire est souvent amélioré après les prises en charge alors que les scores THI ou les échelles visuelles analogiques le sont moins.

En pratique, nous examinons le patient : les oreilles, la mâchoire, le cou, le nez. Nous pratiquons un test auditif d'audiométrie tonale. Nous envoyons des signaux dans le casque, de bandes de fréquences différentes, en partant des sons graves pour aller jusqu'aux sons aigus. On observe ainsi une éventuelle diminution de l'audition. Chez le sujet jeune, une audition normale se situe entre 0 et -20 décibels. Dans l'exemple que je fais figurer dans ma présentation, la personne a une diminution de l'audition essentiellement sur une partie des médiums et des aigus. La voix moyenne est d'environ 60 décibels. Pour ce patient, une partie des informations est à la limite du perceptible. Globalement, les aigus servent surtout à comprendre certaines consonnes.

Dois-je accélérer ma présentation ?

GT : Ceci est tout à fait intéressant pour resituer l'acouphène dans notre problématique. On trouve en effet beaucoup d'analogies avec l'EHS. Une question me vient à l'esprit : observez-vous des acouphènes isolés, c'est-à-dire qui ne s'accompagnent pas de troubles du sommeil ou autres ?

VL : 90 % des personnes qui ont des acouphènes sont dans ce cas. Il existe des acouphènes à audition normale. Il convient de préciser que l'audiogramme est un examen assez grossier. Il s'agit d'une analyse par bandes de fréquences. Si quelques cellules ciliées parmi les 16 000 de l'oreille interne ne fonctionnent pas, l'audiogramme ne le fait pas apparaître. Des recherches sont donc effectuées également sur les nerfs auditifs, les potentiels d'action. Les équipes de Montpellier travaillent beaucoup sur ce sujet.

D'autres examens peuvent être pratiqués également.

- Les potentiels évoqués auditifs, qui permettent de connaître le fonctionnement du courant nerveux dans le tronc cérébral et dans le nerf auditif. Nous les pratiquons peu.
- L'analyse des autoémissions acoustiques qui peut mesurer le fonctionnement des cellules ciliées externes.

Auparavant, on disait que 10 % des acouphènes avaient des autoémissions spontanées, c'est-à-dire un mouvement spontané de certaines cellules ciliées externes. Dans la pratique, je réalise cela lorsque je dispose du matériel. Certaines personnes, principalement des jeunes, ont beaucoup d'autoémissions qui correspondent parfois au timbre de l'acouphène. Qu'en dire ? Nous n'en savons rien et surtout, nous ne disposons pas de traitement.

GT : Trois articles ont présenté récemment le symptôme d'acouphène chez les sujets qui se disent hypersensibles aux ondes électromagnétiques. C'est la validité et la pertinence de ces articles qui nous intéressent, car nous ne possédons pas vos compétences pour en juger.

C'est une question qui est apparue *a posteriori*. Les premières études cliniques sur l'EHS ne faisaient pas du tout état de cette pathologie. Le premier travail qui signale la présence d'EHS date de 2004. Il indiquait une fréquence de 14 % chez les sujets EHS, mais sans population témoin. Il peut s'agir par conséquent d'un travail quelque peu discutable.

D'autres travaux ont été menés avec des fréquences très variables. Un travail a été réalisé par une association de soutien aux EHS et donnait des chiffres totalement extravagants, en distinguant les sifflements, les bourdonnements, les bruits de cloche dans l'oreille, avec des taux de 50 % ou 60 %, mais toujours sans population témoin pour juger.

Ce point nous a donc intéressés. Ces 10 % correspondent au « tout-venant » des acouphènes évalués par des études épidémiologiques fiables. Il serait intéressant que vous puissiez préciser cela dans notre rapport pour que nous puissions en discuter. S'il n'y a pas de population témoin, il est bon au moins de se référer aux données épidémiologiques.

D'autre part, malgré cette fréquence très variable selon les publications, l'étude de certains articles montre qu'après les grands symptômes dont se plaignent les personnes hypersensibles (céphalées, troubles du sommeil, fatigue, troubles de la concentration et de la mémoire), le sixième ou le septième symptôme est souvent l'acouphène. Il existe beaucoup d'autres troubles, comme les troubles cardio-respiratoires, mais l'acouphène revient alors que l'accent n'a pas été mis dessus dans les études.

VL : L'acouphène est aussi un peu plus médiatisé maintenant. Depuis quelques années, il existe des campagnes d'information, de la prévention des bruits. Nos associations ont régulièrement publié des articles. La médiatisation est donc plus importante, y compris parce qu'il y a une prise en charge. Il existe beaucoup d'associations de protection pour les concerts qui distribuent des bouchons par exemple. Je pense que le domaine de l'audition est davantage à l'ordre du jour.

Paradoxalement, dans mon expérience, j'ai assez peu de patients qui rattachent leurs acouphènes à l'électrosensibilité. Quelques patients m'indiquent que l'acouphène augmente lorsqu'ils se trouvent près de leur ordinateur.

Une patiente que j'ai vue hier a un acouphène pulsatile. Elle a déclaré que des antennes étaient implantées près de sa maison, qu'elle avait déménagé et que ses acouphènes allaient mieux. Cela dit, en même temps, elle s'est fait soigner une dent qui était douloureuse.

Vous voyez donc toute la difficulté du sujet. Il est vrai que la plainte n'est pas souvent rattachée à l'électrosensibilité, mais plutôt au fait de ne pas dormir, à des problèmes de concentration ou d'audition. Cela dit, on ne pose pas la question non plus. Nous pouvons éventuellement travailler sur le sujet en ajoutant une question « *vous sentez-vous électrosensible ?* ».

CH : Quand le patient indique qu'il a eu un acouphène après un appel téléphonique prolongé, nous lui demandons quelle était la teneur de la conversation. Il s'avère, par exemple, qu'il parlait du placement du père dans une maison de repos et que la personne qui était au bout de la ligne

se plaignait de devoir s'occuper de cela vis-à-vis du reste de la famille qui ne voulait pas s'en charger. Le contenu émotionnel en rapport avec le coup de téléphone qui a été déclencheur, prolongé 20 minutes, est aussi important que l'exposition.

Pour revenir à votre question sur les acouphènes avec audition normale, cela existe. Il s'agit généralement de personnes qui ont un processus anxieux et hyper attentif, voire obsessionnel, et qui souvent, psychologiquement, présentent des échelles qui ne sont pas complètement normales par rapport aux valeurs normales.

VL : Le problème est aussi que lorsqu'on a un acouphène, on devient anxieux. Dans les acouphènes en audition normale, je recherche volontiers tout ce qui est problème postural et il est vrai que l'on aboutit parfois à des améliorations – s'agit-il d'un effet placebo ou autres ? – avec des soins d'occlusion dentaire ou de gouttières ou de prises en charge de ce type.

Je me base sur le retour des patients, car je sais fort bien qu'un très grand nombre d'éléments peuvent entrer en jeu. Une mauvaise nouvelle apprise par téléphone peut déclencher un acouphène, mais le téléphone est parfois un élément. Les téléconseillers par exemple passent huit heures par jour dans des niveaux de bruit important, des rapports signal/bruit et d'autres tâches à gérer. Beaucoup de téléconseillers viennent nous consulter. En revanche, ils ne se plaignent pas forcément d'hypersensibilité aux ondes magnétiques, mais plutôt de sensibilité auditive, et d'une fatigue auditive en fin de journée.

Souhaitez-vous que j'aborde les thérapeutiques ?

GT : Je préférerais que vous nous parliez des trois articles. Celui de l'Entraide est original. Hutter (2010) indique qu'il existe peut-être une légère augmentation avec un usage prolongé.

CH : Surtout des céphalées, principalement chez les jeunes.

Ce que je trouvais intéressant dans cet article est un peu ce que nous venons d'expliquer, c'est-à-dire que l'acouphène n'est qu'un symptôme supplémentaire par rapport à la cohorte des symptômes dont souffrent les personnes hypersensibles aux ondes électromagnétiques. En effet, on retrouve tout de même 50 % des personnes ayant des acouphènes dans ce groupe. Par contre, on ne fait pas du tout état de tests d'audition ni de l'exposition au bruit. Il y a donc là un biais énorme.

Nous avons tout de même une mesure possible de l'acouphène, qui est directe au niveau de l'audition, puisque nous pratiquons une acouphénométrie. Nous plaçons le patient dans une cabine, nous faisons passer une bande de sons en modulant, et nous pouvons cibler son acouphène. Celui-ci n'est donc pas juste une plainte ; il est ciblé. On ne parle absolument pas de cela dans cet article, qui est par ailleurs extrêmement bien fait et qui montre surtout une hyper vigilance, tant chez les personnes qui se disent sensibles aux ondes électromagnétiques que chez les personnes acouphéniques. Il s'agit donc de cette espèce d'hyper vigilance, qui se trouve dans cette espèce de système de filtration qui ne fonctionne pas bien, et qui expliquerait l'effet des thérapies cognitivo-comportementales, tout comme nous envoyons nos patients vers ces thérapies.

VL : Les traitements les plus validés dans l'acouphène actuellement sont les thérapies comportementales et cognitives. Cela consiste en une sorte de désensibilisation vis-à-vis du symptôme, au fait de retirer toutes les pensées négatives, les émotions associées. À Lille, nous disposons de psychologues, d'un réseau de sophrologues. Des thérapies sonores sont également pratiquées. En synthèse, la thérapie sonore consiste à diminuer le niveau de contraste entre l'acouphène et le silence. Il s'agit de poser un « matelas sonore », sous forme de petits appareils auditifs, de générateurs de bruit, dans l'oreille, qui enrobe l'acouphène sans le faire disparaître, et qui le rend moins perceptible. Il y a donc une diminution des phénomènes d'attention. Ceci avec un panel de *counseling*. Ces thérapies sont pratiquées par des audioprothésistes extrêmement formés. Environ 50 % des patients vont mieux après avoir une thérapie sonore et 70 % après une thérapie comportementale et cognitive.

L'évaluation est toujours difficile. Je sais que vous aimeriez obtenir des réponses très claires et très nettes, mais malheureusement, vous ne les obtiendrez pas avec moi. Les scores d'amélioration des échelles visuelles analogiques, des THI, des anxiétés et des dépressions sont parfois spectaculaires. Il arrive que des personnes déclarent aller mieux et leurs scores sont quasiment inchangés. C'est la raison pour laquelle je suis assez méfiant vis-à-vis des études. Il est très difficile de remplir une échelle visuelle analogique ou de juger la qualité de son sommeil. Il en va de même avec l'autoquestionnaire et le questionnaire rempli avec le médecin ; les résultats sont différents.

Toutes les études scientifiques comportent ce biais énorme qu'il faudrait contrecarrer en ayant une prise en charge individuelle de chaque patient, en l'interrogeant afin de savoir s'il souffre d'un problème de cou, de mâchoire, d'une surdité, et en pratiquant d'autres explorations. C'est alors que l'on va probablement retrouver d'autres causes associées.

Chez les jeunes par exemple, cela peut être associé à l'utilisation d'écouteurs. Je pense donc que le lien existe probablement, mais qu'il se fait plus par le biais d'une hyper vigilance, d'activation. Il est ressorti de l'étude que les gens étaient toujours en état d'hyperveil. C'est la raison pour laquelle ils sont insomniaques également. Les thérapies comportementales de l'insomnie sont d'ailleurs les mêmes. Pour l'instant, les seules solutions dont nous disposons consistent à reprogrammer le cerveau.

GT : Vous ne proposez donc pas de thérapie médicamenteuse, n'est-ce pas ?

VL : Non, sauf au tout début. Quand l'acouphène survient, cela est désagréable et l'on ne dort plus. Si l'on ne dort plus, l'on est moins bien et si l'on est moins bien, on le supporte moins bien. Pour ma part, dans l'acouphène récent, je prescris éventuellement une thérapie anxiolytique et hypnotique ainsi que certains antidépresseurs pour quelqu'un dont le moral est un peu bas et qui tombe dans la dépression. Cela ne se limite pas aux médicaments. Nous expliquons au patient que cela va être difficile, que nous allons l'aider, mais que dans un premier temps, il faut dormir en attendant que les phénomènes d'habituation se mettent en place. Le médicament a donc une place au début. Il y a quelques années, on prescrivait *larga manu* du Rivotril, etc. Ensuite, certains patients, équivalents d'acouphéniques ou de douleurs neuropathiques pourraient être sensibles. On en donne plutôt actuellement dans les acouphènes pulsatiles de type « machine à écrire ». Certains acouphènes sont dus à des contractions des muscles de l'oreille moyenne. Dans ces cas-là, cela fonctionnerait peut-être un peu plus.

GT : Globalement, comment évaluez-vous l'efficacité thérapeutique que vous avez dans les acouphènes ?

VL : Nous les évaluons en revoyant le patient.

CH : Cela dépend vraiment de la participation du patient à son processus thérapeutique. Dans le cadre des réunions, nous présentons le schéma médical, suivi de celui d'un audioprothésiste qui reprend les thérapies sonores, puis de celui d'un cognitivo-comportementaliste et l'on termine généralement par une séance de sophrologie. Cela dure deux heures. Les personnes qui ont compris le sens du message, c'est-à-dire « *nous vous expliquons, nous vous considérons donc capables de comprendre et nous avons besoin de vous pour le retour et l'évolution* », guérissent. Celles qui n'y entrent pas et persistent à demander un médicament ne guérissent pas et finissent par aller consulter quelqu'un d'autre. Elles ne cesseront de se plaindre et ne seront jamais satisfaites. Il faut donc bien considérer la participation du patient à sa prise en charge thérapeutique.

VL : Un autre point est que les patients qui vont bien ne reviennent pas nécessairement, de même que ceux qui ne sont pas satisfaits. Nous revoyons donc des personnes qui vont bien, des personnes qui vont mal. La plupart du temps, quand nous demandons à celles qui ne vont pas bien ce qu'elles ont fait depuis la dernière consultation, elles nous répondent qu'elles n'ont rien fait.

CH : J'établis toujours un petit programme.

VL : Oui, nous donnons des conseils simples, psychoéducatifs, sur le sommeil par exemple, tel que le fait de respecter son sommeil, de faire du sport, un peu de sophrologie. Il est vrai que quand ils s'engagent dans un processus, rares sont les gens qui ne vont pas mieux. Il n'y a pas nécessairement disparition de l'acouphène, mais notre but est que l'acouphène ne soit pas la source de préoccupation principale.

GT : En l'absence de traitement de l'hypersensibilité électromagnétique, l'idée a été défendue par plusieurs groupes d'experts d'une prise en charge symptomatique de ces patients. Se pose donc la question de la prise en charge du symptôme acouphène lorsqu'il se présente chez ces personnes. Dans cette hypothèse, pensez-vous que des personnes qui pratiquent des consultations spécialisées, comme vous le faites, accepteraient de traiter les gens qui vous seraient envoyés par les centres de consultation de pathologies professionnelles ? Ce sont en effet maintenant les centres de pathologies professionnelles qui sont en charge de ces patients électrosensibles. Accepteriez-vous de prendre en charge les patients venant avec le diagnostic EHS ?

VL : Bien sûr, cela peut être tout à fait intéressant. On pourra également indiquer qu'il existe tel ou tel autre élément. Je pense que cela se place dans une prise en charge globale. Pour avancer sur ce problème, il faut que l'on travaille tous ensemble et que l'on communique. Un problème qui se pose souvent en médecine est un manque de communication parce qu'on ne sait pas exactement ce que fait l'autre. L'objet de nos topos est un peu celui-là.

CH : Un point qui m'a intéressée dans les articles est le fait que souvent les patients se disent sensibles aux ondes électromagnétiques, c'est-à-dire qu'ils décrètent eux-mêmes qu'ils sont sensibles. Indépendamment de cela, en tant que comité scientifique qui s'occupe de ce genre de problèmes, savez-vous à quoi nous sommes exposés en termes d'ondes électromagnétiques dans cette pièce par exemple ? Chaque personne a une exposition qui est probablement moyennée par son mode de vie et a éventuellement des à-coups d'exposition. Cette épidémiologie est-elle réellement menée ? Quel mode de vie ont les personnes qui se disent sensibles ? Ont-elles une activité extérieure sportive ? Etc. Tout cela a-t-il été moyenné ?

GT : Certaines personnes déclarent qu'elles ne peuvent vivre que dans ce qu'elles nomment les zones blanches, c'est-à-dire les zones dépourvues d'ondes électromagnétiques, d'autres disent être incommodées, mais poursuivent une vie familiale et professionnelle normale. Tous les degrés existent.

S'agissant de l'évaluation, il existe des exposimètres. La plupart de ces personnes sont équipées de matériels divers leur permettant de dire qu'il y a des ondes électromagnétiques.

VL : Elles se focalisent plus encore sur le problème. Cela va contre l'habitation.

A-t-on mesuré ces personnes à des placebos dans une zone blanche et dans un champ magnétique ? Existe-t-il réellement une preuve ? Des personnes parviennent-elles à déclarer qu'à tel endroit, il existe tant de rayonnement ?

GT : Leur argument consiste à dire que lorsqu'ils sont exposés, lorsque le Wi-Fi de leur voisin fonctionne, ils ne se sentent pas bien. Ils sont également sensibles aux basses fréquences.

VL : Quelques-uns de mes patients présentent des sensibilités aux infrasons, notamment des sons d'usine.

GT : Il s'agit essentiellement des champs magnétiques émis par les appareils électroménagers.

CH : Un de mes patients a déclaré avoir eu son acouphène après avoir subi un examen par résonance magnétique nucléaire. Il indique que cet examen a gâché sa vie. Il s'agit d'un monsieur rustique, qui est agriculteur, qui n'a jamais vécu dans un milieu extrêmement connecté, et qui a dû faire un examen par résonance magnétique nucléaire. Je pense que cela n'était même pas en rapport avec son acouphène. Mais cela était très bruyant et on lui a fait porter un casque. Ce patient se focalise sur ce point, il déclare que sa vie est fichue depuis lors et qu'il n'aurait jamais dû faire cet examen.

La question est celle de la problématique réelle dans laquelle on se trouve. On ne peut pas dire que ce monsieur n'a pas été exposé. Il a bien sûr été soumis à du bruit. Mais il indique que cet examen a gâché sa vie.

VL : Un IRM est extrêmement stressant.

CH : Lorsque je programme des IRM pour des problèmes otologiques, j'indique à mes patients qu'il s'agit d'un mauvais concert de rock, qu'ils vont demander un casque et que cela n'est pas dangereux. Généralement, ils ne me rapportent pas ensuite que cela s'est très mal passé.

GT : Très bien. Je vais maintenant ouvrir la discussion.

GT : Vous avez quelque peu abordé le sujet, mais existe-t-il des marqueurs pathologiques, biologiques des acouphènes ?

CH : Sur les voies neurologiques, il existe le système Gabaergique, mais après, la dopamine et la sérotonine, qui relèvent du système limbique et du système émotionnel, entrent en jeu. Toutes ces voies sont activées.

GT : Les EHS se sentent mieux quand ils se trouvent dans des zones blanches qu'au sein de la population générale. Prenons l'exemple d'une personne qui se dirait ou qui serait EHS et qui subirait des acouphènes lorsqu'elle se trouve dans un endroit standard. Les acouphènes pourraient-ils cesser brutalement quand elle se trouve dans une zone blanche puis revenir brutalement lorsqu'elle en sort ? Serait-elle en mesure de dire qu'elle se sent bien en zone blanche ? Les acouphènes pourraient-ils cesser puis reprendre ?

CH : Oui, si la personne active elle-même sa vigilance en fonction de sa sensation.

VL : Il existe des acouphènes intermittents. Les personnes nous disent que trois jours par semaine par exemple, lorsqu'elles se réveillent, l'acouphène est fort et il le sera toute la journée. Cela est peut-être dû au fait qu'elles ont mal dormi ou que la position de nuit n'était pas idéale.

Ensuite, lorsque cela va bien, les acouphènes sont toujours présents, mais peu perçus. L'intensité diminue.

Pour nous, une guérison correspond au fait que la personne indique que l'acouphène est présent, mais qu'elle ne l'entend quasiment plus et que cela lui est indifférent.

GT : Il se pourrait donc que si la personne se sent bien ou si elle pense se sentir mieux dans une zone blanche, elle ne ressent pas l'acouphène, et lorsqu'elle sait qu'elle retourne dans le « monde méchant », elle le ressent à nouveau, n'est-ce pas ?

CH : Absolument, avec la question de la connotation du « monde méchant ». Selon moi, cela est primordial.

VL : Oui. Le simple fait de penser que la personne va se rendre à une réunion bruyante peut conduire à ce que l'acouphène soit plus fort.

Certains patients voient leur acouphène amélioré lorsqu'ils se trouvent dans le bruit prolongé et d'autres le voient s'amplifier. Il n'existe pas de mécanisme univoque. Nous nous adaptons et nous essayons de répondre à la demande, mais certains éléments ne sont absolument pas compris. D'autres personnes déclarent aussi que leurs acouphènes varient en fonction de la pression atmosphérique.

CH : Il s'est agi là encore d'une personne très obsessionnelle qui s'est rendue à la consultation avec un graphique précis.

VL : Est-ce réactionnel ? Est-ce qu'elle cherche elle-même à se soigner et de ce fait qu'elle développe cela, ou est-elle déjà comme cela à la base ? C'est toute la question.

GT : Dans le domaine de l'EHS, un certain nombre d'auteurs évoquent un effet nocebo. Pensez-vous que l'on peut évoquer la même chose pour les acouphènes ?

VL : Bien sûr. Il arrive que l'effet nocebo soit donné dès le début par le médecin généraliste qui indique au patient qu'il n'y a rien à faire et que l'acouphène est présent pour toujours. L'effet placebo consiste à écouter le patient, à lui expliquer ce qu'il a, à compatir, et à l'aider.

GT : Existe-t-il des publications qui évoquent l'effet nocebo dans les acouphènes ?

VL : Je ne pense pas. Sur les consultations d'empathie, etc., cela existe. L'acouphène est très compliqué à évaluer. La plupart des gens qui ne vont pas bien ont souvent eu, dès le départ, une information alarmante de la part du médecin, du pharmacien, du voisin, ou encore d'internet, car seules les personnes qui vont mal communiquent sur internet. C'est le problème de l'information reçue initialement. C'est la raison pour laquelle on essaie de former les jeunes ORL et les généralistes à transmettre un message plus optimiste.

GT : Vous avez parlé des muscles de l'oreille interne. Peut-il y avoir une relation entre les acouphènes et le réflexe stapédien ? En effet, les gens sensibles aux basses fréquences peuvent avoir une modification du réflexe stapédien.

CH : Il s'agit davantage du muscle du marteau.

VL : Oui, le muscle du marteau est beaucoup plus puissant. Certaines personnes ont des acouphènes qui ne sont finalement que des réflexes stapédiens. Ils indiquent qu'en présence d'un bruit fort, cela claque.

GT : Peut-être est-ce pour cela que les gens sont plus sensibles aux basses fréquences. Il atténue les basses fréquences.

VL : Il peut y avoir ce cas de figure. Il peut y avoir parfois des myoclonies. Quelques recherches sont menées actuellement sur les muscles du marteau. Nous avons un patient très intéressant en la matière. Nous nous rendons demain à un congrès à Nantes et il va nous en parler. Il y aurait un lien entre des tensions du muscle du marteau, le tensor tympani, et la survenue de sensibilité, de douleurs d'oreilles, ainsi qu'un lien avec la mâchoire, car embryologiquement, ce muscle se trouve sensiblement au même endroit. Le problème est que nous ne disposons d'aucun examen pour mesurer cela. Nous n'avons pas de tympanométrie permettant d'examiner la tension du muscle.

Certains traitements ont proposé d'injecter de la toxine botulinique vers l'orifice de la trompe d'Eustache pour essayer d'inhiber cela. Il ne semble pas que cela ait beaucoup d'effets.

Cela est de l'ordre de la recherche, mais je vais vous montrer le schéma pour souligner l'ampleur du sujet.

Présentation d'un schéma.

Il s'agit de l'hypothèse : traumatisme sonore, cellules ciliées, noyaux cochléaires, olive supérieur – cela relève du réflexe cérébral, du système émotionnel – qui pourrait agir par des anticipations au bruit. Parce que l'on sait qu'il va y avoir du bruit, on contracte le muscle du marteau ou le réflexe stapédien. Cela va augmenter les pressions endo-labyrinthiques, libérer peut-être également des neuro-médiateurs et donner une inflammation neurogène. Il s'agit là du cas d'un patient qui est professeur, qui a une hyperacousie depuis qu'il a assisté à deux concerts. Il cherche, mais il cherche intelligemment. Il a donc repris la littérature et globalement, c'est lui qui nous apprend.

Dans tous ces concepts d'inflammation neurogène et autres, il y a probablement des éléments. Nous sommes persuadés que certaines personnes souffrent de problèmes de mécanique au niveau de l'oreille. Il n'y a pas de nerf de la sensibilité dans l'oreille. Par conséquent, pourquoi a-t-on mal quand on a un acouphène ? Tout cela est de l'inconnu, mais cela progresse un peu. Il nous faudrait réaliser des électromyographies du muscle du marteau.

GT : Dans le cas des EHS, on parle d'un ensemble de symptômes subjectifs. Qualifieriez-vous l'acouphène comme tel ? Il est à dire du patient que vous recevez. Il n'est pas objectivé.

VL : Tout à fait, sauf pour ce qui concerne les acouphènes pulsatiles. Il s'agit d'une expérience personnelle du patient. Ce qui nous intéresse, c'est la façon dont il le vit. S'il le vit bien, cela va aller ; s'il ne le vit pas bien, nous essayons de l'aider. Il n'existe aucun marqueur ni aucun test.

Ensuite, certaines zones cérébrales sont plus activées chez les acouphéniques. Je ne connais pas cela très bien, mais il s'agit probablement des mêmes zones que dans l'anxiété.

CH : En pratique, en clinique, mis à part le questionnaire, il en va comme pour tous les autres symptômes, sauf si une pathologie otologique claire est associée.

GT : On met en évidence la pathologie, mais cela reste à classer dans le symptôme, c'est cela ?

CH : Absolument. Il n'y a d'ailleurs pas de corrélation entre la gêne vécue par le patient et l'intensité de l'acouphène. Certains acouphènes qui sont au seuil de l'audition, comme les acouphènes à audition normale, ont parfois des échelles de gêne à 10/10.

VL : S'agissant des éléments plutôt objectifs, dans le cas d'une surdité complète d'une oreille, suite à un virus, avec des acouphènes très invalidants, la stimulation par implant cochléaire conduit environ 80 % des patients à une cessation de l'acouphène. Cela signifie qu'il existe des mécanismes neurologiques de privation sensorielle. C'est le principe même des aides auditives. Pour les patients ayant une petite surdité avec des acouphènes, on essaie tout de même de corriger cette surdité ; l'on rajoute un peu de bruit de fond pour diminuer la tonalité de l'acouphène. Pour certains, le simple fait d'installer une prothèse auditive entraîne la disparition complète de l'acouphène ; pour d'autres, ce n'est pas du tout le cas.

GT : L'expertise ORL est intéressante. On sait qu'il peut exister un lien entre la sensation d'acouphène et toute fatigue auditive, après un concert ou autres. Il est donc correct de dire qu'une utilisation intensive d'un téléphone, de par la fatigue auditive occasionnée, pourrait induire des acouphènes.

VL : Pourquoi pas ? Est-ce dû au niveau sonore ? Est-ce dû au champ ? Je ne pense pas être le seul, mais quand je téléphone longtemps, cela « chauffe ». Il se produit donc des phénomènes au niveau du cerveau.

Je crois qu'il existe une étude sur les glandes parotides. Il me semble qu'il y a une augmentation de prévalence des tumeurs de la parotide chez les gens qui téléphonent beaucoup. Non ?

(Discussions simultanées)

CH : On parle de rayonnement électromagnétique. Cela dit, il existe différents types de rayonnements électromagnétiques selon le type de villes dans lequel on se trouve. Avez-vous une idée précise de l'impact sur l'individu du téléphone par rapport au reste de l'environnement, avec les relais GSM, les appareils connectés, etc. ?

(Prises de parole simultanées)

CH : Il existe différents types de téléphones, différents rayonnements.

GT : Certaines personnes nous indiquent qu'elles sont sensibles à tel téléphone, un Dect par exemple, mais pas à un autre Dect.

VL : Parvenez-vous à prouver cela ? Réalisez-vous des tests en double aveugle ? Des éléments ont-ils été mis en évidence ?

(Discussions simultanées)

GT : En général, les gens se plaignent d'abord d'une source, puis ils deviennent peu à peu sensibles à tout.

VL : De plus, il doit toujours y avoir une certaine angoisse pour les personnes qui se demandent si cela ne va pas provoquer une tumeur au cerveau dans une dizaine d'années.

GT : Elles possèdent souvent des dossiers médicaux très importants.

GT : On note tout de même une cohérence dans le discours entre une personne électrosensible et l'acouphène. Le téléphone portable est l'objet qui expose le plus. La première chose que fait l'électrosensible est de se débarrasser de son téléphone portable. Cela est donc cohérent avec votre propos. La personne se débarrasse de son portable, mais le phénomène demeure.

CH : C'est là que les échelles visuelles analogiques et toutes les échelles de mesure peuvent être intéressantes.

GT : Toutes les études cliniques effectuent maintenant une certaine quantification avec ce que l'on appelle les échelles de Likert, sur cinq ou sept niveaux selon les auteurs. La plupart des études récentes essaient de quantifier la symptomatologie. Des échelles globales ont même été proposées, avec des seuils. En général, elles sont propres à un laboratoire et rarement utilisées par d'autres. Par conséquent, aucune échelle ne fait consensus de façon internationale. Il y a donc une très grande diversité. Nous avons essayé de rassembler ces éléments et nous sommes arrivés à 85 symptômes identifiés chez ces personnes. C'est peu par rapport à d'autres problématiques pour lesquelles 325 symptômes ont été identifiés.

GT : Les EHS sont souvent associés à des sensibilités aux produits chimiques. Avez-vous observé un déclenchement d'acouphène à la suite d'une exposition à des produits chimiques, quels qu'ils soient ?

VL : Très peu de cas de ce type ont été verbalisés par le patient. Par la suite, quand nous posons des questions, il peut mentionner ces phénomènes. Au total, j'ai dû voir deux ou trois patients dans ce cas, peut-être pas pour des acouphènes, mais plutôt dans le cadre d'une consultation ORL classique. Le concept d'hyper vigilance et d'hyperéveil du cerveau rejoint un peu tous les sujets, l'insomnie, etc. À mon avis, nous vivons dans une société où l'on est de plus en plus en hyperéveil, y compris pendant les congés.

CH : Étonnamment, il faut parfois rappeler à des patients des mesures d'hygiène de vie basiques auxquelles ils ne sont plus attentifs, telles que ne pas s'endormir devant la télévision, ne pas se trouver devant un écran d'ordinateur une à deux heures avant de se coucher, avoir un lieu pour s'apaiser dans la chambre. Les gens n'ont plus notion de ces mesures.

VL : De la même façon, certaines personnes arrêtent de pratiquer le sport parce qu'ils ont des acouphènes. Lorsqu'ils reprennent le sport, cela va mieux. Dès que survient un changement en raison d'une idée erronée, cela va moins bien. Je pense qu'il en va un peu de même avec le téléphone.

GT : Je souhaitais citer l'exemple d'un collègue qui a subi une opération grave. Depuis, il a des acouphènes, permanents semble-t-il, qu'il a reliés à son anesthésie.

VL : Dans les acouphènes post-anesthésie, on peut citer aussi l'intubation. Lorsqu'on intube une personne, on tire très fort sur la mâchoire. Ensuite, il convient de savoir s'il s'agit d'une chirurgie dans la région de l'oreille ou de la tête, ou d'une diminution de la pression du liquide cébrospinal. Un stress peut être induit par l'intervention si celle-ci est conséquente. Des médicaments tels que des antibiotiques toxiques peuvent avoir été prescrits. Il convient d'aller dans le détail des éléments. Cela dit, il est vrai que cela se produit régulièrement. Je constitue une base de données. J'ai maintenant environ 1 500 patients. Les anesthésies générales sont mentionnées en effet, mais il convient ensuite de préciser les éléments.

Anses : Vous donnez des indications de prévalence tout de même très élevées, de 10 %. Vous mentionnez ensuite des proportions de la population plutôt de l'ordre de 20 %.

CH : Seulement 1 % se plaignent vraiment d'acouphènes. Les 10 % correspondent à une population qui peut faire une expérience d'acouphène, mais parmi ces 10 %, seulement 1 % des patients est venu en consultation pour cette raison.

Anses : Dispose-t-on des éléments en termes de dynamique de tendance ? Il s'agit là de données issues d'études récentes, mais sait-on combien de personnes se plaignaient de l'acouphène il y a dix ou quinze ans ?

VL : L'acouphène est difficile à définir et à déterminer. Ainsi, si vous vous placez dans une pièce calme, vous entendez des acouphènes. Si l'on vous pose la question, qu'allez-vous répondre ? 80 % des personnes que l'on place dans une chambre anéchoïque pendant une demi-heure ont un acouphène. Le soir, dans votre chambre, si vous écoutez ce qui se passe dans les oreilles, vous allez peut-être développer un acouphène.

Globalement, le taux est d'environ 16 %, mais dans certains cas, ce n'est absolument pas gênant. L'acouphène suffisamment gênant pour le verbaliser touche environ 10 % de la population. L'acouphène très gênant correspond à 0,5 %.

CH : Il s'agit d'un symptôme, non d'une maladie.

Anses : Parmi ces 10 %, connaît-on la ventilation par âge, par sexe ?

VL : Cela augmente un peu avec l'âge dans la mesure où la surdité augmente avec l'âge. Ensuite, si l'on pose la question « *avez-vous des douleurs ?* », vous répondez par l'affirmative. Il en va comme pour les acouphènes. Cela se produit de temps en temps. C'est la raison pour laquelle plus mon expérience grandit, moins je fais confiance aux études. Je me base davantage sur mon expérience et le retour des patients.

Pour le congrès qui se tiendra demain, j'ai analysé les questionnaires en analogique. Certaines personnes mentionnent des scores d'anxiété élevés, à 10, et une HAD à 2. Il n'y a parfois pas de cohérence. Ont-elles mal rempli le questionnaire ? S'en moquent-elles ? Rien n'est plus complexe que l'évaluation de la qualité de vie et d'un symptôme d'un patient. C'est pourquoi nous nous aidons mutuellement au sein de nos équipes. Le psychologue constate que le patient est plutôt dépressif, l'audioprothésiste est également formé à ce sujet, etc. Nous échangeons. Il est très difficile d'évaluer la gêne d'une personne et son symptôme. La lecture du questionnaire peut montrer que l'acouphène d'un patient n'est pas fort et que le score est bas. Il n'en demeure pas moins que le patient vient nous consulter pour cette raison.

GT : Le mécanisme physiopathologique que vous avez présenté ressemble beaucoup à celui que propose quelqu'un comme Pascal Cathebras dans l'ensemble des symptômes médicalement inexpliqués, mais également dans la douleur. En poussant à l'extrême, diriez-vous que l'acouphène est la douleur du système auditif ?

VL : Oui.

CH : Tout à fait. On parle d'ailleurs de douleurs fantômes en parlant des acouphènes.

VL : C'est la raison pour laquelle lors d'une stimulation avec du bruit, cela cesse parfois. On comble le vide, on comble cette fausse information anarchique.

GT : Dans le cadre de mon ancienne pratique de consultation de neurologie générale, j'ai reçu des personnes qui sont venues pour des acouphènes. On consulte dans ce cas surtout les ORL, mais aussi les neurologues. Cependant, je n'ai jamais eu de consultation pour des phosphènes, qui seraient finalement la même chose, mais pour le système visuel. Avez-vous, parmi vos patients, des gens qui ont aussi des phosphènes ?

VL : Ils n'en parlent pas, mais je ne pose pas la question non plus.

GT : En neurologie, quand on est face à des phosphènes, on pense immédiatement à une épilepsie dans les zones de la vision.

VL : Il peut avoir aussi des décollements de la rétine ou ce genre de choses. Je pense que les gens atteints de phosphènes vont plutôt consulter un ophtalmologue.

GT : Dans les plaintes des électrosensibles, on ne trouve pas de phosphènes.

VL : Les phosphènes doivent être beaucoup plus rares.

CH : Les ondes haute fréquence stimulent peut-être tout de même les voies auditives.

GT : Vous dites que certains de vos patients s'adressent ailleurs. Savez-vous où ils vont chercher ? Certains trouvent-ils des solutions qui les satisfont ?

VL : Ils vont partout. Au début, ils consultent plutôt les professeurs, en médecine traditionnelle. Ensuite, on arrive assez fréquemment à l'acupuncture, à l'homéopathie, à l'ostéopathie, avec parfois de bons résultats. Ils consultent des dentistes ou des occlusodontistes. Ces derniers sont mes préférés, car le constat nous convient : déséquilibre de posture, tensions musculaires. La faculté de dentaire de Lille est relativement à la pointe sur le sujet. Nous observons des

améliorations chez certains patients. L'occlusodontie n'est pas l'orthodontie. Il ne s'agit pas de l'alignement des dents, mais la façon dont les deux mâchoires se ferment. Il faut que les dents soient bien en vis-à-vis. Si tel n'est pas tout à fait le cas, cela peut jouer un rôle. Au niveau du nomadisme médical, les patients vont souvent consulter les autres équipes d'acouphènes. Ensuite, on arrive aux rebouteux, aux magnétiseurs, aux compléments alimentaires, etc.

Notre principe est de leur expliquer ce que l'on sait actuellement, et que s'ils veulent que nous fassions quelque chose pour eux, ils doivent s'inscrire dans notre projet. Je leur indique que je ne peux pas leur proposer d'aller consulter un homéopathe parce que je ne connais rien à ce domaine et que je ne suis pas certain que cela les aide, mais s'ils le font et que cela fonctionne, je suis satisfait. Le problème est que nous n'avons pas de retour. Il arrive que nous revoyions les personnes au bout de cinq ans. Elles indiquent que cela va relativement bien, qu'elles ont suivi quelques séances de kinésithérapie et qu'elles reviennent pour faire le point, ou à l'inverse que cela s'est aggravé. Pour certaines personnes, le contact est bien passé, mais il est très difficile d'obtenir un suivi.

De plus, nous sommes débordés, nous sommes très peu nombreux. Nous ne sommes que deux et 10 % de la population sont concernés. Nous avons entre quinze et vingt demandes par semaine et nous voyons quatre patients par semaine. La liste d'attente est donc longue. Finalement, nous parvenons à sélectionner. Nous avons un biais de sélection plutôt sur les gens plus invalidés, qui appellent à l'aide, qui rappellent régulièrement et pour lesquels nous essayons d'avancer le rendez-vous.

GT : Nous allons vous remercier.

Audition du D^r Barthe - 29 avril 2014

Étaient présents :

Experts du Groupe de Travail (GT)

Membres de l'Anses (Anses)

Invité : D^r Yannick Barthe (YB)

Audition de Yannick Barthe (YB) : Analyse de témoignages d'EHS

GT :

Le corpus de lettres dont l'analyse a été confiée à YB trouve sa source dans un appel à témoignages lancé en 2012 (*le 22 février*) par le collectif des EHS de France. L'étude visant à évaluer un protocole de prise en charge spécialisée des patients EHS mise en œuvre à l'hôpital Cochin (PHRC du Pr Choudat) ne prévoyant, d'après le Collectif, aucun moyen d'objectiver les troubles des EHS, celui-ci a invité les EHS à se faire connaître auprès des autorités sanitaires. Les travaux que YB va nous présenter ont été réalisés à partir de ce corpus de textes.

YB :

Origine du corpus

L'objectif des courriers envoyés par les EHS était d'interpeller directement les autorités sanitaires sur les conséquences des expositions aux radiofréquences et sur l'existence et les conditions de vie des personnes victimes du syndrome d'intolérance aux champs électromagnétiques.

Les personnes se disent électrosensibles ou hypersensibles, et seulement deux personnes se disent victimes du « syndrome d'intolérance aux champs électromagnétiques ».

Limites du corpus

Le corpus présente plusieurs « biais de recrutement », car les témoignages qui en font partie sont ceux de personnes :

- qui ont un certain degré de maîtrise de l'écriture,
- qui appartiennent à des associations (notamment avec le collectif des hypersensibles),
- qui sont généralement sensibles à plusieurs sources de RF et très affectées, souvent de manière assez dramatique. L'exception est le cas de Stéphane, 25 ans, seul témoignage où l'hypersensibilité est minorée. Il exclut le wifi, et les symptômes généralement indiqués. Il relativise son hypersensibilité.

Autre limites :

Ce sont des courriers cadrés, avec des recommandations d'écriture (1 page, recommandation de concision, faire un témoignage uniquement, éviter les revendications, aucune mise en accusation des opérateurs, mais centrée sur des cas personnels, etc.).

Il y avait également dans l'appel à témoignage un guide de rédaction, avec des thèmes pouvant être abordés (historique de la maladie, tableau clinique, sources d'émissions qui leur sont nuisibles, actions mises en œuvre, situation administrative, conséquences sur la vie quotidienne, etc.).

Au final, 64 lettres ont été reçues, dont 20 manuscrites. D'autres courriers ont ensuite été mis en ligne sur le site des collectifs.

Les témoignages :

Les auteurs sont en majorité de femmes (54), dont l'âge est souvent supérieur à 45 ans (mais l'âge n'est pas toujours précisé). Les courriers sont parfois accompagnés de documents (articles de presse ou certificats établis par le P^r Belpomme pour une dizaine de lettres), et leur longueur est variable (de 1 à 4-5 pages). Le guide de rédaction a globalement été suivi, avec essentiellement de nombreux détails sur les symptômes, moins sur les conséquences.

Au final, cela donne un sentiment de grande hétérogénéité, avec une singularité des cas, et pourtant une certaine répétition, si bien qu'on a parfois l'impression de lire le même témoignage. Cependant, malgré l'hétérogénéité du corpus, il est possible de distinguer des grandes figures, des itinéraires communs.

On a également un sentiment de frustration, en raison d'un manque de détails : les lettres présentent des « histoires à trous », dont il est impossible d'approfondir certains aspects (contrairement à une situation d'entretien où les relances sont possibles). Certains exemples sont présentés dans le diaporama.

Tableaux cliniques :

Le tableau clinique des troubles les plus souvent mentionnés que l'on peut dresser est le suivant :

troubles du sommeil, parfois insomnies totales, réveils soudains et douloureux,
maux de tête violents,
vertiges, nausées,
problème de concentration et perte de mémoire,
démangeaisons, eczéma, fourmillements dans les doigts,
irritabilité, crise d'angoisse,
acouphènes, sifflement dans l'oreille,
douleurs cervicales,
sensations d'échauffement ou de perforation de l'oreille,
sensations de brûlure aux extrémités.

D'autres troubles sont moins fréquents mais récurrents :

Malaises, saignements de nez, douleurs abdominales, troubles intestinaux, troubles cardiaques (palpitation, tachycardies, *etc*), aphasies, dyslexie, problèmes d'élocution, tensions nerveuses et douleurs à la mâchoire.

Enfin, des troubles plus rares sont mentionnés dans un témoignage ou deux :

Diabète, troubles de la vue, inflammation de la thyroïde, troubles de l'équilibre, crampes, intolérance à la chaleur, intolérance à la lumière naturelle, décharges électriques dans les bras et les jambes, confusion mentale, infarctus, hématomes, pertes de cheveux,

Craintes de ne pas être pris au sérieux :

On observe des formes d'anticipation de la délégitimation du témoignage et de la psychologisation, avec la crainte d'être classé comme malade mental. Mention également d'un avant (personne en bonne santé, non hypochondriaque) et d'un après, et mention fréquente de la situation sociale pour donner des gages de personne sérieuse.

Régime de la preuve :

Plusieurs niveaux de preuves :

concomitance entre contact d'une source (Wi-Fi, téléphone) et douleur ;

expérimentations personnelles (éloignement de la source et arrêt des symptômes, vacances), suppression des sources (débrancher la box, remplacer le téléphone sans fil par un téléphone filaire). Le corps comme preuve : capacité à détecter des sources de CEM. Utilisation de protections qui vont parfois apporter une amélioration de la situation, une forme de bien être, ce qui apporte alors la preuve que les ondes sont responsables du mal-être initial. Recoupements *a posteriori* entre symptômes et présence de CEM.

Le plus souvent, ce qui vaut preuve pour ces personnes, c'est de constater des symptômes similaires chez des personnes EHS (dès lors qu'il y a contact sur internet, dans des associations).

Enfin, la preuve plus traditionnelle est l'attestation médicale (l'analyse réalisée par le Pr Belpomme).

GT : Le seul à fournir des certificats est le P^r Belpomme ?

YB : Effectivement, les autres médecins font parfois des suggestions mais pas des analyses. Par exemple « avez-vous déjà pensé à débrancher votre box ? ».

Découverte de l'électrosensibilité :

Comment ces personnes se découvrent-elles EHS ? Deux grands cas de figure :

- L'EHS comme point d'arrivée, découverte de la cause *a posteriori*

L'EHS est dans ce cas le point d'arrivée d'un long parcours de santé.

Dans ce cas les symptômes sont anciens, variés et restés inexplicables en dépit d'un long parcours du combattant. Le parcours médical est en forme de désespoir : maux de tête, fatigue chronique, douleurs musculaires, fibromyalgie, crises d'angoisse et dépression.

Le rapprochement avec les CEM se fait suite à la lecture de la presse ou de recherches sur internet, ou encore la découverte de symptômes similaires chez des personnes se disant EHS. Comme le dit l'une des personnes, cela fait « un bien fou de voir que cela arrive à d'autres personnes ».

Parfois, ce sont des affaires liées à l'implantation d'antennes qui vont initier les rencontres avec des associations. Plus rarement, c'est le médecin qui parle d'hypersensibilité aux CEM.

La dernière étape du parcours est l'attestation médicale avec les examens médicaux et l'attestation réalisés par le Pr Belpomme.

Ces personnes sont presque soulagées de découvrir une cause à leurs problèmes.

- L'EHS comme point de départ

Ces personnes avancent qu'elles n'ont jamais eu de problème de santé avant un choc initial.

La confirmation de la causalité vient après des expérimentations personnelles et avec le constat de l'aggravation des symptômes dès lors qu'il n'y a pas eu d'aménagement du domicile ou de vigilance par rapport aux sources. Puis contact avec des associations ou avec des médecins indépendants, qui va donner lieu à un diagnostic.

Ces personnes sont plutôt inquiètes des symptômes futurs, de ce qui va leur arriver dans l'avenir. Souvent, des liens sont faits avec d'autres formes d'hypersensibilité, notamment avec les métaux lourds. On constate que le rapprochement avec les métaux lourds ne vient jamais avant le diagnostic du P^r Belpomme, et que c'est souvent lui qui suggère qu'il faudrait par exemple songer à remplacer les amalgames dentaires.

Le rapport aux médecins

Les témoignages dénoncent la méconnaissance du problème par les médecins : dénonciation du déni, de la psychologisation, d'une impuissance explicative. S'ils disent qu'ils ne comprennent pas, ils sont dénoncés comme ne prenant pas au sérieux les malades.

Parallèlement, il y a héroïsation des médecins qualifiés d'indépendants, en dépit de traitements dont l'efficacité n'est pas évoquée (à base de vitamines et d'oligo-éléments) et qui n'améliorent pas le problème. Ce qui compte c'est semble-t-il que les médecins aient pris les personnes au sérieux, qu'ils aient mis un mot sur les maux des patients.

Le rapport à la médecine est assez ambivalent car il y a chez les EHS une critique de la médecine et un désir de médicalisation, un désir d'être pris au sérieux.

L'ambivalence du statut d'EHS :

Les EHS se sentent victimes d'isolement social, d'incompréhension. Ils mettent en place une stratégie d'évitement des lieux collectifs ; ils font état de la perte de leurs amis voire d'une rupture dans leur couple.

Ils sont en quête d'une reconnaissance, d'un statut officiel de victime. Ils souhaitent le plus souvent une prise en charge des coûts financiers (le coût des aménagements, des traitements, des consultations, ainsi que la prise en charge des problèmes financiers liés à la perte d'emploi).

Mais il y a ambivalence, car en même temps, dans certains cas, la découverte de l'EHS est vécue comme un soulagement, c'est enfin la découverte d'une cause.

C'est une maladie et une cause en même temps, c'est la différence avec la fatigue chronique et la fibromyalgie. C'est la fin d'une quête de causalité.

Ambivalence également, car la découverte de l'EHS donne un sentiment de certitude. Malgré l'inefficacité de certains traitements, le diagnostic est rarement remis en cause.

La découverte de l'EHS donne à ces personnes le sentiment d'appartenir à un collectif, voire un collectif d'avant-garde en avance sur la société, avec une posture de sentinelle.

On peut s'interroger sur le rôle du Pr Belpomme et des associations, qui permettent à ces gens de ressentir un certain soulagement, avec un sentiment d'appartenance à une communauté. Cela permet de stopper la recherche ininterrompue de causes.

Pour conclure, je tiens à insister sur l'ambivalence des électrosensibles et sur les limitations imposées par la composition de ce corpus de témoignages.

Discussion/questions

GT : En effet, manque un certain nombre de dimensions. C'est une bonne base de travail pour aller d'aller plus loin.

GT : Merci, c'était vraiment très intéressant. Peut-on expliquer le fait que ce sont essentiellement des femmes qui ont répondu ? Y a-t-il une nuance entre les hommes et les femmes ?

YB : Les hommes se sentent peut-être faibles lorsqu'ils avouent de tels symptômes (fatigue chronique, etc.). Ils sont peut-être plus réticents à se confier.

GT : Il y a peut-être une explication physiologique/neurologique. Le seuil de perception de la douleur est en effet plus bas chez les femmes que chez les hommes, cela a été démontré expérimentalement. Si l'EHS s'avérait être un trouble de la perception de la douleur, cela pourrait expliquer pourquoi cela serait plus fréquent chez les femmes que chez les hommes.

GT : J'ai retrouvé point par point les dimensions que l'on retrouve dans le syndrome des bâtiments malsains. Ce pourrait être la notion de milieu ? Peut-on rentrer en contact d'avantage avec ces personnes pour approfondir ?

YB : les femmes sont peut-être plus exposées car elles occupent des postes de travail plus exposés (*open space*, etc.). Je ne suis pas sûr de pouvoir approfondir, car il n'y a pas toujours les adresses des personnes.

Pour avoir interrogé des victimes du syndrome du bâtiment malsain, l'EHS semble être liée à un sentiment de certitude, et poser des questions pourrait être interprété comme une remise en cause du lien, ce qui n'est pas le cas dans d'autres pathologies, tel que le SBM. Je ne sais pas s'il est

aussi facile de s'entretenir avec ces personnes-là, qui ont un sentiment de certitude bien plus prononcé que des personnes souffrant du SBM.

GT : Est-ce qu'il y a des témoignages de personnes EHS qui disent avoir guéri ?

YB : Cela n'apparaît pas dans ces courriers. Il serait aussi intéressant de voir si l'on peut trouver des personnes qui se sont mises à douter de l'EHS comme cause de leurs problèmes de santé.

GT : on verra ce que les gens du PHRC de Cochin, qui ont suivi les personnes pendant 1 an, on pourra voir si on voit une évolution.

Dans l'article de Rööslü, au bout d'un an, certaines personnes ne se déclarent plus EHS.

GT : il serait intéressant d'étudier l'histoire de ces personnes.

YB : oui, et de rencontrer des personnes en situation de doute. Elles sont difficiles à atteindre car par définition elles ne sont pas forcément en contact avec les associations.

GT : Lorsque l'on va faire des entretiens avec des EHS, ce qui prend beaucoup de temps, on se rend compte qu'ils ont une pile de dossiers de preuves. Ce qui m'a également frappé, c'est que dans la présentation l'instrumentation n'est quasiment pas apparue.

Lors du régime de la preuve en contact physique, les instruments de mesure sont quasiment toujours présents, pour continuer à s'auto convaincre qu'on n'est pas fou en quelque sorte. Au quotidien, ils sont toujours en train de vérifier, car la doute persiste, et parce qu'il faut avoir toujours un renforcement, ces instruments sont un des éléments essentiels de ce renforcement quotidien. Cela m'a frappé de le voir apparaître très peu dans les témoignages.

YB : La mesure apparaît dans quelques témoignages, mais je ne l'ai pas toujours mentionné. Ce qui est intéressant c'est comment on en vient à faire des mesures de CEM. Dans ce cas, c'est qu'on a un doute très prononcé sur le type de causalité. En revanche ce qui n'apparaît pas dans les témoignages, et il faudrait faire des entretiens pour le savoir, c'est si d'autres mesures sont effectuées par la suite. Il faudrait savoir s'il y a de nouvelles mesures faites régulièrement.

GT : Ils s'équipent souvent pour pouvoir faire des mesures en continu voire des cartographies.

YB : dans les témoignages, les mesures semblent être rudimentaires. Les mesures au long cours n'apparaissent pas. Dans ces témoignages, les possibles doutes ne sont pas mentionnés. C'est plutôt l'aggravation des symptômes qui est évoquée, et la situation d'impasse à laquelle elle conduit.

GT : Beaucoup de recherches sur le problème des CEM ont porté sur le risque de cancer. Est-ce que ces gens EHS ont une angoisse par rapport au cancer du cerveau ?

YB : Cela n'apparaît pas. Le cancer est évoqué deux fois (une personne qui s'est faite opérée et qui se considère désormais guérie, et une autre qui évoque un ancien cancer de la prostate).

GT : ils ne doivent pas se sentir visés, car ils s'éloignent des ondes et ne se sentent peut être pas concernés.

GT : les gens qui évoquent leur diabète ou problèmes de thyroïde, font ils le lien avec les ondes ?

YB : non car c'est une personne qui évoque toutes ses pathologies, le doute persiste mais c'est quand même évoqué.

Anses : J'ai trouvé intéressante la distinction entre les 2 profils d'EHS. Est-ce que leur stratégie de soins est différente (éviter des sources, soins médicaux, etc.) ?

YB : C'est difficile à dire. Les 1^{ers} sont en fin de parcours, ils ont tout essayé (hypnose, etc.) se sont presque habitués, ils sont davantage dans une stratégie d'évitement. Les 2^{nds} sont plus dans une quête d'explications. Tous aménagent leur domicile. Ensuite, ils entrent en négociations avec

leurs voisins (pour qu'ils passent au filaire par exemple). Ils réalisent des aménagements avec des protections (voiles, bandanas, etc.).

GT : Il existe aussi des « biorupteurs »², qui débranchent tous les champs dans une pièce.

YB : Certains changent de poste de travail ou déménagent. Avec ce corpus, on ne sait pas si les déménagements évoqués sont dus à l'EHS ou la perte d'un emploi. Dans les négociations au travail, en général ça se passe plutôt bien, avec souvent un changement de poste.

GT : Le cadrage du corpus est surprenant lorsqu'il est mentionné « pas de revendication ». Sur les forums, cela débouche très vite sur les astuces pour avoir un licenciement à l'amiable, des indemnités. Le médecin apparaît comme un gourou. Il y a tout un marché derrière, des enjeux financiers.

YB : Les revendications sont formulées en termes assez généraux, et sont orientées vers la reconnaissance officielle de cette maladie et la prise en charge des coûts (congé maladies, aménagements, etc.). La plainte récurrente ce sont les soucis financiers provoqués par la maladie.

GT : Il n'y a pas du tout de relation avec le poste de travail dans ce que vous présentez. Est-ce que, dans ce corpus de témoignages, ce sont des gens qui sont particulièrement exposés ?

YB : Il y a les problèmes liés au domicile et ceux liés au travail, mais ces personnes occupent plutôt des postes de bureau, *a priori* faiblement exposés.

GT : On ne doit pas faire de généralisation à partir de témoignages sollicités par internet. Ce sont forcément des gens qui ont du temps et qui savent rédiger. Il y a forcément un biais de recrutement. Si on souhaite conclure sur ce point, il faudra une étude plus carrée.

GT : oui on ne peut pas extrapoler à partir de ces témoignages.

GT : J'ai une question de méthode. Est-ce que tu as pu regarder s'il n'y avait pas un biais dans la description, dans la mesure où le témoignage demandé était formaté ?

YB : les personnes se sentent obligées de répondre à tous les thèmes, ce qui est frustrant car parfois on aimerait qu'un des thèmes soit plus développé. On sent qu'il y a une recherche pour balayer tous les thèmes évoqués dans le guide.

GT : Je relève la critique des médecins et la foi en la médecine. L'influence du P^r Belpomme ne se manifeste pas que par les attestations qu'il délivre mais aussi dans le vocabulaire utilisé (syndrome d'intolérance électro-magnétique) qu'il a créé.

Pour les personnes qui ont un long parcours médical, elles sont soulagées par le diagnostic. Cela reste dans le domaine du non expliqué en médecine. Pour les autres, qui disent avoir eu un choc, cela mérite des investigations. Quel est le contexte qui a entouré le contact ? Parfois il y a un choc émotionnel, un deuil, et c'est à cette période que certaines pathologies vont se déclarer. Le fait même de déclarer cela mérite un approfondissement particulier. Est-ce qu'il y en a beaucoup ?

YB : Je ne peux pas me prononcer sur le pourcentage de personnes dans ce cas. Mon point de vue personnel est que les personnes qui ont un long passé de symptômes ont plus de mal à convaincre que tout est lié aux CEM, mais elles sont peut-être dans le vrai. Mais pour les autres,

² Le Biorupteur est un appareil bipolaire qui permet de lutter contre la pollution électromagnétique causée par l'installation électrique d'un habitat existant. Le Biorupteur coupe automatiquement l'alimentation d'un circuit électrique lorsqu'aucun appareil ne fonctionne sur ce circuit et la rétablit instantanément dès la première demande de courant. De ce fait, le Biorupteur supprime toute forme de pollution électromagnétique lorsqu'aucune demande de courant n'est nécessaire sur le circuit concerné. L'installation s'effectue directement sur le tableau électrique d'un habitat

<http://www.geobiologie.be/nos-protections/le-biorupteur>

celles qui relèvent de la 2ème catégorie, les témoignages sont troublants et emportent plus facilement la conviction.

Cependant, ces témoignages sont souvent décontextualisés, on n'a pas d'explication sur le contexte, c'est pour cela qu'il faut être très prudent sur l'interprétation que l'on peut en faire.

GT : Est-ce que tu vois la possibilité d'aller plus loin dans le projet d'investigation exploratoire (PIE) sur les EHS sur cette base-là ?

YB : Ce qui serait intéressant, c'est de réaliser des entretiens approfondis afin de contrecarrer la frustration ressentie à la lecture de ce corpus de témoignages.

GT : M. Rivasi a un projet de zone blanche, avec des équipes de recherche qui seraient intéressées. J'y vois la possibilité de réaliser ce PIE. Si ce projet de zone blanche prenait corps, cela pourrait être une possibilité de reprendre contact avec les EHS.

YB : Il n'y pas beaucoup de littérature basée sur des entretiens approfondis, avec une démarche qualitative.

GT : Il y a parfois une association entre EHS et exposition aux produits chimiques, l'un après l'autre ou en concomitance. Est-ce que cela apparait dans les témoignages ?

YB : Quasiment pas, sauf peut-être 1 ou 2 fois où il est question d'intolérance aux produits chimiques ou aux métaux lourds. Ce n'est pas très présent. Peut-être que les personnes qui témoignent pensent que plus elles évoqueront de sensibilité, moins leur témoignage sera crédible.

Les témoignages se terminent souvent par une phrase de conclusion, faisant parfois référence à l'amiante, et évoquant une peur pour les générations futures.

GT : Est-ce qu'il y a un type d'émetteur qui se détache dans les lettres ? Est-ce qu'il y a beaucoup de cas qui disent ne plus avoir de symptômes lorsque l'émetteur est éteint ?

YB : Cela arrive au moment de la découverte de l'EHS. On débranche et ça va mieux, mais après les symptômes persistent sur le long terme.

Sur la question des sources, il y a un peu de tout : Wi-Fi, téléphone, DECT, antennes. Il n'y a pas de dominante, les plaques à induction, fils électriques, aspirateur reviennent assez souvent.

GT : Beaucoup d'auteurs font une classification entre EHS 50 Hz et EHS autres sources (écrans cathodiques, RF, etc.).

YB : Ce qui domine, c'est le Wi-Fi, les antennes et le téléphone mobile. Le DECT apparaît dans une moindre mesure, puis les appareils électroménagers et les fils électriques.

GT : Concernant les personnes qui se déclarent EHS suite à un choc, je trouverais intéressant de connaître le niveau d'information de ces gens sur la pathologie avant qu'elle se déclenche. Ont-elles déjà lu avant sur l'EHS ?

YB : Il me semble que ces personnes disent avoir fait des recherches sur internet pour comprendre et avoir trouvé des symptômes similaires chez d'autres personnes après avoir ressenti des effets.

GT : 64 témoignages, cela donne l'impression qu'il n'y a pas beaucoup d'EHS.

GT : Quel est le bilan de la carte dont « membre du GT » nous a communiqué le lien ?

<http://www.populationdata.net/indexcarte.php?option=pays&pid=68&mid=3071&nom=france-sensibilite-electromagnetique>

Au 13 janvier 2014, le site recensait 792 EHS.

YB : il ne faut pas négliger le fait que les personnes qui témoignent doivent maîtriser l'écriture, ce qui peut exclure certaines autres personnes.

GT : Il y a pas mal de gens qui disent à leur médecin être sensible, mais cela ne les gêne pas (voir l'article de Lambroso 2013 paru dans La presse médicale : sur les 600 médecins interrogés, 181 avaient été consultés par des patients se plaignant d'EHS au cours des derniers mois).

L'article est disponible sur Zotero.

Audition de Maël Dieudonné- 29 avril 2014

Étaient présents :

Experts du Groupe de Travail (GT)

Membres de l'Anses (Anses)

Invité : Maël Dieudonné (MD)

MD : Cela fait 3 ans que j'étudie les hypersensibilités environnementales et les représentations associées, dans le cadre d'une thèse de sociologie. Mon travail s'inscrit dans une tradition de sociologie cognitive qui vise à comprendre comment se déterminent les représentations individuelles. J'ai découvert les hypersensibilités par hasard sur Internet. Je m'y intéresse en tant qu'elles conduisent des individus à changer radicalement de représentations, avec des conséquences concrètes sur leur vie quotidienne et dans un contexte d'incertitude scientifique.

Je vous présenterai ma démarche d'enquête, puis les trajectoires cognitives à l'issue desquelles les personnes EHS se reconnaissent comme telles, et enfin leurs symptômes. Je tiens à préciser qu'il s'agit de résultats préliminaires, non encore publiés³.

- Méthode et recrutement :

À ma connaissance, il n'existe pas de travaux similaires dont j'aurais pu m'inspirer. J'ai donc choisi d'interroger directement des personnes hypersensibles sur leur expérience, ce qui est une démarche habituelle en sociologie.

J'ai recruté les sujets de plusieurs manières : à l'aide d'une annonce diffusée par plusieurs associations, par des sollicitations directes lors de rassemblements, et par interconnaissance. Je n'ai souffert de pratiquement aucun refus de participer à l'enquête. Je crois que me rencontrer était perçu comme un acte politique contribuant à la reconnaissance de l'EHS. Aussi, beaucoup de personnes EHS manquent d'occasions de s'exprimer en confiance. On m'a dit une fois : « c'est toi mon thérapeute ».

Les critères d'inclusion dans l'étude étaient :

La conviction d'être EHS,

La modification de ses pratiques en conséquence.

Je n'ai jamais dû appliquer ce second critère. Toutes les personnes que j'ai rencontrées avaient modifié leur vie quotidienne, ce qui montre qu'elles étaient sincèrement convaincues d'être hypersensibles.

J'ai réalisé la majorité des entretiens au domicile des sujets et en face-à-face, selon une méthode semi-directive. Je partais d'une question très ouverte (« comment les choses sont passées pour vous ? ») en laissant les sujets répondre librement, aussi longtemps qu'ils le souhaitaient. Je revenais ensuite sur les points importants qu'ils n'avaient pas abordés. L'avantage de cette méthode est qu'elle oriente peu les sujets et produit des informations très riches sur leurs représentations et leurs raisonnements. Son inconvénient est d'être chronophage : la durée moyenne des entretiens est de 2h23 (de 1h10 à 6h) !

³ Ils l'ont été dans la revue *Bioelectromagnetics* en 2016 (« Does electromagnetic hypersensitivity originate from nocebo responses? », vol. 37(1), p. 14-24).

J'ai réalisé 40 entretiens auprès de 29 femmes et 11 hommes EHS, âgés de 51 ans en moyenne, habitant aussi bien en ville qu'à la campagne.

- Résultats :

La conviction d'être EHS apparaît à l'issue d'une trajectoire remarquablement cohérente, retrouvée chez tous les sujets. Elle se compose de 7 étapes.

- 1) Des symptômes pénibles ou handicapants apparaissent. Ils se développent jusqu'à devenir ingérables, par exemple en empêchant de remplir les obligations de la vie quotidienne. Ils provoquent alors une rupture biographique qui révèle leur anormalité.
- 2) Les personnes se renseignent sur la nature et les moyens de soigner ces symptômes, notamment auprès de la médecine conventionnelle. Mais ces recherches s'avèrent infructueuses. Elles ne permettent ni de comprendre l'origine des symptômes, ni de restaurer la normalité des conditions d'existence.
- 3) Les personnes découvrent le diagnostic d'EHS. Elles y entrevoient une explication possible, le plus souvent après s'être reconnues dans le témoignage d'un EHS. Cette découverte suscite un questionnement vertigineux : « et si c'était ça ? ».
- 4) Les personnes collectent des informations sur l'EHS, de manière souvent compulsive. Ces informations font naître des sentiments contrastés, qui oscillent entre le soulagement et la crainte. Les personnes sont rassurées d'avoir peut-être identifié la cause de leurs problèmes, mais effrayées par les conséquences de cette explication : « comment vivre si je ne supporte pas les ondes ? ».
- 5) La conviction d'être hypersensible apparaît de manière inconsciente, tout en étant rejetée consciemment : « je ne veux pas de cette maladie, elle est trop nulle ! ».
- 6) Cette conviction s'enracine grâce à des expériences météorologiques et thérapeutiques. Les personnes observent la présence de champs électromagnétiques à chaque occurrence de leurs symptômes, et constatent que l'évitement leur permet d'aller mieux. « J'ai éteint la box et immédiatement j'allais mieux », « quand j'ai mal je trouve toujours du Wi-Fi ». Ces expériences impliquent de leur part un apprentissage assez poussé : quels appareils rayonnent, comment s'en protéger ?
- 7) Le diagnostic d'EHS est accepté de façon consciente.

L'évidence des liens entre les symptômes et les expositions est construite rétrospectivement, par tout un travail de mise en cohérence de l'expérience.

En revanche, il est difficile de caractériser la symptomatologie de l'EHS. J'ai constaté que les personnes EHS peuvent attribuer n'importe quel phénomène anormal à n'importe quel type d'ondes. Cela complique beaucoup l'identification de régularités. Ce qui semble surtout jouer, c'est leur capacité à reconnaître des sources d'exposition dans leur environnement.

GT : À combien estimez-vous le nombre d'EHS en France ?

MD : Je le situerais à environ un millier, d'après les données des associations. Mais le seul dénominateur commun entre les EHS est la revendication de ce diagnostic. Un simple comptage des symptômes ne permettrait sans doute pas d'objectiver les choses. Comment l'affirment beaucoup des personnes que j'ai rencontrées : « il y a autant de sensibilités que d'hypersensibles ».

GT : Cette phrase concluait un article néerlandais de 2008, cette expression s'est peut-être propagée à partir de là.

MD : Je ne sais pas. Il y a d'autres raisons qui rendent difficiles de caractériser la symptomatologie de l'EHS. Les EHS ont tendance à lui attribuer rétrospectivement tous leurs problèmes santé. Ils ont aussi tendance à évaluer leur sensibilité à partir d'épisodes très anecdotiques. Enfin leurs symptômes et leurs attributions fluctuent parfois au cours du temps. Certains EHS décrivent des évolutions par crises, d'autres des évolutions progressives. Malgré tout, on peut distinguer les

symptômes rapportés seulement par quelques personnes des symptômes rapportés par presque toutes, c'est-à-dire les insomnies, les migraines et la fatigue.

Concernant les appareils responsables de ces symptômes, les plus cités sont les émetteurs Wi-Fi, les téléphones DECT et les antennes-relais. Mais ils ne sont pas cités par tous les EHS. Là non plus, il n'y a pas de régularité absolue.

Les EHS ont parfois conscience de ces difficultés. Ils s'emparent de ce diagnostic faute de mieux, parce qu'ils n'ont pas trouvé d'autre moyen d'agir efficacement sur leur situation. Dans un contexte favorable, ils ne sont pas dogmatiques à son égard.

GT : Qu'en est-il de l'état de l'art ? Est-ce qu'il existe des retours et interviews sur le vécu des personnes et sur leur perception des CEM ?

MD : À ma connaissance, des travaux exploratoires ont été réalisés aux États-Unis dans les années 1990 auprès de personnes chimico-hypersensibles. Je ne crois pas que la perception du risque y soit évoquée.

GT : Est-ce que vous avez une idée de la vie sociale de ces gens ? Est-ce qu'ils travaillent encore ou est-ce qu'ils sont isolés ?

MD : Les situations sont très variables. J'ai l'impression que les personnes qui vont le plus loin dans l'adaptation, qui cessent de travailler ou déménagent à la campagne, sont celles dont l'entourage a le mieux accepté le diagnostic. Elles sont très soutenues. À l'inverse, celles dont l'entourage (personnel et professionnel) accepte moins le diagnostic sont peu soutenues, et ont moins de possibilités d'adapter leur style de vie.

GT : Par rapport aux symptômes, on a vu ce matin des personnes qui avaient eu un choc qui les a amenées à la piste de l'EHS.

MD : C'est un cas qu'on m'a décrit. Je m'en méfie un peu, car il correspond aussi à une façon assez rhétorique de présenter les choses. Les personnes EHS ont tendance à minimiser le rôle qu'elles jouent dans la construction de leurs attributions afin de les rendre plus convaincantes. Elles fabriquent des récits de maladie qui donnent à leur expérience une cohérence qu'elle n'avait pas sur le moment. Le diagnostic n'apparaît pas de façon aussi nette et brutale qu'elles l'affirment ensuite.

GT : On retrouve souvent une justification du fait que ce sont des technologies qui ne leur faisaient pas peur, qu'ils utilisaient avec insouciance.

MD : Je l'ai entendu souvent. Il n'y a pas de raison d'en douter. Mais il s'agit aussi pour eux de réfuter la théorie de l'effet *nocebo*, de montrer que leurs symptômes n'ont pas d'origine psychologique.

GT : Est-ce que ce n'est pas contraire à la dissonance cognitive (on choisit de croire) ? La trajectoire cognitive que vous décrivez s'applique-t-elle à tous les EHS ou à un groupe spécifique ?

MD : Je l'ai rencontrée chez tous les sujets. Mais il faut garder à l'esprit qu'il existe plusieurs niveaux de conviction. J'ai surtout insisté sur le niveau le plus fondamental, la conviction d'être affecté par les ondes d'une façon générale. Mais au niveau superficiel, les EHS doutent en permanence : « est-ce que les symptômes que j'éprouve maintenant sont bien liés aux ondes ? ». C'est pour cela que l'expérimentation joue un rôle crucial. Elle leur permet de renforcer leur conviction contre ces doutes. Les EHS possèdent à peu près tous des appareils de mesure. J'étais convaincu qu'ils les utilisaient pour prouver à leur entourage qu'ils avaient raison. En fait, ils les utilisent pour se convaincre eux-mêmes, pour se persuader qu'ils n'inventent rien.

GT : Se rendent-ils compte de la difficulté d'utilisation de ces appareils ?

MD : J'ai rencontré d'anciens ingénieurs qui vont assez loin dans la mesure et développent une expertise plus importante que la moyenne. Les autres EHS cherchent surtout à confirmer leur ressenti corporel. Dans les premiers temps de la maladie, ils achètent ces appareils pour vérifier qu'ils sont exposés lorsqu'ils ressentent des symptômes. Mais ensuite, ils obtiennent de plus en

plus de résultats qui engendrent de la dissonance cognitive. Par exemple, leurs appareils ne montrent aucune exposition alors qu'ils se sentent très mal. Ils finissent alors par se dire qu'ils sont plus sensibles que les appareils de mesure. Comme les valeurs numériques sont difficiles à interpréter, ils préfèrent les appareils qui fournissent les résultats sous la forme d'un code couleur ou d'un signal sonore⁴.

GT : Est-ce que vous avez fait des analyses par groupes, pour voir les différences entre les groupes ?

MD : J'ai l'impression que les caractéristiques socio-démographiques des EHS sont en train de se diversifier : il y a une majorité de femmes mais de moins en moins nettes, des sujets âgés mais de moins en moins, et des catégories socio-professionnelles de plus en plus variées. J'ai du mal à les caractériser de manière univoque. Je pense que ça ne sera pas rigoureusement possible, en tout cas avec un petit échantillon comme le mien. Je peux seulement dire qu'il s'agit surtout de personnes urbaines, ce qui peut s'expliquer en termes d'expositions ou en termes socioculturels.

GT : Est-ce qu'il y a des personnes de la même famille ?

MD : Assez rarement. Les 2 cas dont j'ai connaissance concernent des mères et leur fille.

GT : Dans les sources citées, il n'y a pas le téléphone portable.

MD : En effet, les portables sont une source sur laquelle on peut agir : on peut choisir de ne pas les utiliser. Les sources citées le plus souvent sont celles sur lesquelles on n'a aucun contrôle. La différence entre expositions subies et expositions choisies est très importante.

GT : Ces personnes sont-elles propriétaires de téléphones portables ?

MD : Cela dépend de leur sensibilité. Certaines s'estiment peu sensibles à la téléphonie mobile et ne voient pas de problème à s'en servir de façon modérée. D'autres sont plus contestataires et refusent d'utiliser le moindre appareil radio-émetteur. D'autres encore choisissent d'en garder sciemment, parce qu'elles ont peur de s'isoler ou refusent l'éviction totale.

GT : À propos des comportements d'éviction, est-ce qu'il y a des personnes qui envisagent d'aller se ressourcer dans une zone blanche ?

MD : Oui, beaucoup. Cela leur permet aussi de vérifier qu'elles sont sensibles. Le constat que leurs symptômes disparaissent dans certains lieux, notamment en vacances, joue un rôle important dans leurs trajectoires. Il les conduit à suspecter l'environnement sans déjà penser aux ondes. J'ai aussi remarqué que les EHS oublient souvent de vérifier les expositions dans les lieux où ils se sentent bien. La notion de zone blanche est relative.

GT : Y a-t-il des gens qui restent malade très longtemps ?

MD : Je n'ai rencontré aucune personne qui s'affirmait guérie, mais cela tient peut-être au mode de recrutement. Il faut aussi comprendre que le diagnostic d'EHS rend seulement concevables des actions d'ordre préventif : réduire son exposition aux ondes pour se préserver des symptômes qu'elles déclenchent. Pour entrer dans une démarche de guérison, les EHS doivent s'emparer d'autres diagnostics, comme l'intoxication aux métaux lourds ou la maladie de Lyme. Ils admettent qu'ils sont sensibles aux ondes parce qu'ils sont intoxiqués ou infectés, de sorte qu'en soignant cette intoxication ou cette infection, ils peuvent espérer guérir de leur hypersensibilité. En fait, une fois qu'on est convaincu d'être sensible aux ondes, il devient très difficile d'imaginer comment on pourrait ne plus l'être. En revanche, on peut développer une conception positive de sa sensibilité. Je l'ai observé chez une personne qui affirmait posséder un don de magnétiseur.

⁴ Cette question a fait l'objet d'une publication dans la *Revue d'anthropologie des connaissances* en 2016 (« L'instrumentation profane. Sur l'usage d'instruments de mesure des champs électro-magnétiques par les personnes électro-hypersensibles », vol. 10(3), p. 401-431).

GT : Il y a une controverse car le test pour diagnostiquer la maladie de Lyme n'est pas le même en France et en Allemagne. Il y aurait plus de faux négatifs (à vérifier) en France.

MD : Il y aurait plusieurs formes de la maladie de Lyme, celle que revendiquent ces personnes est celle de stade 3, qui s'installe de manière chronique, mais dont l'existence est contestée du point de vue médical⁵.

GT : Quand soutiendrez-vous votre thèse ?

MD : J'espère d'ici 18 mois⁶. Je devrais bientôt publier un premier article. Je souligne à nouveau que les résultats présentés aujourd'hui sont préliminaires, il est important qu'ils soient contrôlés par mes pairs.

⁵ On peut noter, peu après l'audition la condamnation de deux personnes commercialisant un test sérologique et un traitement phytothérapeutique à destination de la maladie de Lyme, pour escroquerie et exercice illégal de la pharmacie ([source : https://www.lequotidiendumedecin.fr/actualites/article/2014/11/13/maladie-de-lyme-les-pharmaciens-du-laboratoire-schaller-condamnes-9-mois-de-prison-avec-sursis_709876](https://www.lequotidiendumedecin.fr/actualites/article/2014/11/13/maladie-de-lyme-les-pharmaciens-du-laboratoire-schaller-condamnes-9-mois-de-prison-avec-sursis_709876)).

⁶ La thèse a finalement été soutenue le 5 décembre 2017.

Audition du D^r Huss – 26 février 2015

Étaient présents :

Experts du Groupe de Travail (GT)

Membres de l'Anses (Anses)

Invité : D^r Anke Huss (AH)

AH : I am an environmental epidemiologist at Utrecht University in the Netherlands, where we do a lot of research on electromagnetic fields, and we started quite a large working group over the last six years, where we have done and are working on a whole range of studies. I was asked to tell you a little on what I am working on, but it is also good to see that the Institute is working on. Before I came to the Netherlands I was in Switzerland for ten years, and I was working there with Prof. Martin Rössli, one of the many people working on electromagnetic fields and health. We did a couple of studies with him, one a survey in the Swiss population, where we asked people about symptoms from electromagnetic fields and hypersensitivity in general. We also did a survey of general practitioners in Switzerland to see how often patients actually go and see or talk to their doctor about this problem.

Afterwards, we also did an applied study, where we worked with a group of very interested general practitioners to see whether we could help them build up a network and basically be like a back office, so, if they have questions regarding exposure or epidemiological evidence, they could go to us and ask us additional questions. I was also involved in the study we will be discussing in a little more detail, and a study on extremely low-frequency electromagnetic fields from power lines and neurodegenerative diseases. These were the main electromagnetic field related pieces of work I did in Switzerland.

IRAS stands for the Institute for Risk Assessment Sciences, which is the department I work on in the Netherlands. There are a couple of studies I am working on, EMF and health, one of which I am not involved in, the COSMOS study. You might have heard of the COSMOS study after the large Interphone study looking at mobile phone use and brain tumours, but case control studies are quite difficult to do in this kind of area, and we should start to do prospective studies where people first report their exposure, and then we follow them up over a very long time period to see what happens in terms of their health. The Netherlands is one of the five or six countries involved. We have a lot of different cohorts in the Netherlands, so we have a slightly different approach compared to other countries. We are trying to get all the cohort studies and get them to implement our EMF-related questions and follow them up.

One of the entirely new studies we set up was AMIGO, also a cohort study on about 15,000 people. The very special feature of this study is that here we have access to GP records, so we do not need to ask people about the health outcome but ask them in questionnaires about their exposure and then model exposure, but then we follow them up and look at health as reported in the health system from the GPs.

Other EMF-related research relates to exposure assessment; especially for radio frequency and electromagnetic fields, it is really quite difficult and complicated to validly assess the kind of exposure people have, as it has very high temporal and spatial variability. We have put a lot of effort into modelling the exposure in computer models and 3D models, where we have the underlying topography and all the buildings, and we can put in all the antennas in the Netherlands. We know in which the direction the antennas are radiating and can calculate exposure, and we have made a lot of efforts to validate these models also.

I am also working on residential and occupational exposures to extremely low frequency electromagnetic fields, cancer and neurodegenerative diseases, especially neurodegenerative diseases. There is a lot of interest given the several studies indicating that Alzheimer's disease and amyotrophic lateral sclerosis could be associated with the extremely low frequency parts. This is entirely independent exposure of the radiofrequency part, but is also EMF research I am involved in.

Regarding current research related to electromagnetic fields, I am involved in three main studies. One is the ABCD study, Amsterdam Born Children and their Development, a cohort study started about ten years ago in Amsterdam, where pregnant women were involved and the children are now about ten or 11 years old, and we are now doing a new follow-up. The special thing about this cohort is that a couple of thousand children did cognitive tests when they were five years old, and we sent questionnaires to three or four thousand children when they were seven years old. We have information on their sleep and mobile phone use; we also have information on what mothers reported about mobile and cordless phone use during pregnancy, so we can look at different outcomes in this study. The Geronimo study is quite a large international collaboration, where four countries participate, and we participate in Geronimo with the ABCD study, doing this follow-up where we are asking about mobile phone use and doing measurements in a subgroup of these children.

We also did a survey in the Netherlands, where we asked the general practitioners, occupational practitioners and occupational hygienists on EMF-related problems at work, so the work-related aspect was quite important for us. We felt we had enough information on what GPs were doing, but we do not actually know how many people have a problem at work and what is being done there.

The last bit is an experimental study on electromagnetic sensibility, and as that fits best to what we are talking about here, it might be interesting to walk you through the different steps of that study. We are testing people in this study for electromagnetic sensibility, and it is an experimental study. We usually talk about EHS, electromagnetic hypersensitivity, and we usually mean that people have symptoms which are attributed to exposure to electromagnetic fields, but some people also talk about electromagnetic sensibility, and this relates more to people saying they can experience when they are exposed, and that can be either an ability to self-report their experience of exposure or the fact that they have acute and transient symptoms; so they go somewhere and get a headache, they go away and the headache goes away, so they can "feel" the exposure via the headache.

There has also been some discussion that the ability to sense exposure could be a prerequisite of becoming hypersensitive, that one might be related to the other. Furthermore, in a Swiss survey from 2004, hypersensitive people were asked how long it takes for them to develop symptoms or reactions, about half said it only takes a couple of minutes before they have some kind of reaction. Looking at the scientific evidence, there is actually no evidence that electromagnetic sensibility exists, but there is also a lot of criticism of these studies. I will give a quick overview of a meta analysis that was published in 2010, and these studies were all randomised controlled studies where people were randomised to exposure and non exposure. Usually these are crossover designs, so people essentially get both conditions. The studies have included both hypersensitive and normal populations, and in some of these studies there is an overlap. One study had two populations, one reporting as hypersensitive and a normal population. There is no significant difference between the two, so these studies do not provide evidence that people were better able to identify when they were exposed than by chance. Essentially, there was no difference depending on whether you look at the EHS or the "normal" populations, and overall you see that none of these populations could identify when being exposed correctly.

Hypersensitive people have made quite a lot of criticisms of these studies. One of them is that there is usually only one predefined exposure, so most of these studies just test UMTS or something else, but many affected persons say that this is not the specific type of signal they react to. The same goes for the exposure level; some people say they reacted to very low levels of exposure, and if it is too strong they get "blown away", it is too much for them. Another criticism

was that participants had to travel to the study locations; usually these are anechoic laboratories, but travelling there would have already exposed them to such high levels that once in the lab they can no longer identify exposure. Finally, these tests are usually done in anechoic laboratories. I do not know if you have ever seen one, but they are quite impressive, and people say that once they enter, things are quite different. It is true that it is quite a special atmosphere in these kinds of labs.

Our aims were to assess whether people were electromagnetically sensible, and also to assess the impact of the testing on their self-rated electromagnetic sensibility. We explicitly wanted to take the previous criticism into account. We had to test people at home, and we had to develop mobile exposure units for this exercise. We developed two different exposure units, one for ELF electromagnetic fields and one for radiofrequency fields, and we wanted maximum flexibility in our units, so we wanted to be able to select the type of frequency, signal type, output power, duration of exposure conditions and breaks, etc. We had two steps - first we developed and tested our units, and then tested the people who said they were electromagnetically sensible.

People are exposed mainly in the upper part of their body, and we can generate different types of signals. We can also add what is called "dirty electricity" with the ELF units, meaning we can add different frequency components to the signal. The default one is the 50 Hz sine field, but for the power line frequency there is usually a legal limit of how many different frequency components may be added to the system. However, as soon as you switch on other devices indoors, this legal limit no longer applies, and there can be quite different types of signal shapes. We have talked to a self-help organisation in the Netherlands, and they asked us whether we could implement specific kinds of signals, as they knew some people were especially sensitive to them, some reacting to one type and some to another. We gave it to our engineer, and he came implemented these signals.

Our RF unit needs to have a bit more distance from the person, about 1.5 metres, and for this unit five different types of signals can be selected. The maximum exposure for the RF unit is about 6Volts per metre, and for the ELF unit it was about 15 μ T, but as I said before, this can be selected very flexibly, so we can go to very low exposure levels. We pretested our units with 25 students beforehand, and the idea here was that, if we were to test people and find somebody, they could actually say when they were exposed, but we needed to be able to say our exposure units worked well and did not give any kind of sound or temperature cue when we applied exposures, something that would unblind them to exposure conditions.

We took 25 people per unit and tested them ten times for a very short duration, as we just wanted to know if they heard or saw something, and we checked the total percentage of correct answers. We tested them ten times on five signals, so 50 tests per person, and we could then calculate the average of correct exposures that people indicated. We defined that if it was more than 54%, then something was wrong and we had to get the exposure units checked. We also checked the correct answers per signals, and we checked whether, if they did these 50 tests, they were better in the beginning, as there might be some kind of carryover effect, where they can do it for the first couple of conditions but then it goes away, or whether they learn how to identify exposure and get better towards the end of the test series. 50% of all exposure conditions on average were given correctly, so that corresponds entirely to guesswork, a 50% chance of having the exposure condition correct, and there were no cues, so people did not say they heard or felt something. When we looked over the 50 conditions, there was no obvious trend.

Therefore, we know that our units work well, and we have now to start to test people who say they are electromagnetic sensible. We include people who say they can feel exposure within minutes of exposure, and whatever they experience fades away enough that they can be retested, because we test them ten times in a row. We cannot do the retesting if they say they have problems for a day. We send them a questionnaire, have a home visit to do the testing, and follow them up with questionnaires after two and four months. The most important part of the whole experiment design is doing an open experiment first, so we ask people what they react to, we make them sit down, put the exposure unit on, and if they say they can feel it, only then do we go into a double-blind exposure testing. This is very important for the credibility of our results, because people cannot say

afterwards that we selected the wrong signal. Therefore, we have really individualised it to people's own perceptions.

We test them ten times, and they have to note on a piece of paper if the exposure was present or absent. We give them feedback immediately afterwards, and if they have at least eight out of ten correct, we retest them, because somebody might get eight out of ten by chance and we do not want to give them a wrong answer, so we tell them we want to retest them.

This is work in progress, so unfortunately I cannot present results, but it still takes about a year. We have tested about 20 people so far, and nobody has been able to tell when they were exposed, but we get very interesting comments and feedback from the people. Overall, people do not seem to like the results but they do appreciate the project, and the fact that people do accept what we are doing is a very positive result already. That has to do with talking to the self-help organisations also, as I am getting a lot of feedback on how this kind of project should be done, so I am actually quite positive so far.

There have been some challenges, such as getting a licence to put an antenna into somebody's home. We have one very good self-help group which is very easy to talk to, luckily, but it is still quite difficult to get them on board because there is a lot of mistrust of science. It was always about going back and forth to get their input without compromising scientific rigour, so we had to get rid of quite a lot of our own ideas, such as having to test everybody with the same duration and frequency, and so on, so we also had to become more flexible, which was a good process for us.

There are also some challenges in the communication of the results, we essentially offer participants the opportunity to test their own hypothesis of being sensible, but for many of our participants we can see that this is not their motivation, that their underlying motivation is actually to prove that EHS exists, so there is a problem when we communicate the results to these people. We have also realised that it is very difficult to explain chances to people, so it is nearly impossible to explain what a 50% guessing chance is, and if they get six out of ten correct they think they have done well. We have a collaboration with IRAS on a feasibility study to see whether it is possible to implement the same kind of project here, and because there have been so many challenges with the licences, the frequencies and so on, we felt we should do that first. There is a project group behind it, and the project is funded by our Dutch research organisation.

That is all regarding this project; I thought it might be good to present this study, even though we do not have results yet, because it gave us quite a good overview of what people say. It was quite interesting from that point of view to get feedback and also to see how we can do a different type of study that is closer to the experience of these people.

GT : Thank you for this presentation; it was very important for us. Was all the work done in the Netherlands?

AH : Yes, and it is still ongoing.

GT : Are the partner programmes in France or Sweden in progress?

AH : This is just a feasibility study in France at the moment, so if it is feasible, then we will apply for money.

GT : Is it independent of your work?

AH : Yes.

GT : There is at least one nongovernmental organisation in the Netherlands that is involved in the problem of electromagnetic sensitivity. Do you know the paper that was produced? It described the clinical aspect of electromagnetic sensitivity, and gave more detail on the criticisms. The author was Schoneveld.

AH : Yes, he is the head of the organisation we are talking to. He is in the advisory group, and is the head of the self-help organisation we are talking to.

GT : Thank you for your presentation so far. Who is leading the French feasibility study?

AH : It is René de Seze (Ineris).

GT : Thank you.

Anses : I have two questions. First, I would like to know how you selected the participants in your study. Secondly, what do you think about the fact that there could be a gap between the symptoms and the exposure? Maybe the participants cannot feel the exposure immediately. In France this point is often raised by EHS persons about provocation studies. EHS persons say they cannot guess that there is exposure, because they feel symptoms a long time later. What do you think about that?

AH : How do we recruit our participants? This is done partly via the self-help group, so they send out emails to all their members saying there is a study and that they can think about whether it applies to them; it is just to inform them that something is going on. We just gave them the brochure and said that we were starting. It is also the case that, whatever we do, it will immediately go online, so there are a couple of Facebook pages from some of these organisations. Whatever is being published will be commented on in these pages, so we saw that somebody picked up this email and immediately put it online, so if people want to know, they can find it on the Internet.

The second question was on the time gap.

Anses : Do you have any criteria for accepting them in your study? Were there for the volunteers?

AH : People can say that they react very quickly and but can be retested within minutes of exposure, so for us this is the inclusion criterion; if somebody says it takes them two hours to react, we cannot take them, it is not feasible.

Anses : You examined 20 people. Do you plan to look at any more?

AH : We can do as many as want to participate until the end of the year. However, if we get 30 to 40, we are probably fine.

GT : I have a question about the participants' own inability to detect the field. That is what you said; you said they do not like the study results. Do you plan to publish that somehow, in terms of whether or not they can detect the field? Would there be some kind of qualitative evaluation of how they react to their knowledge? You said they do not like the results, so it would be interesting to take that question, or that belief, further.

AH : It is a bit premature to talk about that, because we are only halfway, so we also need to see if we can get somebody who can actually do it. We probably want to look at the motivation of people who participate, because that is probably a very strong predictor of how they take the results. I cannot say much more, because we are in the middle of testing the people. I do not think we should already interpret results for them. We are not there yet.

GT : Regarding their motivation and reaction, is that something you measure or it is something you just know because you are there?

AH : We ask it in a questionnaire.

GT : We can move to the second important question for us, the new study and your replication study, the report and the article. The report was a very big paper.

AH : It was never published in a peer-reviewed publication.

GT : It was well detailed and very well presented, but with some points to criticise, in our opinion. Do you think that your criticism was too strong or do you persist in your opinion of the Regel article? What do you think about the Eltiti article?

AH : I did not prepare the article in too much detail; I apologise for that. I did have another look at our study, at the Japanese study and at the Danish study, and then somehow I neglected the UK study, so I apologise for that. Essentially, looking at all of the studies that have been done on the provocation studies, all of the replications are very similar types of studies. I do not think that

strengthens the hypothesis that there is an association between short-term exposure and immediately effects on wellbeing. I think this is a very general kind of conclusion from all of these different types of studies.

Anses : I have a question, but it is not linked with the previous question. Do you have any idea of the number of people who are electromagnetic sensitive in the Netherlands?

AH : Yes. One survey was published last year, and they said 7% of the population used other activities to help symptoms to the exposure. It was pretty much in line with the other European reports. Some were between 1% and 10%.

GT : Do you have any idea of the number of people who have symptoms so serious that they have to quit their jobs or move far away from cities because the exposure is too high?

AH : No. It is also quite difficult to get any good reliable numbers on that, because we do not get these people, and even if you do a survey in your population, it is very difficult to catch people who do not answer the phone and who do not go online, so there are no good registries and no good ways to capture these kinds of numbers.

GT : During this project, were any of the people sensitive but with symptoms not strong enough to have this kind of social problem of isolation and so on?

AH : I know that there are some people who have moved out of their houses to more remote areas, which is quite difficult in the Netherlands, because it is such a densely populated area, but one person was living on a boat on a nature reserve, and two people were basically living in little houses on camping grounds. Therefore, we do have some of these people, yes.

GT : How many people were removed from the list of those who wanted to participate?

AH : I do not know yet, because I have to ask our assistant, but because we inform them very clearly about which kind of group we are targeting, we do not have many people whom we cannot test. People know beforehand that they have to be able to react very quickly and recover very quickly again, so if they are not interested in that, they do not contact us in the first place. This is not a representative study of the population; this is really targeting a very specific sub-population of sensitive people.

GT : We can move to other questions. Have you a scientific argument for or against the nocebo concept in magnetic hypersensitivity?

AH : Yes. I think you all know of the nocebo effect; it is basically the bad counterpart of the placebo effect, where somebody develops a problem because they expect the problem. There is ample evidence for that. Basically, all of the laboratory studies that looked for nocebo effects found nocebo effects, and in the study we published on that, we asked people how strongly they thought they were exposed, and that gave a very clear relationship to self-reported wellbeing. I think there is an additional aspect that comes in here, which is that it is some kind of effect where hypersensitive people also seem more likely to feel exposed. I have added one more example from Frick; I do not know if you know that study, but it illustrates that effect quite nicely.

This is not on radiofrequency electromagnetic fields, but just to show that example, he used a magnetic stimulator, which makes a very strong static field. He had groups of 30 hypersensitive and 55 non-hypersensitive people, and he tested them also in a randomised true and sham exposure condition. The thing with this magnetic stimulator is that, if the field is very strong, people will eventually feel it, so it gives a kind of tactile sensation on the skin. They started at a very low exposure and asked whether or not they felt it; if people said yes they would stop and if they said no would increase power by 3%. Then they would retest and ask people if they felt it, yes or no, and so on. They had two of these stimulators, a true one and a sham one, and the sham one also gave a popping sound. Apparently it was really blinded exposure conditions, so even the investigators did not know when they used which one.

Looking at the increase in pulse intensity, it starts at 3% and goes up to the point where people said they felt the exposure, 57% pulse intensity, where they stopped. Looking at the proportion of

subjects without perception, obviously in the beginning everybody had no perception, and then they started and asked, and as soon as people said they could feel it they dropped out. Therefore, assuming that the hypersensitive people really are more sensitive than the control people are, you would expect the line to drop down very quickly, so it would look quite different compared to the controls, but it does not seem to be the case, so they were not more sensitive. What is also interesting here is that during sham exposure many hypersensitive persons said they could feel exposure, whereas the controls were more likely to say they could not.

The conclusion from this study was that the hypersensitive people were not better in perceiving the exposure than non-hypersensitive persons but they had more false positive reports, so that was quite an important conclusion from that study, and that has essentially been shown by a couple of other studies as well. Therefore, even though it is a different type of exposure, I just wanted to take this example to illustrate that effect; it is quite important as well.

GT : Thank you. Are there any questions on this topic? No; it was very clear. The same question applies with regard to the location, specifically, they voted in support of people who said they were hypersensitive to electromagnetic radiation, for example, with regard to the special building in Zurich in Switzerland and the area without any electromagnetic fields. Have you any scientific arguments for or against these kinds of projects?

AH : Looking at this from a very scientific point of view, these experiments are quite difficult because, obviously, you do not know if somebody experiences an improvement in health if this is a placebo effect; scientifically, you do not know.

GT : I have another question. Can you tell us how hypersensitive people are viewed in the Netherlands? Do they have the status of handicapped people?

AH : They have no status as a handicapped. Very little is being done about it, and at the moment they can be referred to clinics for physically unexplained symptoms, so it is possible for GPs to send these patients to more specialised clinics that can also look at other causes.

GT : Do you think that this kind of project can be helpful for research, or can provide opportunities to perform research on people who are in these buildings or in these areas?

AH : I think, scientifically, you would not be able to distinguish or separate the effect of not being exposed from that of not feeling exposed. Scientifically, it is a problem inherent to these kinds of projects.

GT : Would you be interested in collaborating in this kind of project if you were unable to design one by yourself?

AH : It would depend on the conditions.

GT : It would depend on the conditions. Do we have other questions?

AH : Accedera is about improving the accuracy of personal RF measurements and characterisation of exposure levels in different environments across the country. Essentially, it is because we know that exposure assessment is very important, or knowledge of exposure is very important, in order to be able to interpret what previous studies have found. We also need to be able to know about exposure in order to design new studies, so they can make sense. We need to know about exposure for our risk assessment, and obviously also for risk communication. Looking at the previous ways of how to assess exposure, we have quite often used exposure meters, which are small measurement devices you can carry around, but there are quite a lot of limitations to doing these kinds of measurements. One is that the earlier versions, especially, were not very sensitive, so when you looked at the measurement results afterward, you had a lot of non-detects because most of the exposure was below the limit of detection. Sometimes the sampling rate was quite low depending on the duration of the measurements, so if you gave a measuring device to someone for a week, it could only take measurements every two minutes or so, so the sampling rate really had to be stretched quite a lot.

There is also nearly always a problem in these meters with crossover bands, so afterwards you can no longer differentiate whether exposure came from a DECT phone or a downlink exposure from a 1800 GSM antenna; these bands are too close to each other, and the meter just gives you a wrong reading. You can have body shielding, so if the meter is on one side of your body and the exposure source is on the other side, your body basically shields what the meter should be measuring, so that can also give you a wrong result. There is the additional problem that uplink exposure from mobile phones is difficult to distinguish from others if you have volunteers, because you cannot tell them they are not allowed to use their own mobile phones. This is just a problem, because if people are allowed to use their own mobile phones, you cannot tell whenever the exposure is their own or from others. These different exposures give quite a different pattern of exposure, so if they use their own mobile phone they will have peak exposure to the heart, but if other people very close by use their mobile phones, they will have a lower level, a whole-body kind of exposure.

The Exposimeter we are using right now in the study is not very big; you can put it into a little bag and carry it around. The idea was that all of this could be improved, and this is what the Accedera project is about. The idea is to have a distributed meter, so basically to have a vest where different types of antennas are integrated on different sides of the body, and these antennas are more frequency specific and much more sensitive. Because they are in different places on the body, they also do not have the problem of body shielding.

Therefore, one aim of the project is to further develop this device. It has already been developed for GSM900 but not for the other bands, but because we have done it for 900 we know it is possible. We then wanted to do parallel measurements in different countries in similar kinds of environments, such as train stations, shopping malls and so on, to see what differences there are between these countries, and we want to repeat measurements in order to see whether we get the same kind of result for the same measurement. It would be nice to do this, because then we would have very high-accuracy measurements with less crosstalk, a lower detection limit, no body shielding, and so on, and with the improved exposure characterisation of populations, we would be able to say something about reproducibility and comparability between countries. It would probably also help us in interpreting previous studies, because the idea was that to pack a person with these measurement meters and then compare what one device says with what another says, and hopefully get closer to reality.

There is only one little hiccup, which is that the study is not funded yet, so these plans are all very nice, and we have submitted this to ANSES, but we do not know if we will be able to do it.

GT : Which company are you working with on this project? Is this Antenessa?

AH : No, this is with iMinds in Belgium.

GT : What was the reason for the refusal?

AH : We had not included train-based GSM, and one more reason that was quite strange. We thought it was funny. We will see what happens. However, we would obviously like to do it; it would be quite interesting to do from an exposure side.

GT : Are there any studies like this in France?

AH : Yes, we also collaborate with them.

GT : Is that also on the ELF part?

AH : No, not on this one, but ELF is different as well. You can actually just use one meter on ELF, because the magnetic field will just go through the body. However, for RF-EMF you obviously have the body shielding, so this is quite different.

GT : Would it be a good idea to both ELF and RF at the same time?

AH : We could add ELF, but the question is what you would do it for, because for ELF we have much better ideas on exposure compared to RF, with all of the new sources and the very high state of reliability.

GT : Do you know about ELF exposure in subways, for example?

AH : There probably is not much on the subways, but if we look at residential exposure, which we are interested in, we already have some ideas on ELF exposure, more than for RF, really.

GT : What will the people wearing the meters do during the day? What will their activities be, so we can see a relationship between their exposure and a person's activity?

AH : We would pre-define areas and activities for our study assistants, and the assistants would then be equipped with the distributed meter and conventional meters, and then we would tell them exactly what to do.

GT : Is there special localisation on what people are doing and what direction they might be moving, for example?

AH : Yes. It is predefined so we can reproduce it; that is the idea.

GT : Do you have triggers, for example to set off frequencies so that you can sample them more quickly?

AH : Yes. This one samples now with 1Hz, so once a second.

GT : Does it do that for the whole period or for short periods?

AH : It is for the whole period.

GT : I assume you need a lot of disk space.

AH : I have no idea. No, the whole system is really surprisingly small.

GT : You measure the entire event very quickly. Is that right?

AH : Yes. We measure once a second on all the antennas.

GT : What is the advantage of having the Satimo device?

AH : It is so we can compare with and interpret the older studies, because basically then we know that we have a gold standard, where this is the good measurement. Previously we did measurements where we thought these were not as good. They are not bad, but not as good. However, then you want to know how bad it is, or in this case how good it is. You want to be able to compare, and in this case it should enable us to do so.

GT : We must thank you very much for your contribution to our report. Can you inform us as to who is involved in Berne, in the scientific evaluation of the building project in Zurich?

AH : We will try to find out.

GT : We would also be grateful to you for that.

AH : I will try to find out. One of your questions was also to give some kind of idea of the shortcomings or limitations of the provocation studies. One of the main limitations is that, by nature, all of these laboratory studies just test short-term exposures. Therefore, if you put a person into a lab, what you can do is expose them for maybe half an hour, 45 minutes or maybe overnight, but that is about it, so you do not really know what is happening after a couple of months of exposure; it is simply not possible. You always and only test biological effects, and this is for obvious ethical reasons; you cannot do anything that will harm people, so you can only test biological effects. Another of the problems is that you usually only have smaller groups, because it is simply not feasible to test thousands of people in a lab study, and you always have to go to smaller groups. Therefore, when you look at many of the studies, they may have ten, 20 or even 30 people, but those are already the bigger ones.

Many of the studies look at biological effects in terms of EEG or cognition, but neither of those are the same as health, so for some of these studies it is actually quite difficult to say anything about what health actually means. Let us say that you look at all of these reaction tests and even see that

it does get a microsecond faster when they are exposed. What does it really mean for health? This interpretation step is quite difficult to do.

One of the questions you might wonder about is managing to capture more subtle effects if people are put into these quite stressful environments. They sit in these labs and they are quite stressed because they know they have to perform, so maybe they are so stressed that there are more but very small effects, which are very difficult to actually find. When you look at the studies, most, though not all of them, just apply group comparisons, so they use a group of hypersensitive people, and then they have one sham condition and one or two exposure conditions, and the whole group is compared. The thing is that not everybody who might say they are hypersensitive really is, so if you only have a very small percentage of truly hypersensitive people, you would not detect them.

This is more of a general thought concerning the cognition parts, even though it has nothing to do with health. Another of the problems is that, if we do not know how and where a mechanism interacts in the brain, then these tests are incredibly difficult to target, because we do not actually know what we should test; if we knew we were most likely to find something in this part of the brain, then we could say we could find it with this type of test or that one. However, at the moment we usually do tests that we can implement, which is more to do with feasibility and less to do with the biological reasoning of what we should use to find something that gives us a better answer.

Taking all of these shortcomings together, you would have to say that we have to move more into observation studies, because then we can look at more people for longer periods in life conditions, and so on. However, then we have problems with placebo effects, selection bias, confounding and reverse causality. All of these problems add to the difficulty of doing observational studies. Additionally, the exposure assessment for observational studies has been incredibly difficult, because we know that there are so many RF-EMF sources and there is really high spatial and temporal variability, which means misclassification of the exposure is quite likely. Therefore, if misclassification is likely and if the risk is very small, we will not find anything.

We also have the problem that, because we do not have a mechanism, we do not know how we should combine all our different exposure sources. How do we combine exposure from a mobile phone with exposure from a mobile phone base station? They give very different types of pattern. That is a short summary of the limitations that I wanted to take you through.

Anses : What kind of research would you recommend?

AH : Our experimental study, where we tried to individualise more in terms of what people actually say what their problem is, is one of the steps. The next step is also to try and improve exposure assessment, to do more cohort studies and really try to get the exposure correct and see what happens.

GT : I have one comment about future studies. They could concern particularly condition and memory functions, which are mostly studied concerning short-term memory, but long-term memory could be much more of a problem for people than just short-term memory. I think you could assess people's long-term memory at different ages, because we know that there are periods in life where you could be more sensitive to some impact of factors that could alter your memory function, especially long-term memory. I do not know what you think about this.

AH : What exactly do you mean?

GT : Long-term memory could be assessed several days or weeks after the encoding phase. You could also assess personal memories. A lot of nice psychological studies that have been done in different fields, and none of them have been done in the radiofrequency field. It is a shame, because it could be interesting to target this type of memory, which is also sensitive to neurodegenerative disease or ageing, for example.

AH : I still think that you have the same problem that we just discussed. First of all, you would need to know a mechanism that would help you to decide whether long-term memory is the best thing you need to look at; that would be really helpful. The second this is whether you look at long-term

memory through a lab study where you have very short-term exposure and test later on, or look at long-term exposure, but then you have to do an observation study and you have all the problems of an observation study. Therefore, even if you look at a different outcome, the inherent problems do stay the same.

GT : I know it is not a simple problem. I just wanted to have your opinion about these possibilities. Thank you.

GT : Thank you very much.

AH : You are welcome.

Audition de Michèle Rivasi - 30 septembre 2014

Étaient présents :

Experts du Groupe de Travail (GT)

Membres de l'Anses (Anses)

Invité : Michèle Rivasi (MR) et Justine Arnaud (JA)

Un tour de table des participants est effectué.

MR : Je vous remercie pour votre invitation. J'en profite pour remercier M. Marc-Vergnes, que j'ai rencontré au mois d'août lors d'une rencontre avec des personnes électro hypersensibles et en présence d'un représentant de la Préfecture des Hautes-Alpes, et des élus du Conseil régional PACA, dans un endroit près de Saint-Julien-en-Beauchène. En ce qui me concerne, je suis agrégée de biologie de Normale Sup, à Fontenay-aux-Roses. J'ai été professeur d'IUFM pendant 15 ans. Ma vie a changé au moment de Tchernobyl, lorsque j'ai créé un laboratoire indépendant : la Criirad, que vous connaissez certainement, qui a dénoncé le mensonge d'État de l'époque et prouvé à l'opinion que la France a été touchée par le nuage radioactif. J'ai été députée de la Drôme de 1997 à 2002 et j'ai beaucoup travaillé sur les risques émergents dans le cadre de ce mandat. Lorsque l'on me demande pour quelles raisons j'ai été conduite à m'intéresser et à soutenir les personnes se plaignant d'électrohypersensibilité, je réponds que ce fut lors de mon mandat à l'Assemblée Nationale. Après ce mandat de députée, j'ai créé le Criirem en 2005 : le centre de recherche et d'information indépendant sur les rayonnements électromagnétiques pour faire des mesures indépendantes des expositions aux rayonnements électromagnétiques. J'ai été vice-présidente du Conseil général de la Drôme en charge de l'environnement et adjointe à la Ville de Valence en 2008, et depuis 2009, je suis députée européenne. En cette qualité, je m'occupe beaucoup de sujets liés à la santé, à l'énergie et aux médicaments. Je suis à la commission ENVI⁷, et à la commission ITRE⁸. Je suis aussi vice-présidente de la délégation ACP (Afrique, Caraïbes et Pacifique), et je m'occupe beaucoup de la problématique de la santé dans ces pays.

J'ai été sensibilisée au problème de l'impact des ondes électromagnétiques en 1997. J'avais été interpellée par de nombreux éleveurs, dont les exploitations étaient traversées par des lignes à très haute tension. À l'époque, le Premier ministre était M. Jospin. J'avais organisé un grand colloque à l'Assemblée nationale (salle Colbert), sur les rayonnements électromagnétiques liés à la basse tension. De nombreux procès avaient lieu à l'époque. J'avais été interloquée par le fait que l'expert qui parlait pour les lignes à haute tension, M. Lambrozo, était également le directeur de la santé chez EDF, ainsi qu'expert auprès des tribunaux... Il nous a fallu trouver des experts hors de France pour garantir une certaine indépendance. Nous verrons d'ailleurs que pour la problématique des radiofréquences, il faut toujours sortir de nos frontières et s'inspirer des expertises étrangères. J'avais donc invité de nombreux experts afin de débattre sur la présence ou non d'effets induits par les lignes à haute tension. La salle était comble, mais il n'y avait que peu d'élus. Cette problématique de santé environnement passait difficilement dans notre « culture » : nous n'étions pas trop au fait de ces problèmes, surtout à cette époque. Dans le cadre de la loi SRU, j'avais tout de même proposé un amendement pour interdire la construction de maisons sous les lignes à haute tension. Je pensais que cet amendement ne passerait pas, mais il a été voté et le décret d'application a été écrit en 2004. Seulement, cela n'a malheureusement pas empêché que des maisons soient construites sous des lignes à haute tension.

⁷ Commission de l'environnement, de la santé publique et de la sécurité alimentaire (ENVI).

⁸ Commission industrie, recherche et énergie (ITRE)

Nous avons organisé un deuxième colloque à l'Assemblée Nationale sur le thème : « les portables sont-ils dangereux ? » Nous étions dans les années 2000, et j'avais voulu que tous les groupes parlementaires soient présents. Il y avait M. Mattei, M. Lellouche, etc. Nous avons été confrontés une fois encore au problème des experts, et nous avons dû faire appel à des experts des États-Unis et d'Angleterre, qui nous ont indiqué que des problèmes sanitaires pouvaient se produire en cas d'utilisation intensive du téléphone portable notamment un expert de Motorola, qui expliquait que des ouvrières avaient développé des tumeurs au cerveau parce qu'elles devaient tester des appareils en permanence. Ceci m'avait fortement interpellée, car à cette époque, l'utilisation des téléphones portables n'était pas encore très répandue. Nous n'en étions encore qu'au début. C'est la raison pour laquelle, en 2005, j'ai créé le Criirem. Je trouvais que les mesures d'exposition des personnes étaient souvent réalisées par des laboratoires commandités par les opérateurs, et que l'indépendance dont devaient faire preuve ces laboratoires n'était pas forcément satisfaite. Cela avait conduit à un certain nombre d'évolutions. Par exemple, nous avons pu effectuer des mesures dans les appartements à la demande des collectivités, ou même de la Poste ou d'hôpitaux et nous avons œuvré lors d'expertises contradictoires à améliorer le protocole de mesures.

C'est dans ce cadre que j'ai été sensibilisée aux ondes électromagnétiques. J'étais déjà sensibilisée aux rayonnements ionisants avec la Criirad, que j'ai d'ailleurs quittée en 1997 quand je suis devenue députée, pour qu'il n'y ait pas d'ambiguïté entre le monde politique et le monde associatif, étant donné que la Criirad est et doit rester indépendante.

Vers 2005, j'ai commencé à recevoir des personnes qui se déclaraient électrohypersensibles. Elles étaient peu nombreuses en 2000, mais avec l'explosion des expositions aux champs électromagnétiques, j'en ai reçu de plus en plus qui souhaitaient être reconnues en tant qu'électrohypersensibles, comme c'était déjà possible dans d'autres pays. Ces personnes souffraient de la pollution électromagnétique qui incluait soit la présence de portable, d'antennes-relais, de Wi-Fi...

Vous m'avez demandé quelles étaient mes interactions avec les associations telles que le Collectif des EHS, Une terre pour les EHS, Criirem et Robin des Toits. Je vous ai répondu pour le Criirem, dont je suis l'une des fondatrices, avec Pierre Le Ruz. À l'époque, Roger Santini avait fait une première étude sur l'impact des antennes-relais. Des questionnaires avaient été distribués à des personnes qui vivaient à proximité des antennes. Cette étude était assez intéressante. J'ai bien sûr travaillé avec les collectifs, que ce soit celui des EHS, avec Une terre pour les EHS, car l'association est présente dans ma région, et avec Robin des Toits, parce que nous avons travaillé ensemble à plusieurs reprises auprès des riverains des antennes-relais.

Depuis que je suis députée européenne, j'ai voulu savoir ce qu'il en était dans les autres pays. Au vu de tous les rapports qui sont sortis (ceux du Conseil de l'Europe, du Parlement européen ou de l'Agence Européenne de l'Environnement), tous sont d'accord pour dire que l'exposition de la population est trop importante, et qu'il faudrait appliquer le principe ALARA (comme pour les rayonnements ionisants). Une polémique a lieu quant au fait qu'il faille aller jusqu'à 0,6 V/m ou en dessous. Moi-même, je me suis déplacée en Espagne, à Valence, pour voir ce qui avait été fait à l'université. J'avais été agréablement surprise par la façon dont l'exposition des étudiants était gérée. Des balises fonctionnent en continu et permettent de mesurer l'exposition partout où des étudiants sont présents, dans l'objectif d'être en dessous des 0,5 V/m partout. De nombreuses micro-antennes ont été installées dans des murs aveugles, ce qui diminue l'exposition par la multiplication des antennes. J'avais pensé qu'il pourrait être intéressant d'utiliser ce type de balises en France – car il est intéressant de pouvoir mesurer l'exposition en continu. Avec ces balises, on peut aussi voir comment l'exposition varie en fonction de l'utilisation des téléphones portables.

Vous m'avez demandé quels étaient les éléments scientifiques et témoignages qui, selon moi, invitaient à relier l'électrohypersensibilité à l'exposition aux ondes. Dans le domaine des champs électromagnétiques (à basses ou hautes fréquences), de plus en plus d'études ont lieu. L'Anses avait d'ailleurs publié un rapport assez intéressant sur le sujet. Tout le monde est d'accord sur le fait que les ondes ont des effets biologiques, que ce soit au niveau du transport transmembranaire, de la production de mélatonine, de la rupture de la barrière hématoencéphalique, etc. De

nombreuses études existent aujourd'hui : elles sont compilées dans le rapport Bioinitiative par exemple. On sait aujourd'hui mesurer des effets biologiques. D'ailleurs, une étude avait eu lieu sur les plants de tabac (par rapport à l'apparition de protéines de stress)

Toute la problématique consiste à savoir si l'exposition aux ondes provoque des effets sanitaires. C'est là où les avis divergent, selon les scientifiques et selon la façon dont on analyse ces études scientifiques. Je ne souhaite pas entrer dans une polémique scientifique, mais il y a certains faits : que ce soit au niveau du CIRC (centre international de recherche sur le cancer), qui reconnaît un possible effet cancérigène des rayonnements électromagnétiques... Concernant les basses tensions, c'est la même chose, que ce soit au niveau de l'OMS ou des rapports des différentes Agences (américaines, etc.), tout le monde reconnaît qu'il peut y avoir un effet. Et surtout, lorsque l'on examine l'étude Interphone, qui a eu du mal à sortir...

J'ai été interpellée par des études qui montraient un lien entre l'utilisation intensive du téléphone portable et l'apparition de tumeurs. J'ai reçu Innocente Marcolini au Parlement européen ; pour la première fois en Italie, la justice a reconnu qu'il y avait un lien de causalité entre sa tumeur crânienne et l'usage intensif du téléphone mobile. D'ailleurs, dans la vie courante, il y a de plus en plus de personnes qui n'utilisent plus de téléphone fixe et qui travaillent uniquement avec le téléphone portable. Comme il s'agit d'agents commerciaux, ils utilisent leur portable. Son collègue, qui est dans la même situation, a aussi une tumeur au cerveau. Je pense qu'il n'y a guère de polémique sur le lien de causalité entre l'utilisation intensive du téléphone portable et le développement de neurinomes ou de gliomes.

Le concept d'électrohypersensibilité pose en revanche problème. J'ai écouté M. Marc-Vergnes, qui dit que depuis 2005 – et même un peu avant, en 1996 – des groupes de travail ont été organisés au niveau de l'OMS. En 1997, d'ailleurs, la Commission européenne a créé un groupe de travail, qui définissait le terme « électrohypersensibilité ». L'OMS le définit plus ou moins. Toute la polémique vient de la complexité du problème : il y a la question des fréquences, qui n'est déjà pas simple, puis il y a celle des symptômes. Existe-t-il une typologie de l'électrohypersensibilité ? Il y a aussi, souvent, une sensibilité chimique, et que j'ai d'ailleurs retrouvée chez des personnes reçues à ma permanence ou ailleurs. Le problème semble donc compliqué.

En tout cas, pour moi, c'est un fait, même si l'on n'a pas d'explications sur le pourquoi de l'augmentation des symptômes et si l'on ignore la relation de causalité entre la pollution électromagnétique et le fait de devenir électro hypersensible. Il n'est pas possible de prétendre que cela n'existe pas. Ma position est donc assez politique : le fait de ne pas avoir d'explication doit-il nous pousser à ne pas tenir compte de ces personnes ? Cela me semble un peu « fort de café ».

J'ai regardé ce qui s'est passé en Suède. La Suède a reconnu l'électrohypersensibilité comme un handicap. Je trouve que la démarche suédoise est assez intéressante. En fait, en regardant l'historique, j'ai constaté qu'au départ, une Association des lésés par l'électricité et les écrans a été fondée le 4 octobre 1987. La Fédération suédoise des handicapés (une importante fédération) a intégré cette association dès 1994. Le gouvernement suédois a décidé d'accorder des subventions à cette association, pour son fonctionnement en tant que fédération de personnes handicapées. Le Parlement suédois a adopté le projet de loi du gouvernement, qui indiquait : « *Le plan d'action concerne les personnes handicapées en général. Aucune déficience n'est mise en avant et aucune n'est exclue. Les personnes handicapées suite à l'électrosensibilité sont en conséquence couvertes par le plan d'action.* » (Déclaration du ministre de la protection sociale de l'époque).

L'élu indique qu'il faut une règle pour l'égalisation des chances des handicapés ; sachant qu'un handicap doit avoir les mêmes chances qu'un bien portant et que la définition d'un handicap porte sur la déficience et le désavantage, la personne électro hypersensibles doit être considérée comme une personne handicapée. Notre démarche en France est beaucoup plus cartésienne : sans explication, on ne peut pas « entrer dans la case ». En Suède, le fonctionnement est très différent.

Ce vote du Parlement suédois remonte à 2000. On voit souvent, au Parlement européen, des coalitions se former entre les Finlandais, les Danois, etc.. En 2000, le Conseil des ministres

nordiques... a classée l'électro hypersensibilité sur un diagnostic basé sur des symptômes et relatif à l'environnement du travail (dans le cadre du code ICD 10 de l'OMS).

Enfin, en 2011, l'Association des lésés par l'électricité et les écrans est devenue la Fédération suédoise des électrohypersensibles.

La position du gouvernement est que le manque de preuves d'un lien entre l'exposition aux champs électromagnétiques et l'apparition de symptômes ne doit pas aboutir à une situation où les personnes qui ont besoin d'aide n'en reçoivent pas. Cette approche n'est pas inintéressante et nous pourrions d'ailleurs nous en inspirer. Je pourrais entrer dans le détail des symptômes ressentis par les personnes électro hypersensibles, car leurs situations sont très différentes.

En 2000, j'étais rapporteure de la commission d'information sur le syndrome de la Guerre du Golfe et rapporteure. J'évoque ce sujet pour établir un parallèle sur la question des syndromes. J'ai reçu des militaires qui avaient participé à la Guerre du Golfe et qui rencontraient des problèmes de divers ordres : articulaires, problèmes psychologiques, fatigue, leucémies *etc.* Ils ne pouvaient plus travailler ni se concentrer, et certains sont morts. Certains symptômes sont proches de ce que l'on a ensuite appelé la myofasciite à macrophages, évoquée par Authier et Gherardi. J'étais députée, membre de la commission de la défense, et on me disait : « On n'a pas la preuve. On ne sait pas qui est responsable de cela. S'agit-il de l'uranium appauvri, des produits chimiques ou des vaccins ? » Il y avait donc trois hypothèses. Lorsque nous avons rencontré les sénateurs américains – qui disposent chacun d'une cohorte d'assistants –, ils nous ont expliqué qu'ils fonctionnaient différemment : ils savent qu'il peut y avoir plusieurs hypothèses, mais ils établissent une liste des symptômes, qui définissent un « syndrome de la Guerre du Golfe », et si des personnes développent ce type de symptômes, certaines d'entre elles indemnisées dans ce cadre. Au sein de la commission de la Défense, certains députés étaient hostiles à cette démarche : ils ne voulaient pas que l'on indemnise des militaires sans connaître la cause réelle de leur état. J'ai pu faire changer leur position en organisant une rencontre avec le Sénat et le Congrès américain. Les soldats ont finalement pu être indemnisés. L'approche est donc assez différente entre les Anglo-Saxons et nous, du moins pour certains d'entre eux.

Je trouve que la situation est assez similaire concernant l'électro hypersensibilité, même si les symptômes sont assez différents.

Sur quoi me suis-je appuyée ? Je me suis inspirée d'une série de publications scientifiques. J'avais invité Lennart Hardell au Parlement européen, ainsi qu'Olle Johansson. Je cherchais à définir leur approche. J'ai également invité des électrohypersensibles au Parlement européen, mais ils ne pouvaient pas rester plus d'un quart d'heure car le Wi-Fi y est omniprésent. J'avais réuni un certain nombre de députés pour qu'ils se rendent compte de ce que vivent les électrohypersensibles, même s'il est difficile de faire témoigner les électrohypersensibles.

Vous m'avez interrogée sur les raisons pour lesquelles l'électrohypersensibilité devrait être reconnue comme handicap. Pour moi, les critères du handicap sont remplis : la déficience, l'incapacité et le désavantage. Cette interprétation peut sembler simpliste mais c'est celle appliquée par les Maisons départementales des personnes handicapées pour reconnaître le statut de personne handicapée ; ...

Pour ce qui est de la reconnaissance, je pense qu'il y a une ambiguïté : les maisons départementales des personnes handicapées (MDPH) reconnaissent beaucoup de personnes comme handicapées sans que celles-ci se soient déclarées électro hypersensibles. Elles jouent sur les trois critères : déficience, incapacité et désavantage. D'autres personnes ont été reconnues à partir d'un certificat médical. D'autres n'ont pas été reconnues. Mais certaines arrivent donc à être reconnues par les MDPH.

Pour ce qui est du diagnostic médical, je voudrais que nous ayons un débat. J'ai rencontré à plusieurs reprises le Professeur Belpomme. Je l'ai eu encore hier et il m'a expliqué qu'il ne viendrait pas à l'Anses. Je lui ai répondu que j'irai... C'est le seul à avoir reçu autant d'électrohypersensibles (entre 500 et 1 000 à mon avis). Il a une base de données qui doit être unique. D'ailleurs, il travaille beaucoup avec les Américains : il court-circuite la France, comme si

elle n'existait pas. Il parle d'intolérance aux ondes électromagnétiques, de susceptibilité – il distingue différents niveaux – et il a élaboré toute une batterie d'examens.

Je voudrais vous exposer notre projet de zone blanche aujourd'hui. Je pense qu'il faudrait organiser un groupe de travail autour de ce projet et aller à la rencontre des personnes électrohypersensibles ; il en existe une grande diversité.

Certains sont très sensibles à certaines fréquences et d'autres, beaucoup moins. D'autres sont carrément sensibles aux courants électriques, ce qui pose des problèmes pour les accueillir. Il faut que nous avancions sur les critères de diagnostic.

Quelles sont les convergences possibles avec le projet de loi Abeille ? Ce que je peux vous dire, en ce qui concerne les députés, c'est qu'ils sont peu nombreux à être sensibilisés à cette problématique. La population y est plus sensible. Les députés – je peux vous le dire en tant que scientifique – ont une position assez « scientifique » : si des scientifiques leur indiquent que l'électrohypersensibilité n'est pas reconnue, ils suivent leur avis. J'ai beaucoup travaillé dans le domaine du nucléaire et, sans vouloir critiquer le CEA, Areva ou EDF, au tout début, j'ai eu du mal à me faire entendre lorsque j'indiquais combien de becquerels j'avais trouvé dans le lait, le fromage au moment de Tchernobyl. Les élus répliquaient que selon le SCPRI⁹, il n'y avait pas de problème, et que donc, il ne pouvait pas y en avoir. J'avais pourtant tous les éléments et j'étais prête à faire vérifier mes dires par n'importe quelles mesures physiques. Pour les députés, tout dépend d'où vient l'information. À part des députés qui seraient directement confrontés à des habitants de leur circonscription qui leur feraient part d'un problème, ils ont du mal à entendre ce type de discours.

La loi Abeille n'était pas très « révolutionnaire » : il s'agissait de diminuer les niveaux d'exposition. Le décret Jospin de 2002 qui reprend les recommandations européennes correspond à des niveaux très élevés. Tous les rapports demandent que les niveaux soient diminués. Il faut être cohérent : on ne peut pas se battre sur l'électrohypersensibilité si l'on ne fait pas en sorte que les expositions diminuent. D'une façon générale, le lobby des opérateurs téléphoniques a œuvré, et tout ce qui pouvait faire que l'on puisse leur demander des comptes a disparu.

Depuis 1997, nous avons perdu sur toute ligne. Nous avons perdu sur le plan pénal. Rappelez-vous, à l'époque, nous avons organisé le Grenelle des Ondes parce que les juges avaient demandé à Bouygues, SFR et Orange de démanteler certaines antennes, soit en application du principe de précaution, soit parce qu'elles pouvaient porter atteinte à l'ordre public, mais ensuite, on n'a plus pu se servir du pénal, et il faut désormais passer par le tribunal administratif. Ce dernier se base sur le décret, et constate que les 41 V/m ne sont pas dépassés. L'installation des antennes-relais est alors autorisée. À l'époque, j'étais adjointe à la Mairie de Valence : lorsque je voyais que les opérateurs de téléphonie mobile voulaient installer des antennes à proximité d'une école ou d'un hôpital, je leur suggérais plutôt un autre emplacement. En tant que maires, on pouvait débattre, mais aujourd'hui, nous n'avons plus aucune initiative : les opérateurs agissent à leur guise. Le Grenelle des Ondes, quant à lui, n'a pas abouti à grand-chose.

La seule chose intéressante que permet la loi Abeille est la commande d'un rapport sur l'électrohypersensibilité, ce qui est une très bonne chose, ainsi que quelques recommandations sur l'information et l'accès au Wi-Fi.

En ce qui concerne le projet à Saint-Julien-en-Beauchêne (Hautes-Alpes), comme vous pouvez le voir, il s'agit d'un site forestier, près de Lus-la-Croix-Haute. Ce site appartient à la CAF des Bouches du Rhône (caisse d'allocations familiales). Par l'intermédiaire de l'ancien maire Jean-Claude Gast qui est en relation avec la CAF, j'ai pu découvrir ce lieu... À l'heure actuelle, il y a trois sites sur ce domaine : le premier accueille des enfants marseillais, le second, la chartreuse, accueillait aussi des enfants, mais il n'est plus utilisé depuis un certain nombre d'années, et puis

⁹ Service central de protection contre les rayonnements ionisants (SCPRI).

nous avons les Cros, qui accueille encore des enfants. Lorsque nous avons rencontré le directeur général de la CAF, il nous a expliqué qu'il ne souhaitait pas conserver les trois sites. La CAF a un rôle social, et si ce lieu nous intéressait, elle est prête à nous proposer un bail emphytéotique. Avant d'aller plus loin, j'avais demandé qu'une expertise (diagnostic) sur les ondes électriques et électromagnétiques ait lieu. L'avantage est que le site se trouve séparé du village par une montagne ; il est donc complètement protégé des antennes-relais qui alimentent le village. Ce diagnostic a été financé par la Région PACA. Le résultat est très favorable : nous ne recevons aucune onde des antennes de Bouygues, Orange ou SFR.

Présentation de photos du site : Il s'agit ici d'autres bâtiments. Ils sont construits « à l'américaine ». Ils sont en bon état. Ils ne sont pas isolés pour l'hiver, mais ils conviennent tout à fait l'été. Voici les chambres... Ici, nous étions en train d'effectuer des mesures. J'étais avec la directrice générale adjointe de la CAF, Mme Melmont Un bâtiment en dur a été baptisé la Chartreuse. Il est assez intéressant. La toiture a été refaite. Bien sûr, il faut refaire l'électricité. L'intérêt est que les murs ont 1,50 à 2 m d'épaisseur. Pour les personnes qui ont une grande électrohypersensibilité, cela peut être un lieu de ressourcement. Ici, il s'agit des Cros. Le site est disponible dès demain : il reçoit des enfants et répond donc à toutes les normes de sécurité. Il est installé plus haut. Le lieu est d'ailleurs assez protégé, et les bâtiments sont en très bon état.

Nous avons été appelés par le maire de l'époque – qui ne s'est pas représenté en 2014. J'ai rencontré le nouveau maire, Jean-Claude Vallier, qui est un ancien ingénieur du CEA. Il faut convaincre son conseil municipal : les habitants ont toujours peur qu'en installant un tel centre, ils puissent ne plus avoir accès au téléphone portable. Ce n'est pas incompatible : ils peuvent toujours accéder au téléphone portable et à Internet. Nous avons l'appui de la CAF – ce qui est important – et celui de la Région PACA – qui a financé l'étude – et je souhaite aussi associer les opérateurs à ce projet. Nous ne réussissons que si nous sommes inclusifs. Soit nous sommes dans le déni, en considérant qu'il n'existe pas de définition claire de l'électrohypersensibilité, et les électrohypersensibles risquent d'être complètement discriminés... Je suis intervenue à plusieurs reprises auprès de personnes qui vivaient dans des grottes. Le maire, Jean-Claude Gast, a été sensibilisé à cette question parce qu'il a vu s'installer dans des grottes des femmes qui ne supportaient plus la pollution électromagnétique. Elles vivent aujourd'hui dans des maisons forestières complètement « perdues ». Lorsque l'on parle d'isolement des électrohypersensibles, c'est une réalité. Ces personnes errent parfois dans des camions. Heureusement, leurs conjoints et leurs enfants ne sont pas toujours électrohypersensibles. Ils errent de lieu en lieu pour essayer de se ressourcer. J'ai d'ailleurs rencontré ces femmes, qui sont remarquables, et j'ai ressenti une très forte souffrance chez elle. Les gens ne sont sensibilisés qu'à partir du moment où ils rencontrent des personnes comme celles-là.

Je souhaite m'associer aux opérateurs, car s'ils veulent augmenter la puissance des antennes, cela pourra provoquer un impact sur le lieu d'accueil... Les signaux ne passent pas en direct parce que la montagne fait écran, mais les ondes peuvent tout de même se réfléchir sur les falaises. Je voudrais conclure un accord avec les opérateurs – et j'ai besoin de vous : il s'agirait de faire une expérimentation commune. Toute modification de la puissance des antennes serait partagée. À un moment, je souhaitais inviter des électrohypersensibles sur le site. C'était d'ailleurs prévu en juin. J'ai appris que Bouygues avait réactivé une antenne. J'ai appelé l'opérateur, qui m'a expliqué qu'il n'était pas possible de réduire aussi facilement la puissance de l'antenne, qu'il fallait rencontrer le directeur, obtenir l'aval de l'État, etc. Je ne pouvais pas inviter des électrohypersensibles sur le site si une antenne était en fonctionnement. Nous avons effectué de nouvelles mesures en Août et nous avons vu que si tous les portables étaient éteints, il n'y avait aucune pollution électromagnétique. Je me méfie toutefois des phénomènes de réflexion.

En ce qui concerne le cahier des charges pour définir une zone blanche, il existe plusieurs critères. Le premier est qu'il n'y ait pas d'ondes électromagnétiques mesurables (et donc seulement un bruit de fond). Mais une zone blanche, c'est plus compliqué, car très souvent, l'électrohypersensibilité est associée à une sensibilité aux produits chimiques. Cela signifie que dans la zone blanche – et surtout quand la grande chartreuse sera rénovée – il faudra vérifier l'absence de produits toxiques avec des experts (dans les peintures, le mobilier, etc.). Il faut qu'il y

ait une collaboration avec toutes les personnes expertes de ces problématiques. Je vais d'ailleurs rencontrer les élus municipaux pour leur expliquer le projet. Je veux faire de ce projet un site expérimental avec une dimension européenne et j'ai besoin de vous. J'ai besoin d'un groupe d'experts, car je ne veux pas que ce soit un lieu permanent. Il serait ouvert pendant six mois, et les personnes pourraient donc venir s'y ressourcer pendant un ou deux mois. Une équipe de scientifiques viendrait sur ce lieu, irait à la rencontre des électrohypersensibles et pourrait mener des études scientifiques pour essayer de comprendre le phénomène. Il ne s'agirait donc pas seulement d'une étude bibliographique, mais de rencontrer une cohorte d'électrohypersensibles très divers qui nous permettraient de tester si la grille de critères de diagnostic existantes est pertinente ou non. J'avais consulté quelques médecins pour connaître les critères : on trouve les symptômes (fatigue, insomnie, picotements, etc.). Il serait intéressant de voir s'ils se sentent bien partout ou seulement à certains endroits. Nous pourrions aussi appliquer ces mêmes critères à l'intérieur des bâtiments – qui ont une paroi très épaisse – et au Cros. Compte tenu de la très grande diversité des électrohypersensibles, je souhaiterais leur adresser des questionnaires individuels, pour ne pas qu'une personne seule puisse diriger l'ensemble. J'aurais besoin d'outils pour définir ces critères.

Il y a eu une rencontre avec le Pr Marc-Vergnes et l'ensemble des interlocuteurs locaux. Cet échange a été très intéressant et riche, nous avons réuni une petite centaine d'électrohypersensibles, très à l'écoute. J'avais invité le Dr Souvet, qui est cardiologue et conseiller régional PACA, Anne-Marie Hautant, Vice-présidente du Conseil régional (qui avait obtenu les fonds pour le diagnostic), Philippe Maire, le directeur adjoint de la protection des populations et de la cohésion sociale de la Préfecture des Hautes-Alpes (une personne très ouverte et très volontariste pour que le site devienne une zone blanche), l'ONF, et toutes les associations qui s'occupent des électrohypersensibles. J'ai voulu quelque chose d'assez large, pour que les électrohypersensibles puissent écouter à la fois un chercheur, un représentant de la Préfecture, une personne de l'ONF, etc.

GT : Nous avons simplement eu un « accroc » avec une association. Ce n'était pas gravissime. Je le signale quand même, car on a l'impression qu'ils ne comprennent pas toujours ce qu'est la bonne volonté...

MR : Il faut avoir une vision d'ensemble. Quoi qu'il en soit, je peux vous dire que les associations étaient très contentes que vous soyez là, car elles ont très peu d'occasions d'échanger avec des chercheurs. Vous avez fait l'effort de venir. Elles ont été très touchées de voir que l'on s'intéressait enfin aux électrohypersensibles. Tout le monde était donc très satisfait.

GT : Après la réunion, j'ai discuté avec plusieurs personnes et effectivement, cela s'est très bien passé. Je signale ce cas, car il s'agit d'une personnalité connue dans ce milieu, et qui est en quelque sorte un « élément perturbateur ».

MR : On en verra toujours. L'association Next-up était présente également.

GT : Le ton de son site est très virulent. D'ailleurs, avez-vous des détails sur le projet de zone blanche que Next-up a présenté à cette occasion ? Cela nous a été présenté comme un projet concurrent, en quelque sorte.

JA : Ce n'est absolument pas le cas. J'ai lu l'article dont ils nous ont parlé, mais il n'y a rien de très concret derrière cette idée. L'association s'est rendu compte que le maire d'une commune avait été sensibilisé au sort d'un enfant électrohypersensible et une réflexion a été lancée pour abaisser l'exposition de cet enfant au niveau de l'antenne. Il n'est absolument pas question de constituer une zone blanche.

Michèle Rivasi vous parlera, à la fin de son intervention, d'un projet dont j'ai appris l'existence la semaine dernière en Ariège. Mis à part celui-là, il n'existe pas de projet « concurrent » à notre connaissance.

GT : M. Sargentini n'avait-il pas organisé une zone refuge dans la forêt de Saoû ?

MR : Il s'agit d'une zone que l'on peut considérer comme « blanche », mais c'est un espace naturel sensible qui dépend du Conseil général de la Drôme. À une époque, des électrohypersensibles étaient venus se réfugier dans ce lieu. Je les avais rencontrés et je leur avais expliqué qu'ils ne pouvaient pas y rester, car la nature y est très protégée. Le Conseil général était d'ailleurs assez remonté... Pour réussir un projet comme celui-là, l'accord des élus est indispensable, et ce à tous les échelons : la mairie, le Département et la Région. Il faut aussi trouver des financements.

En Italie ou aux États-Unis, par exemple, il existe des zones refuges où les ondes électromagnétiques sont peu présentes. Ma conception de la zone blanche est un peu différente : je voudrais faire un site pilote de recherche sur cette question à Saint Julien. Je suis moi-même scientifique et je trouve que les publications sur les électrohypersensibles sont très peu nombreuses. Il n'en existe pas en France. Le Pr Belpomme travaille sur le sujet, mais il est tout seul. Si vous en êtes d'accord, je pense qu'il faudrait constituer un groupe d'experts : nous aurions besoin de médecins, de biologistes, de neurologues, etc. Là, nous deviendrons crédibles. Nous pourrions voir les électrohypersensibles dans leur diversité. L'intérêt que j'ai vu au site de St Julien en Beauchêne est que l'on peut jouer sur la diversité de l'exposition. On peut imaginer utiliser le grand bâtiment de la Chartreuse avec l'accès à l'électricité, et parmi les bâtiments construits à l'américaine, on peut très bien imaginer de ne même pas installer l'électricité – étant donné que certaines personnes sont également sensibles aux courants électriques. Nous pourrions monter un laboratoire d'analyse et de diagnostic qui nous permettrait de mener une expertise sur les électrohypersensibles. Ces derniers sont prêts à participer ; il reste à monter le projet.

GT : J'ai une remarque à propos du cahier des charges : envisagez-vous l'implantation d'une structure médicale ? Les électrohypersensibles sont certes des handicapés, mais ils revendiquent aussi d'être des malades. Je pense que des questions de sécurité médicale se posent. Ce point me semble important. La question mérite d'être creusée.

MR : Je suis tout à fait favorable à ce qu'il y ait une structure médicale sur place. Nous avons d'ailleurs des locaux qui conviennent pour l'accueillir

Je travaille actuellement à l'évaluation financière. Pour tout vous dire, si la CAF nous laisse les Cros, le lieu qui accueille des enfants actuellement – les animateurs sont d'ailleurs ravis, car les enfants ne peuvent pas capter le réseau sur leurs téléphones portables – nous pourrions recevoir des électrohypersensibles très prochainement. La contrepartie demandée par la CAF est qu'il faut que l'on réhabilite la Chartreuse. Je suis en train de faire expertiser le coût financier de la rénovation de ce bâtiment. Je voudrais aussi qu'une expertise ait lieu sur le choix de la cellule médicale. Nous avons besoin d'experts pour nous conseiller sur le type de matériel médical à prévoir.

Quoi qu'il en soit, pour moi, une simple zone refuge ne suffirait pas. Il faut que nous avancions aussi sur le plan scientifique. Je veux donner une dimension européenne à ce projet, car cela nous permettra d'obtenir des fonds du FEDER¹⁰. Je suis en train d'examiner la question des risques émergents avec le JRC¹¹. Je m'étais beaucoup battue sur la phagothérapie, et nous avons obtenu 4 millions d'euros pour financer des recherches (notamment par l'intermédiaire des hôpitaux militaires) et je suis en train de voir quels financements nous pourrions obtenir pour cette rénovation avec cette cellule médicale. J'aimerais que l'expertise parte de l'Anses, qui a une vraie légitimité, mais je voudrais aussi l'ouvrir au niveau européen. Le poids des opérateurs est tel qu'il faut les associer, mais leur montrer aussi qu'il existe d'autres experts sur le sujet.

¹⁰ Fonds européen de développement régional (FEDER).

¹¹ Joint research centre (JRC).

Vous m'avez demandé si j'avais connaissance d'autres initiatives européennes. Il existe un exemple à Zurich, et je souhaite d'ailleurs rencontrer ceux qui ont construit cet immeuble. Outre le problème de l'électrohypersensibilité se pose celui de la sensibilité chimique. Lorsque nous allons effectuer la rénovation, nous allons avoir besoin de bons physiciens pour savoir où faire passer les câbles électriques mais aussi d'experts sur le plan chimique. Nous n'aurons pas de Wi-Fi, mais il faudra tout de même prévoir une connexion à Internet (et d'autres lieux pour les personnes qui y sont sensibles). Nous devons réfléchir à la conception du bâtiment avec de nombreux experts, puis nous travaillerons avec les scientifiques sur le suivi des électrohypersensibles.

Sur Google Maps, vous trouverez des sites de refuges pour les électrohypersensibles. Dernièrement, comme l'indiquait Justine, un particulier souhaite acheter une maison... Mais vous pourrez trouver de nombreux exemples à titre individuel.

GT : L'existence de ces zones risque d'entraîner une dispersion des patients. Du point de vue scientifique, l'intérêt d'une opération telle que celle que vous voulez monter est de réunir, dans un même lieu, un nombre suffisamment élevé de patients pour que l'on puisse faire des études scientifiques. Quoi qu'on en dise, il n'existe pas tellement d'électrohypersensibles que cela – je ne parle pas des personnes qui ont une petite électrohypersensibilité, mais de personnes pour lesquelles cela devient un handicap. D'après les recensements des associations, on se demande aussi parfois si certains n'adhèrent pas à plusieurs associations. Nous ne connaissons donc pas le nombre d'électrohypersensibles qu'il peut y avoir en France. Le lieu pourrait éventuellement attirer des électrohypersensibles originaires d'autres pays européens, mais du point de vue scientifique, il faudrait s'interroger – même si nous n'en sommes pas encore là – sur les effectifs et les critères à définir pour une étude. Nous avons la chance d'avoir le Medes à Toulouse (un centre d'études de physiologie spatial, utilisé pour la préparation des vols spatiaux). Le projet que vous proposez s'apparente à ce que pratique le Medes : il s'agit de réunir, pendant une durée qui peut atteindre plusieurs mois, des personnes soumises à des protocoles assez complexes – non invasifs, mais dans des conditions parfois difficiles. Nous avons donc des exemples de travaux.

Travailler sur le sujet réclame tout de même un certain temps. Dès à présent, je souligne la difficulté du nombre : les effectifs sont à calculer sur la base des connaissances, et avant de se lancer dans une opération, il convient de se demander si elle permet de drainer suffisamment de sujets.

D'ailleurs, une autre question vous a été posée, à laquelle vous n'avez pas répondu complètement : avez-vous eu des échanges avec Next-up, Priartem ou d'autres associations d'EHS à ce sujet ? Quelles sont les associations qui adhèrent à ce projet actuellement ?

MR : Toutes les associations d'électrohypersensibles, qu'il s'agisse du Collectif, d'Une terre pour les EHS, de Priartem, de Robin des Toits, etc., sont favorables, et ce d'autant plus que par rapport à des projets « concurrents », celui-ci a une dimension médicale et scientifique. Je pense que les électrohypersensibles seront de plus en plus nombreux. La prévalence augmente à cause de la pollution électromagnétique. J'aimerais que la France devienne un leader dans ce domaine. Les électrohypersensibles passent souvent par mon bureau à Valence. J'en ai une liste. Je pense qu'il doit y en avoir plus de 1 000 en France.

GT : C'est plus que surabondant : cela permet de réaliser de grandes études multicentriques !

MR : J'ai rencontré des ingénieurs, des infirmières, des journalistes qui sont devenus hypersensibles. Les journalistes travaillent parfois dans des milieux confinés, dans des studios de radio. Ils sont très intéressés de découvrir comment ils sont devenus hypersensibles, et de savoir quels types de traitements ils peuvent recevoir. La théorie du Pr Belpomme est qu'en les prenant assez tôt, les électrohypersensibles peuvent connaître une réversibilité de leur état, mais qu'en attendant trop longtemps, la situation est irrécupérable – jusqu'à provoquer la maladie d'Alzheimer. Nous avons intérêt à présenter à ces personnes un lieu où elles pourront être écoutées et où elles pourront se sentir mieux.

Il n'existe donc pas vraiment de projet « concurrent », car les autres projets sont plutôt des zones refuges.

Lorsque j'ai rencontré M. Mortureux, je lui ai expliqué que j'avais besoin de l'Anses pour essayer de mieux comprendre. Je n'ai pas envie d'aller à l'affrontement face aux opérateurs. Il faut contourner l'obstacle et mieux se situer sur le plan scientifique pour essayer de mieux comprendre la réalité de l'électro hypersensibilité. Pour la comprendre, il faut trouver un lieu où les électrohypersensibles puissent venir. Le Dr Choudat voulait faire une étude à Cochin, mais les électrohypersensibles ne veulent pas s'y rendre.

Je suis ouverte à la discussion.

GT : J'ai une question technique et pratique. J'ai eu la responsabilité de la coordination du rapport dans lequel on avait consacré un chapitre à l'électrohypersensibilité. Cet été, j'ai suivi, sur le site d'Une terre pour les EHS, le projet de Durbon. J'ai noté que vous aviez prévu une expérimentation de six à huit personnes au printemps, mais que cela avait échoué. Si j'ai bien compris, l'opération a été reportée à l'automne. Ma question est simple : est-ce toujours d'actualité, et quel est le protocole prévu ? S'agit-il uniquement de déplacer les personnes sur le site pour voir comment elles se sentent ou avez-vous prévu des mesures ou des observations ? Je précise que je suis biologiste de formation et que je suis venu sur le tard à l'épidémiologie. Je travaille dans le domaine du cancer depuis toujours ou à peu près.

MR : J'ai répondu en partie à la question de l'annulation : Bouygues avait réactivé une antenne. Ces personnes sont très sensibles et si jamais je les avais amenées dans un lieu où l'antenne de Bouygues était fonctionnelle, le projet aurait été enterré et j'aurais perdu la confiance de ces personnes.

GT : Vous avez demandé que l'antenne soit coupée pendant 48 heures...

MR : Non. J'avais demandé à ErDF de couper la ligne à moyenne tension pendant 48 heures, et nous l'avions obtenu. Une ligne à moyenne tension alimente une pompe. J'avais demandé que cette ligne puisse être coupée. Lorsque j'ai téléphoné à Bouygues pour que l'antenne soit arrêtée, il m'a été répondu que ce n'était pas possible, et qu'il fallait que ce soit l'État qui en donne l'ordre.

GT : Il s'agissait bien de l'arrêter pour une durée de 48 heures...

MR : Non. Bouygues n'a pas voulu l'arrêter du tout. Étant donné que je ne l'ai appris que 15 jours auparavant, et que nous avions prévu de recevoir 15 à 30 personnes, je n'ai pas voulu prendre de risque. J'ai donc annulé. Nous voulons reconduire l'opération.

Quant au protocole, je voulais faire appel à 20 électrohypersensibles et leur faire remplir un questionnaire sur les symptômes qu'ils ressentent.

GT : Il faudrait un minimum de biologie...

MR : On peut toujours, mais la première fois... J'avais besoin du feu vert des électrohypersensibles, avant de partir à la recherche de subventions et de travailler sur le cahier des charges de la zone blanche. Le cahier des charges pour le lancement d'un appel d'offres de la CAF a été déposé dans les semaines suivantes. Pour continuer, j'avais besoin de m'assurer que les personnes se sentent bien dans ce lieu. Je comptais donc me baser sur un questionnaire qui s'inspirerait du vôtre, en rajoutant aussi la dimension géographique, entre les Cros et la Chartreuse, qui sont distants de 300 mètres, et avec, pour les électrohypersensibles extrêmes, une expérimentation dans les locaux.

GT : Connaissant les lieux, je pense qu'il faudrait procéder à un premier test dans la vallée, à Saint-Julien, puis monter à différents endroits.

MR : Je voulais voir si entre le village, où trois antennes sont présentes – il y a également Free, d'ailleurs – et le site, les électrohypersensibles sentaient la différence. Nous sommes en septembre et je peux envisager de faire cela jusqu'à la fin octobre. Au-delà...

GT : Il fait froid, là-haut...

MR : Le lieu ne pourra être ouvert que six mois par an. L'hiver, il y a un mètre de neige... J'ai aussi l'ONF qui est sensibilisée sur le sujet. C'est important. L'ONF m'a indiqué qu'il était possible

d'ouvrir la voie en cas de neige. L'ONF est très désireux de participer, mais certains habitants de Saint-Julien sont plus mitigés : ils cherchent à développer le tourisme et ceux qui iront en VTT dans cette zone n'auront plus accès au réseau. Je leur ai répondu que j'allais souvent en montagne et que lorsque je me trouvais hors de la zone de couverture, au sommet d'un col, ce n'était pas dramatique pour autant. Lorsque nous nous sommes rendus sur place, nous avons laissé nos portables. Au contraire, ce sera une forme de tourisme avec quelque chose en plus.

GT : Si j'ai bien compris, les personnes pourraient rester jusqu'à six mois. Qu'est-ce qui vous laisse penser qu'ils iront mieux en rentrant chez eux ? Est-ce sur la base de témoignages ? Peut-on imaginer que des électrohypersensibles se sentent bien dans une zone blanche ? Cela peut venir aussi du fait de se reposer : en vacances, on a tendance à être moins fatigué que le reste de l'année. Lorsqu'ils retourneront chez eux, retrouveront-ils immédiatement les mêmes symptômes ou avez-vous des témoignages qui laisseraient supposer que les effets perdurent ? Vous avez parlé plusieurs fois de « ressourcement »...

MR : C'est une belle question scientifique. Dans les revues scientifiques, j'ai pris connaissance d'un concept de réversibilité lorsque les symptômes commencent à apparaître. J'ai connu des personnes qui allaient mieux après avoir déménagé dans un lieu où la pollution du Wi-Fi ou des antennes-relais était plus faible. Cela signifie que pour certains, le fait de ne plus être exposé à cette pollution leur permet de se sentir mieux. On parle donc de réversibilité. J'apporte un bémol à cela, car chez ceux pour qui les dommages sont trop importants, la réversibilité n'existe plus. Des scientifiques pourraient trouver des traitements palliatifs pour ces personnes.

Je ne voudrais pas créer un dispositif permanent. Il faut donc prévoir une limite à la durée du séjour. De toute façon, nous avons une limite météorologique !

Cela m'intéresse de savoir si ces personnes, en retournant près d'une antenne-relais, redéveloppent les symptômes.

GT : Il faudra tenter de répondre à cette question. Il faudrait prévoir des questionnaires avant le séjour, pendant et quelque temps après.

GT : Cela me fait penser au traitement ostéopathe qui nous avait été présenté par les Docteurs Tournesac et Rosa : les personnes connaissent une amélioration transitoire de leur état et se font traiter périodiquement. Dès qu'ils retournent à des conditions de vie normales, leur état s'aggrave jusqu'à un certain seuil, et pour ne pas que cela évolue, ils vont consulter à nouveau. Nous aimerions qu'un protocole permette de vérifier cela, mais plusieurs EHS me l'ont confié.

GT : Je souhaite revenir sur le cahier des charges. Si j'ai bien compris, vous vous intéressez en priorité aux radiofréquences, dans la mesure où il y aura de l'électricité, et donc, des rayonnements à 50 Hz. Si j'ai bien compris, ceux qui auront des problèmes iront ailleurs... Je pense qu'il est difficile de distinguer les choses *a priori*.

Par ailleurs, je ne suis pas sûr de bien avoir compris la question du « bruit de fond ». Si la zone est isolée et protégée par une montagne, l'exposition sera basse, mais il est important de se fixer des valeurs, car les appareils sont assez sensibles. On peut détecter un champ de l'ordre de 1 mV/m avec l'appareil qu'utilisait M. Lorus [estimé], mais le niveau du bruit est encore plus bas. Je pense qu'il est important de se fixer des objectifs et d'avoir un cahier des charges assez complet.

Pour ce qui est des basses fréquences, je pense qu'il faudrait prévoir la même démarche scientifique.

Je ne sais pas si vous en avez débattu, mais la lumière est aussi une onde électromagnétique. Avez-vous pensé à travailler sur la luminosité à l'intérieur des bâtiments ?

MR : Tout à l'heure, je vous ai expliqué qu'il faudrait un bâtiment de réception, qui pourrait être la grande chartreuse. Ce bâtiment est assez imposant – et très beau sur le plan architectural d'ailleurs. Je vois mal comment on peut assurer l'accueil sans un accès à Internet (mais en filaire). Se pose aussi le problème de l'électricité. Je n'en suis pas encore à l'étude pour les bâtiments, mais je pensais que le bâtiment d'accueil serait alimenté en électricité, mais que certains des

bâtiments voisins pourraient ne pas être alimentés. Cela répondrait aussi à votre question sur la lumière, car certaines personnes sont tellement sensibles que la lumière peut aussi les gêner.

Ce lieu a de nombreuses potentialités pour envisager tout l'éventail des électrohypersensibilités. C'est pour cela qu'il faudrait établir une typologie des sensibilités, et attribuer à chacun un lieu qui correspondrait à son état. Il ne s'agit donc pas d'installer l'électricité partout. La preuve en est que nous avons fait couper la ligne de moyenne tension. Le simple fait de voir les lignes électriques risque même de déclencher des réflexes conditionnés. Je voulais étudier aussi la basse tension et la lumière, car certains y sont sensibles, effectivement.

Anses Peut-être un mot avec une vision de l'Anses. L'audition par le groupe de travail intervient dans le cadre du mandat sur l'étude des effets des radiofréquences sur la santé. Nous voyons pour la première fois un travail spécifiquement dédié à l'électrohypersensibilité. À ma connaissance, ce sera une première pour une agence sanitaire. Un travail important avait déjà été mené en 2009, mais nous avons considéré que nous devons le développer avec le groupe.

Votre démarche nous intéresse parce qu'elle nous permet d'échanger et parce qu'à terme, nous pouvons envisager un accompagnement scientifique. Dès lors qu'il y aurait un lieu d'expérimentation, nous pourrions financer des projets spécifiques pour suivre un certain nombre de vos initiatives.

Peut-être également, dans le cadre des instances de dialogue et des projets d'investigation exploratoire (PIE), aurions-nous la possibilité d'envisager des actions plus spécifiques. Ici, nous sommes dans le cadre du groupe, qui a vocation à apporter une réponse à la question des EHS.

Je pensais aussi aux expériences internationales. Vous avez notamment cité l'approche pionnière des pays scandinaves en matière de reconnaissance, mais à votre connaissance, qu'en est-il du développement de « terres d'asile » ? Les Scandinaves sont-ils allés au-delà de la logique d'indemnisation et ont-ils développé des zones blanches qui peuvent accueillir ce type de population ?

MR : On connaît le cas de la Suède, qui est allée assez loin, allant jusqu'à créer des quartiers où la pollution électromagnétique est beaucoup plus basse. Dans ces quartiers, il n'y a pas d'antenne-relais. Des wagons ont même été construits pour que les électrohypersensibles puissent utiliser les transports en commun. Il s'agit de véritables cages de Faraday. La Suède est donc allée assez loin pour permettre la socialisation de ces personnes. Dans notre pays, les électrohypersensibles n'ont plus qu'à grimper dans leur camion et à aller dans la forêt...

Lorsque je tiens ce discours aux élus, ils y sont sensibles dans le cadre des PLU. Certains vont jusqu'à prévoir des quartiers sans antennes-relais et où l'exposition serait minimale. Ce n'est pas simple pour autant, car cela demande beaucoup d'information en amont. La plupart des gens ne savent pas ce qu'est l'électrohypersensibilité.

En septembre 2012, en Allemagne, l'électrohypersensibilité est entrée dans le répertoire des maladies (selon la typologie de l'OMS). Il s'agit toujours de l'ICD 10, avec la référence Z58-4 dans la classification. Cela étant, je n'ai pas connaissance d'autres initiatives.

JA : Il existe des zones très isolées, comme en Italie et aux États-Unis. J'ai visité des sites internet suédois. Ils sont écrits en suédois, malheureusement, mais j'ai compris qu'il s'agissait plutôt d'éco-lieux. Il existe effectivement des quartiers où l'exposition est plus basse, pour faciliter l'intégration des personnes hypersensibles, mais dans des lieux plus isolés, on trouve aussi des éco-lieux, sous la forme de gîtes. D'après ce que j'ai compris – mais je ne parle pas le suédois –, aucun suivi médical particulier n'est prévu ; il s'agit uniquement d'un ressourcement de court terme (pour une semaine par exemple).

MR : S'agissant du Royaume-Uni, j'ai vu une publication de l'agence gouvernementale de protection sanitaire, qui conclut à l'existence de cette pathologie, mais aucun élément sur le suivi. On voit des personnes qui essaient d'identifier des zones de faible exposition.

L'Italie reconnaît un lien de causalité et il s'agit là aussi d'indiquer des lieux où les rayonnements sont faibles.

La situation est assez particulière : l'Etat pousse les Départements à supprimer les zones blanches, les opérateurs irriguent les territoires et en même temps de plus en plus de personnes sont en demande de zones de refuge dans les départements. On voit ainsi des Parisiens déménager dans les Hautes-Alpes... Il faut convaincre les opérateurs de participer à l'opération. S'ils sont convaincus, nous n'aurons pas beaucoup de difficultés, mais s'ils ne le sont pas, ils peuvent très bien décider d'implanter une antenne qui ferait tomber à l'eau toute notre expérimentation. Ce serait pour nous une épée de Damoclès. Je compte voir Ségolène Royal spécifiquement sur ce sujet.

Anses Je reviens sur le point évoqué par l'Anses (celui des expériences internationales). Le cas suédois est mis en avant par un certain nombre de responsables associatifs et d'élus. De quel niveau de responsabilité relèvent les initiatives que vous décriviez ? Vous avez évoqué l'idée d'un plan d'action au niveau national en faveur des électrohypersensibles alors qu'il semblerait qu'un certain nombre d'initiatives relèvent purement du niveau local. Finalement, depuis 2001, quel est le fruit de la reconnaissance du handicap ? Vous nous avez indiqué que selon vous, la prévalence de l'électrohypersensibilité avait augmenté. Nous avons en réalité toutes les peines du monde à obtenir des statistiques qui permettraient de valider cette hypothèse. Que peut-on dire du cas suédois, qui est le plus ancien et le plus original ? 13 ans plus tard, a-t-on assisté à une augmentation du nombre d'électrohypersensibles déclarés ? A-t-on vu des effets (positifs ou négatifs) de protection et d'accompagnement de ces personnes ? Quelles sont vos informations sur le sujet, par l'intermédiaire éventuellement de vos partenaires européens ? Qu'est-ce qui permettrait de documenter la relation entre la reconnaissance d'un handicap et d'éventuels effets sur les personnes déclarées électrohypersensibles et sur la manière de les traiter ?

MR : On peut partir de l'hypothèse que la reconnaissance de l'électrohypersensibilité comme handicap est un préalable. Sans cette reconnaissance, pourquoi un élu accepterait-il de créer une zone refuge pour des personnes dont le problème n'est pas reconnu par l'État ? Il serait difficile de trouver des subventions sans un certain *corpus* de reconnaissance d'un handicap. J'aimerais aussi conserver une certaine objectivité. Et même à titre personnel, si vous êtes électrohypersensible, le fait d'être reconnu comme tel par l'État est important. Souvent, on considère qu'il s'agit d'un problème d'ordre psychiatrique. Les sujets sont alors encore plus exclus.

J'ai lu que la prévalence de l'électrohypersensibilité se situerait entre 8 et 10 % en Allemagne (selon une étude effectuée en 2010). Une seule étude s'est penchée sur l'évolution de l'électrohypersensibilité dans le temps, en Autriche, où la prévalence serait passée de 2 à 3,5 % entre 1994 et 2008. Une étude réalisée en Californie en 1998 a estimé la prévalence à 3,2 %. Plus récemment, une étude réalisée à Taiwan rapporte une prévalence de 13 %.

GT : Il est très difficile d'évaluer la prévalence si l'on n'y associe pas une notion de niveau. On ne peut pas comparer la situation d'une personne qui peut continuer à avoir une vie sociale normale avec celle d'une personne qui est obligée de se réfugier dans une caverne. À ma connaissance, il n'existe qu'une seule étude où il s'agissait d'évaluer la prévalence selon divers niveaux de pathologie.

MR : Je pars de l'hypothèse que par le biais de la reconnaissance, on pourrait jouer sur l'aménagement des transports et de l'habitat. D'ailleurs, j'ai hâte de rencontrer les Suisses et de découvrir ce qui les a poussés à créer cet immeuble. Est-ce parce que la population du canton a interpellé les autorités ou est-ce qu'une personne a eu l'idée de construire un tel bâtiment ?

GT : J'ai participé à une émission sur une chaîne de radio en Suisse romande, où il était justement question de cet immeuble à Zurich, avec M. Schiffer, le promoteur de ce projet. Il n'est d'ailleurs pas électrosensible, mais chimicosensible. Par esprit de solidarité, il a voulu associer les deux aspects.

MR : Je pense que la reconnaissance du handicap peut avoir des répercussions sur les politiques publiques. La Suède est allée plus loin, car cela fait très longtemps que le GSM y est utilisé. Ceux qui habitent dans les régions reculées utilisent des téléphones satellites depuis très longtemps. D'ailleurs, dans mon groupe politique, j'ai pu remarquer que les Suédois avaient un grand esprit de civisme. Leur mentalité n'est pas du tout la même que la nôtre : ils sont très respectueux de l'autre.

C'est mon interprétation « rivasienne », mais étant donné qu'ils ne sont pas très nombreux et qu'ils vivent dans des conditions assez dures, ils sont très solidaires. Ils prennent donc davantage soin de ceux qui se retrouvent en difficulté. Nous aurions peut-être intérêt à nous inspirer d'eux.

Anses Nous avons vu que vous preniez des initiatives au niveau du Parlement, en recevant des témoins et des scientifiques. Le contexte réglementaire peut venir du niveau national ou du niveau européen ; dans ces initiatives, y a-t-il des réflexions portées au niveau du Parlement ?

MR : Quand j'ai été élue en 2009, j'ai voulu rencontrer les membres de la Commission européenne, pour leur signifier que les recommandations européennes étaient obsolètes, vu ce que l'on connaît de l'effet des rayonnements sur le système biologique (à tout le moins). On m'a répondu que ce n'était pas de la compétence de l'Europe, car la santé est un sujet de souveraineté nationale. J'ai estimé qu'ils étaient de mauvaise foi de m'expliquer cela, car justement, les recommandations sont européennes ! Vous connaissez le poids des *lobbies* en France ; vous pouvez imaginer ce qu'il en est en Europe... Cela va bouger. Dans le domaine de la santé, nous ne sommes pas très nombreux au Parlement, et donc les futurs commissaires s'adressent directement à ceux que le sujet intéresse. J'ai donc rencontré le futur commissaire à la santé et quand je lui ai parlé de ce sujet, il m'a répondu qu'il était intéressé. Cela dépend énormément de l'implication des personnes.

Je pourrais faire un rapport d'initiative et ce serait un vrai sujet : cela permettrait d'auditionner tous les pays européens sur cette problématique. Pour l'instant, j'ai eu affaire à un accueil plutôt négatif de la Commission, car ce n'était pas, de son point de vue, une compétence européenne.

Le deuxième sujet est en contradiction avec le discours des membres de la commission. Le Scenihp est un lieu où sont conduites de nombreuses études sur les risques émergents. J'ai moi-même présidé une de ses réunions. Certaines études touchent l'ensemble des risques émergents. J'avoue que j'ai été assez déçue, car tous les chercheurs estiment qu'ils ne peuvent pas conclure et que de nouvelles études sont nécessaires. J'ai l'impression que l'Europe devient la source de financement des laboratoires. J'ai eu tendance à leur dire qu'il fallait conclure pour que les décideurs politiques puissent avancer, mais ils ne souhaitent pas conclure parce qu'ils n'ont pas assez de données, *etc.* Ils ne sont d'ailleurs pas du tout sensibilisés à l'électrohypersensibilité : ils étudient plutôt l'influence des ondes sur les rats, par exemple. Ce n'est pas inintéressant, mais il n'y a pas que cela...

Je pense qu'avec un nouveau commissaire de la santé qui sera médecin... Il est lituanien et m'a fait très bonne impression. Ces affaires dépendent beaucoup du commissaire. John Dalli n'était pas mauvais, mais il n'avait que peu de compétences dans le domaine de la santé, Tonio Borg non plus. Cela dépend donc de l'investissement du commissaire.

GT : S'il n'y a plus de questions, nous allons vous remercier. Nous allons réfléchir entre nous et nous en discuterons peut-être ultérieurement avec M. Gombert. Nous essaierons de voir comment promouvoir cette idée au sein de l'Anses.

Anses Nous vous remercions, car le principe de l'agence est de travailler à la fois en chambre, afin que les experts puissent analyser l'ensemble de la littérature scientifique disponible (publiée ou non, d'ailleurs). Cela passe par l'audition de scientifiques et de parties prenantes. Ce sont des moments très importants. J'en profite pour faire passer un message, car le dernier rapport produit par l'agence représente un investissement considérable de la part de nos experts, et pèse dans le paysage. Nous savons que notre rapport sur les EHS est très attendu, car il s'agit d'une problématique de plus en plus forte.

Au-delà, nous espérons que l'ensemble des débats scientifiques puissent se mener au sein de notre groupe. Il ne vous aura pas échappé que nous avons prévu un certain nombre d'auditions qui ne pourront finalement pas avoir lieu, de la part de certaines personnes qui peuvent pourtant avoir des propos radicaux et virulents, sans nécessairement avoir pris connaissance de l'intégralité du rapport – lire 400 pages en 30 minutes est un exercice assez difficile. Il faut que les personnes qui travaillent sur ce sujet puissent venir devant notre groupe, même si elles ne publient pas. Globalement, les auditions se déroulent bien. Je pense que nous partageons tous ce point de vue :

il faudra que nous puissions tous discuter : les opérateurs, les associations, *etc.*, et il faudra que les scientifiques de l'agence qui travaillent sur ces sujets puissent les entendre. Je ne désespère donc pas que nous puissions, tôt ou tard, auditionner le Pr Belpomme, notamment sur la question de l'électrohypersensibilité.

GT : Nous le souhaitons vivement !

MR : Je voudrais vous remercier. J'ai connu l'Affset, qui a connu une situation assez critique à une certaine époque au sujet des conflits d'intérêts. Je trouve que vous avez eu une très bonne évolution. Je me suis permis de venir parce que l'Anses est très attendue pour ce rapport.

Quelle que soit la controverse qui existe dans le monde scientifique – si nous n'avions pas l'esprit critique, la science n'évoluerait pas – je pense que vous avez un certain poids dans vos recommandations... C'est pour cela que j'ai illustré la démarche des Suédois : si l'on arrivait à dire que même si l'on n'a pas toutes les explications, nous avons bien affaire à une déficience, un désavantage, *etc.*, pour ces personnes, qui pourraient alors bénéficier d'une reconnaissance de leur handicap. On pourrait ensuite influencer sur certaines politiques publiques, en particulier d'aménagement. Ce serait déjà très important. Cela ferait comprendre aux opérateurs et à ceux qui sont en désaccord avec cette reconnaissance que nous avançons à petits pas.

J'ai besoin de vous pour le questionnaire, car je pense qu'il serait idiot de ne pas utiliser les outils que nous avons à notre disposition, au moins pour avancer pendant la première phase.

J'aurai aussi besoin des compétences de ce groupe, quitte à l'élargir afin de donner une assise plus européenne au projet. Par ailleurs, au moment de la rencontre avec les opérateurs, j'aimerais bien que vous soyez parties prenantes avec moi. Je ne sais pas si vous vous en rendez compte, mais cela réclame énormément d'énergie « renouvelable » pour que ce projet aboutisse. Il faut que nous travaillions ensemble au bien-être d'un certain nombre de personnes qui sont exclues de la société. Je me dis que plus nous serons sur cette position, plus nous risquerons, chacun d'entre nous, de devenir un jour électrohypersensibles. Tant que ce sera réversible, cela ira encore, mais quand ce ne sera plus le cas, ce sera problématique.

En tout cas, je vous remercie.

Auditions des associations « Priartem » et « Collectif EHS » - 6 novembre 2014

Étaient présents :

Experts du Groupe de Travail (GT)

Membres de l'Anses (Anses)

Invités : Janine Le Calvez (JLC) (Priartem) et Sophie Pelletier (SP) (Collectif EHS)

GT : Nous vous remercions d'avoir accepté de nous rencontrer. Nous apprécions beaucoup votre venue et nous vous attendions avec impatience. Nous avons pensé que le fait de vous adresser au préalable une liste de questions serait de nature à favoriser le dialogue. Nous avons également noté que vous aviez des questions à nous adresser, auxquelles nous sommes tout à fait disposés à répondre dans un deuxième temps, lorsque nous aurons demandé aux autres associations si elles souhaitent également nous interroger.

Les participants se présentent.

GT : Les premières questions que nous souhaitons vous poser sont les suivantes. Depuis quand vous intéressez-vous à la question de l'électrohypersensibilité ? Quelles sont les raisons qui vous ont amenées à vous y intéresser, à soutenir des personnes, à fonder une association ?

JLC : Je souhaiterais faire une petite introduction liminaire. Tout d'abord, je vous remercie de nous auditionner. Il est important que nous puissions vous rencontrer et nous exprimer.

Je voudrais ensuite revenir sur le questionnaire que nous avons reçu. Je pense qu'avoir reçu ce questionnaire est une bonne chose, car cela nous donne une idée des questions que vous vous posez.

Le moins que l'on puisse dire est que nous avons été surprises par de nombreuses questions, voire sidérées par d'autres, à tel point qu'elles vont nous obliger à vous interroger sur votre mission actuelle sur l'EHS. Nous sommes des gens simples et pour nous, la réponse à la question relative aux missions du groupe était relativement simple : il s'agissait de faire un état des connaissances scientifiques sur la question de l'électrohypersensibilité. C'est une réponse qui est d'ailleurs en réponse avec nos attentes.

Dans ce contexte, notre audition avait un sens. Or, j'ai été très surprise, car toute une série de questions s'apparentent à une enquête de terrain. Ce n'est pas le lieu de mener une enquête de terrain. D'autres questions me semblent un peu biaisées au niveau du contenu ou de l'esprit qui est sous-jacent. Il s'agit de l'influence supposée par exemple des médias sur l'état de santé des électrosensibles. Est-ce que cela peut vraiment faire avancer la question ? Le clou de l'interrogation est les questions sur les associations, leur représentativité, etc. En quoi cela va-t-il aider à comprendre la question de l'EHS ? J'avoue que je ne vois pas très bien. Ces séries de questions nous ont tellement surprises que très clairement, nous ne répondrons pas à certaines. Nous abandonnerons toutes les questions relatives aux associations.

Pour d'autres questions qui correspondent davantage à des enquêtes de terrain et qui concernent la symptomatologie, je pense que le plus simple est de renvoyer aux nombreux témoignages qui figurent sur le site du collectif. Je pense que cela sera aussi utile que ce que nous pourrions vous dire aujourd'hui sur la symptomatologie. Nous vous renverrons également à des articles scientifiques qui ont étudié ces problèmes, et qui l'ont beaucoup mieux fait que nous pourrions le faire.

Bien évidemment, les questions qui nous intéressent sont celles qui portent sur ce que nous sommes en droit d'attendre de cette expertise ainsi que – question totalement absente de votre

questionnaire – sur les pistes de recherche qui nous semblent devoir être développées d'urgence. En effet, dans l'avis que rendra l'Agence, il y aura bien une nécessité de développer des pistes de recherche, car nous sommes tout à fait d'accord avec vous pour dire que sur ce sujet, on est loin de tout savoir.

Pour conclure mon introduction, je vais rappeler les questions sur lesquelles nous souhaitons être éclairées soit aujourd'hui, soit à un autre moment et dans un autre cadre.

Nous aimerions connaître la bibliographie utilisée ainsi que les mots clés qui ont permis de la construire.

Nous aimerions connaître le lien entre le travail réalisé spécifiquement sur la question EHS et l'expertise précédente. Certains éléments mis en évidence ou d'ailleurs traités de façon particulière dans la précédente expertise peuvent aider à comprendre le phénomène EHS. Je pense à des études comme celles de M. Buchner, mais aussi à tout ce qui concerne la BHE et les articles de Nittby et autres. Cela peut être à nouveau analysé et interprété dans le cadre de l'étude sur l'EHS. Nous aimerions donc savoir comment vous faites le lien entre la précédente expertise et la nouvelle.

Bien évidemment, la troisième question porte sur la méthodologie d'évaluation des articles.

GT : Cela sera évoqué au comité de dialogue.

JLC : Très bien. Ce qui nous paraît important, c'est l'émergence, à travers notre travail, d'impérieux besoins de recherche dans un certain nombre de domaines.

Tels sont les thèmes sur lesquels nous aimerions vraiment être éclairés.

GT : Je vais vous donner quelques explications sur les questions puisque certaines vous paraissent étranges. S'agissant de l'enquête de terrain, il est vrai que nous n'avons pas votre expérience. Vous êtes au contact d'un certain nombre de personnes que nous n'avons pas l'occasion de voir. Les auditions auxquelles nous avons procédé dans le milieu médical nous ont montré une grande hétérogénéité d'attitudes, de positions, des argumentations, de l'expérience des gens. Nous voulons donc essayer de cerner au plus près la réalité du terrain, car c'est tout de même de là qu'il faut partir, même si ensuite, cela pose beaucoup de questions qui ne sont pas résolues. Ce sujet est controversé, fait l'objet de beaucoup d'articles de recherche certes, mais aussi de beaucoup d'articles d'opinion non fondés scientifiquement. Certains d'entre nous ont passé de longs moments sur les divers sites de témoignages, etc., mais tous les membres du comité ne peuvent y consacrer autant de temps. Vous êtes donc les personnes qualifiées pour vous exprimer au nom des gens que vous représentez.

La question relative aux associations s'adresse peut-être plus précisément à Sophie Pelletier. Le collectif regroupe-t-il toutes les autres associations ou êtes-vous indépendants par rapport à d'autres associations qui sont représentées au comité de dialogue ? Nous invitons le maximum d'associations, mais nous aimerions savoir quel est le degré de concertation qui existe entre les différentes associations pour aborder ce problème. C'est une difficulté supplémentaire dans l'analyse du terrain. Nous essayons de savoir qui parle et au nom de qui. Je comprends que vous soyez gênée de parler des autres associations, mais nous aimerions y voir un peu plus clair dans ces multiples associations.

JLC : Vous avez compris qu'au sein du comité de dialogue, plusieurs associations étaient représentées. Vous le fréquentez depuis un certain temps et vous savez que nous ne nous exprimons pas tous de la même façon. Les perceptions et les appréhensions des problèmes sont différentes. Vous avez constaté en même temps que lorsque nous avons eu un gros problème sur le rapport, il y a eu une mobilisation interassociative relativement importante.

GT : Il est plus facile de s'opposer que de construire.

JLC : Il existe donc une pluralité d'associations, car il existe sans doute aussi une pluralité d'approches. Ce qui vaut au niveau des ONG nationales plus généralistes vaut également au niveau de l'EHS.

SP : Je pense que le mieux est que nous présentions ce que nous faisons, qui nous sommes ainsi que notre approche. J'ai préparé quelque chose sur ce qu'il me paraissait important de vous dire aujourd'hui. Comme nous disposons de peu de temps, j'ai préparé un dossier.

GT : Vous disposez du même temps que celui qui a été consacré aux auditions du milieu médical.

SP : Oui. Merci. J'ai toutefois un peu triché, car je vous ai copié sur une clé USB les fichiers MP3 d'un colloque que nous avons coorganisé le 16 octobre dernier à l'Assemblée nationale. Vous aurez donc un peu plus de matière.

Le collectif a été créé en 2008 par des malades, des ingénieurs en métrologie industrielle. Aujourd'hui, il compte environ 1 400 sympathisants.

J'ai rejoint le collectif fin 2011. Je me suis intéressée à la question parce que je suis tombée brutalement malade à l'automne 2010. Très rapidement, je me suis aperçue que je souffrais lorsque j'étais en contact avec des champs électromagnétiques, en lien avec mon lieu de travail, à la Tour Montparnasse, au 21^e étage, avec la tour Eiffel en très bonne vue. Je suis ingénieure environnement.

En 2012, nous avons fait le choix de nous rapprocher de l'association Priartem et nous sommes devenus les référents pour l'association de la partie électrohypersensibilité.

De par les compétences techniques et scientifiques que nous avons en interne, nous avons développé une expertise profane, notamment en termes de métrologie, de compréhension de ce qui nous expose, pourquoi nous avons certains symptômes, à quel moment, avec quelles sources, quels types de signaux sont impliqués, ainsi sur la partie liée à l'expertise biologique, médicale. Nous sommes impliqués dans la compréhension de notre maladie, pour y faire face, voir comment chacun peut faire avancer la connaissance et, d'une manière générale, la santé publique puisque cela concerne l'ensemble de la société.

Nous avons créé l'alliance « maladies environnementales émergentes » avec d'autres associations qui ont le même type de démarche et des problématiques similaires, même si elles ne se confondent pas totalement, avec le souhait de faire avancer la connaissance, la reconnaissance de certains facteurs environnementaux et les prises en charge par les autorités publiques.

Sur la problématique de l'électrohypersensibilité, nous avons examiné la définition de l'OMS et celle qui a été inscrite dans le rapport de 2013. Nous ne voyons pas les choses de cette manière. Je vais en expliquer les raisons. Au niveau de l'OMS, la façon de poser la problématique sur le fait que les gens ressentent des symptômes subjectifs, fonctionnels, que cela soit en autodiagnostic et qu'il n'y ait pas de constat biologique nous paraît étonnante. Cela renvoie à une définition qui place l'EHS dans le fait que l'on restera dans la subjectivité et que l'on aura du mal à objectiver les choses. Nous souhaiterions vraiment que soit mis davantage en lumière le fait que pour nous, l'EHS est une perte de tolérance à l'exposition aux champs électromagnétiques, notamment en lien avec des expositions chroniques, répétées, importantes, etc. De nombreuses questions demeurent, mais nous souhaiterions replacer la problématique, d'où découlent des designs de recherche.

Au niveau des symptômes et des stratégies de malades, nous avons observé notamment au travers des témoignages que nous recevons, au-delà de ceux qui figurent en ligne, deux grandes tendances.

Certaines personnes ont des troubles inexpliqués, souvent depuis assez longtemps, et évoquent un tableau de stress chronique aggravé. On est un peu ici dans le syndrome d'adaptation généralisé. Progressivement, par différents biais, ces personnes se rendent compte que quand elles sont exposées à des champs électromagnétiques, leurs troubles peuvent s'aggraver, et que par contre, lorsqu'elles ne sont plus exposées, leurs troubles semblent diminuer. Pour nous, cela renvoie à la problématique des impacts à long terme des champs électromagnétiques et des effets biologiques à long terme sur le sommeil, la perméabilité de la barrière hématoencéphalique, le stress oxydatif, des éléments qui ont déjà été quelque peu pointés dans le rapport de 2013.

Une deuxième catégorie est constituée de personnes qui mènent une vie totalement normale, qui sont plutôt en bonne santé, et qui, assez brutalement, parfois avec quelques légers signes avant-coureurs auxquels on ne prête pas forcément attention, voient leur organisme s'effondrer. Je parlais de perte de tolérance et l'on constate parfois un effondrement de la tolérance aux champs électromagnétiques. Ces personnes ressentent alors des symptômes à des niveaux qui paraissent ridiculement faibles. Nous n'aimons pas beaucoup avancer des chiffres, mais pour donner une idée, c'est de l'ordre du millivolt par mètre ou de la dizaine de millivolts par mètre. C'est donc extrêmement faible. Certaines personnes subissent par exemple des troubles avec une antenne Wimax qui se trouve à plusieurs centaines, voire milliers de mètres. Elles ressentent les Wi-Fi des voisins, les DECT, le téléphone portable, les lampes fluocompactes. Le panel des sources est vraiment très large.

Certaines personnes sont sensibles aux radiofréquences, d'autres aux extrêmement basses fréquences – ces derniers sont souvent les cas les plus difficiles, car il y a de l'électricité partout – d'autres encore aux deux. Les questionnements sont de plus en plus nombreux, y compris dans la littérature, pour savoir quelle est l'interaction entre l'exposition aux radiofréquences et aux extrêmement basses fréquences.

Cette catégorie est assez intéressante, car on sent bien que se posent des questions liées à la neurologie, aux phénomènes d'hypersensibilisation, au niveau nerveux ou immunologique. Une espèce d'effet mémoire semble arriver. Certaines stratégies et notamment la possibilité d'être mis à l'abri, la réduction des expositions, l'éviction, en particulier pendant la période de repos nocturne, permettent certaines améliorations.

Pourquoi depuis tant d'années ne parvient-on pas à résoudre ce problème ? Parmi les arguments que l'on nous oppose en nous disant que cela se passe dans notre tête, que cela n'existe pas, que ce n'est pas possible, deux phénomènes sont assez clairement constatés. Nous considérons que cela est connu depuis extrêmement longtemps. Nous avons retrouvé la trace d'un article rédigé par un médecin allemand en 1932 qui décrit des troubles, tout à fait cohérents avec ce que l'on peut observer aujourd'hui, chez des personnels qui travaillaient sur des antennes de types radios. On peut peut-être même remonter à Nikola Tesla.

GT : Pouvez-vous nous adresser cet article ?

SP : Oui. Tout cela est sur la clé.

GT : De plus, à l'issue de l'audition, nous vous rédigerons une note pour compléter.

SP : Nous possédons également un autre document extrêmement important. En 1999, le professeur allemand HECHT avait établi un rapport pour le gouvernement allemand épluchant toute la bibliographie russe des années 1966 aux années 1990. Il concluait clairement que ces troubles se rapportaient, en termes de syndrome d'adaptation généralisé, avec des apparitions de troubles au-delà de trois ans d'exposition, avec des facteurs de risque tels que l'âge, le sexe.

GT : J'aimerais poser une question importante sur la description que vous faites. Il existe des degrés variables d'intolérance. Les médias se font surtout les interprètes des personnes qui se trouvent dans des situations extrêmement pénibles, d'extrême isolement, etc. Avez-vous une idée approximative sur l'importance relative de ces populations, de ces personnes qui souffrent d'une certaine gêne et de celles qui sont vraiment, j'allais dire hors de la société ?

SP : Je ne peux pas avancer de chiffre.

JLC : Par contre, nous sommes très demandeurs d'une étude de prévalence.

SP : En France, nous n'avons pas de données. Nous ne considérons pas que le nombre de personnes que nous collectons soit représentatif de la situation. De plus, certaines personnes sont totalement coupées du monde : elles ne peuvent pas accéder à internet, certaines ont des difficultés pour téléphoner et sont cloîtrées chez elles. C'est donc une population invisible. Durant le colloque AM2E, le Docteur Tournesac indiquait, s'agissant du syndrome de fatigue chronique, que 50 % des patients n'allaient pas consulter parce qu'ils ne le pouvaient pas. Je pense que nous avons le même phénomène. Par conséquent, aujourd'hui, je n'avancerai aucun chiffre.

JLC : Nous sommes en revanche très demandeurs d'études. Je pense que cela pourrait faire partie du travail de l'INVS.

SP : Une des dernières études dont nous disposons est celle de Taiwan où 13 % des personnes disent avoir des problèmes de santé liés aux ondes électromagnétiques, avec plusieurs pourcents de cas graves à très graves. Cela commence à être inquiétant.

GT : Ce travail, que nous connaissons, n'est pas facile à organiser.

SP : Je ne dis pas que cela est facile, je dis seulement qu'il est temps de s'en préoccuper vraiment.

JLC : Le nombre d'appels que nous recevons sur la question de l'électrosensibilité est en augmentation très importante. Dès 2000, des personnes se plaignaient de la présence d'antennes, de problèmes d'insomnies, de maux de tête, et indiquaient que dès qu'elles se rendaient dans un endroit plus protégé, cela diminuait.

Actuellement, nous recevons des appels de personnes souffrant de cas beaucoup plus lourds. Elles indiquent qu'elles ne peuvent plus vivre dans les immeubles dans lesquels il y a du Wi-Fi partout. Si nous faisons une analyse systématique des appels, je pense que nous nous rendrions compte de l'évolution de l'état de santé des personnes qui nous contactent.

SP : Il y a aussi l'apparition de cas jeunes.

GT : Vous voulez dire que vous avez plutôt l'impression d'une aggravation de la symptomatologie plus que du nombre d'appels, c'est cela ?

JLC : Non, le nombre d'appels est en augmentation. Les personnes qui assurent nos permanences téléphoniques « s'arrachent les cheveux ».

SP : De plus, nous n'avons pas de solution à proposer aux personnes.

JLC : Le premier appel que j'ai reçu, en 2002, me semble-t-il, émanait d'une personne qui m'a expliqué qu'elle vivait dans sa cave parce qu'elle ne pouvait plus vivre autrement, qu'elle se désocialisait complètement, que sa famille ne la comprenait pas, etc. Comme je suis une personne très rationnelle, je me suis interrogée. C'était la première fois que j'entendais quelque chose d'aussi lourd. Hélas, il arrive souvent maintenant que l'on nous dise « *J'appelle d'une cabine téléphonique parce que je ne peux pas appeler d'ailleurs. Je dors dans ma voiture.* »

SP : Nous constatons que les champs électromagnétiques sont aussi utilisés, y compris à faibles niveaux, pour leurs propriétés thérapeutiques (stimulation magnétique transcrânienne par exemple).

Nous avons également constaté que l'on soignait par hyperthermie des cellules cancéreuses, mais pour ne pas détruire le tissu sain, on envoie aux cellules cancéreuses des métaux qui abaissent le niveau d'hyperthermie, d'où un questionnement par rapport aux co-expositions de métaux lourds, etc.

Nous constatons aussi que les normes actuelles sont basées sur des recommandations dont l'Incirp reconnaît elle-même qu'elles ne prennent pas du tout en compte les effets à long terme.

Nous considérons qu'un corpus d'études existe, qui montre depuis longtemps que l'on observe des effets de ce type. À ce titre, je vais vous remettre le document de synthèse que nous avons établi à l'alliance « maladies environnementales émergentes », dont un chapitre est dédié à l'EHS et des références bibliographiques. Il est aussi intéressant que vous vous interrogiez sur les liens avec d'autres syndromes médicalement inexpliqués ; des chapitres sont consacrés à cette question.

Nous avons également mené une veille bibliographique sur les années 2013 et 2014 que nous allons vous remettre.

JLC : La lettre comprend une veille scientifique 2013-2014. Nous vous adressons également une analyse de ce qui s'est passé au comité de dialogue.

SP : Au niveau de l'Anses, le rapport de 2013 a pointé des effets biologiques qui nous ont beaucoup intéressés, notamment la perturbation des ondes cérébrales pendant le sommeil. Comment imaginer qu'il y ait une disjonction totale entre ce que racontent les électrosensibles et ce fait qui semble faire consensus au sein de la communauté scientifique ?

GT : Je précise que ce sont des constatations qui ont été faites chez des sujets sains, qui ne se plaignent d'aucune pathologie.

SP : Justement. Est-ce pire ou aggravé chez les électrosensibles ? Sur le sommeil, il y a de plus en plus d'éléments. Tout le monde sait que la perturbation du sommeil entraîne des effets à long terme. Le stress oxydatif au niveau de l'ADN était assez restrictif sur l'ADN mitochondrial, mais cela pose tout de même question. Le stress oxydatif entraîne des dommages à l'ADN. La question de la barrière hématoencéphalique pose également de grosses questions.

JLC : Cela a été considéré comme définitivement réglé dans le précédent rapport, en utilisant de façon particulière un article de l'équipe de M. Salford de 2011 sur la BHE. Dans le rapport de 2013, on dit que la question est définitivement réglée puisque l'équipe de M. Salford la règle elle-même dans son article de 2011 sur la BHE. Je dois dire que nous n'y avons pas vu que la question était définitivement réglée puisque cet article est en fait une réponse à des critiques qui avaient été formulées à l'équipe de Mme Nittby sur les travaux antérieurs. Il se trouve qu'en 2012, l'équipe de M. Salford, toujours sous la première signature de Mme Nittby, republie un article où elle confirme les résultats antérieurs. Je pense que l'on ne peut pas dire aujourd'hui que la question de la BHE est définitivement réglée.

GT : On entre peut-être là dans les détails.

JLC : C'est un exemple parmi d'autres. Cela signifie qu'il faut peut-être réinterroger un certain nombre de choses qui ont été étudiées.

GT : Je comprends très bien votre remarque. Ce que l'on peut dire, c'est que la question est réglée avec les techniques actuellement disponibles.

JLC : En lisant l'article, ce n'est pas le résultat que nous trouvons.

GT : Mme Nittby reconnaît les critiques qui ont été adressées sur le plan méthodologique dans l'article. D'autre part, les questions d'œdème cérébral et de barrière hématoencéphalique sont des questions auxquelles j'ai été confronté dans mes activités neurologiques, car cela constitue tout de même de gros problèmes de la neurologie. S'il y a effectivement des problèmes de rupture de la barrière, il s'agit de ruptures extrêmement fines, pour lesquelles nous n'avons aucun moyen de validation. Aucune technique ne permet actuellement de les détecter. Peut-être y a-t-il de petites choses fines, mais il faut attendre que des progrès soient réalisés dans la technologie.

Au niveau de la fondation RF, nous avons soutenu un projet, qui nous paraissait très intéressant, de développer une technique nouvelle d'exploration de la barrière hématoencéphalique. La technique qui nous a été proposée s'est avérée insuffisante. On n'a pas obtenu de résultats fiables.

Le jour où il existera des techniques d'exploration fine de la barrière hématoencéphalique, il y aura lieu de reprendre les recherches, mais tant que de nouvelles méthodes ne seront pas développées, il n'y a pas lieu de les reprendre.

JLC : Cela ne vaudrait-il pas la peine qu'une de ces personnes soit auditionnée par le groupe, qu'il s'agisse de M. Salford ou de Mme Nittby ?

SP : Nous demandons à ce que l'équipe de M. Salford soit auditionnée.

GT : Avez-vous des idées sur les techniques que l'on peut utiliser ?

SP : Nous, non, mais l'équipe de M. Salford, sans doute.

JLC : Pour nous, cela est clair, chacun a sa place et chacun a son rôle. On peut être des citoyens éclairés, mais ce n'est pas à nous de mener l'expertise. Que ceci soit clair. Nous pouvons lire les articles et en comprendre au moins le sens. Nous n'avons pas lu l'article de Mme Nittby comme ce

que nous avons lu dans le rapport de 2013. Le sujet de la BHE par rapport à la prévention de l'électrohypersensibilité est important.

GT : Nous savons fort bien que c'est un point qui est utilisé dans les hypothèses physiopathologiques. Jusqu'à présent, on n'a pas d'argument pour soutenir cette hypothèse, si vous préférez que l'on emploie un autre langage. Cela dit, effectivement, aucune question scientifique n'est fermée, mais il ne faut pas s'accrocher à une hypothèse quand...

JLC : Sauf qu'une équipe continue à publier des articles sur cette question dans des revues scientifiques à comité de lecture. Après avoir reçu des critiques, après avoir répondu à celles-ci, elle continue à publier.

GT : Je ne sais pas si nous avons lu de la même manière le dernier article, celui auquel vous faites allusion.

SP : Mme Nittby a republié en 2012, avec des résultats positifs sur la BHE. Je pense qu'il y a un point de flou qu'il serait bon d'éclaircir.

JLC : Vous avez utilisé un seul article, celui de 2011.

GT : Je n'en connais pas d'autres pour l'instant, mais si vous en disposez, vous pourriez nous le transmettre. Nous sommes là pour les étudier de près.

SP : Cela pose de toute façon la question sur les publics vulnérables, les enfants, puisque nous avons appris lors du colloque que la barrière hématoencéphalique chez les enfants n'était pas totalement terminée. À la lecture du rapport, on se rend compte que les épileptiques représentent une population vulnérable à observer de manière plus précise.

GT : Je suis en effet surpris qu'il n'existe pas davantage d'articles sur l'épilepsie.

SP : C'est peut-être un des axes de recherche que l'on pourrait pointer.

JLC : D'autant que nous disposons de témoignages en la matière.

GT : Ce sujet est à approfondir, nous sommes d'accord sur ce point.

SP : A contrario, par rapport aux arguments que l'on nous oppose – je vais mesurer mes paroles afin de ne froisser personne – un certain nombre des études dont nous avons pu prendre connaissance concernant deux thématiques très précises – les études de provocation et les études relatives à la psychiatrie et la psychologie des personnes EHS – nous semblent assez fortement biaisées.

Parmi le florilège de ce que nous avons trouvé, nous avons des études dont les conclusions sont en contradiction avec les résultats : Eltiti 2007 et plus récemment Kôteles 2014, qui a réussi à démontrer en double aveugle que les électrosensibles pouvaient détecter des champs extrêmement basse fréquence, mais qui conclut tout de même que les troubles sont d'origine psychogène.

On trouve des études avec des dispositifs de provocation qui émettent, y compris pendant les expositions sham, à des niveaux tout à fait compatibles avec la réaction puisque j'évoquais précédemment quelques millivolts ou dizaines de millivolts. Il s'agit là des travaux de M. Rubin.

On trouve des travaux qui excluent les personnes ayant des problèmes de sommeil ou qui incluent des personnes qui utilisent leur portable tous les jours en tant qu'électrosensibles. On se demande comment M. Rubin réussit à trouver encore des électrosensibles qui acceptent de participer à ses études.

Une autre étude ne contrôle pas du tout le bruit de fond électromagnétique ou on le contrôle avec une sonde faite pour des mesures d'antennes en fonctionnement. Il s'agit de Hietanen 2002.

On trouve même certaines études avec des suppressions de jeux de données qui ne coïncident pas avec le résultat qu'on entend trouver. Il s'agit de Landgrebe 2008, la fameuse étude où l'on a placé des électrosensibles dans un IRMF pour voir, sur des expositions factices, comment réagissait leur cerveau.

Un certain nombre de ces études servent à minimiser, voire à combattre des résultats d'études positives. À titre d'exemple, l'étude TNO a été soi-disant répliquée deux fois, mais avec des protocoles qui ne sont pas semblables, avec des problèmes méthodologiques assez importants, des personnes qui ont vraiment réagi, mais que l'on a un peu mis de côté.

Cela nous interpelle vraiment beaucoup. Nous ne voyons pas la science se faire de cette manière, cela n'est pas possible, de plus sur de tels sujets.

GT : Vous revenez sur l'article TNO. Nous l'avons longuement analysé dans le rapport de 2009 à l'Afsset. C'est l'étude TNO elle-même qui pose problème sur le plan scientifique, de l'aveu même de ses auteurs d'ailleurs.

JLC : Non. De l'aveu du comité d'expertise néerlandais. Il faut demander à M. Zwamborn ce qu'il pense de son étude. Il faut faire attention. Si quelqu'un donne l'explication « *Ils ont eux-mêmes critiqué leurs propres études* », tout le monde le répète. Nous sommes allés voir un peu plus loin. C'est le fameux comité d'expertise néerlandais qui a critiqué l'étude de TNO, ce n'est pas M. Zwamborn lui-même. Comme toute étude, elle est critiquable et il a pu le dire parce qu'il existe toujours un point critiquable, mais c'est la science.

GT : Il y a aussi le fait que l'étude n'a ensuite jamais été publiée dans la littérature. Ce n'est pas un article dans une revue scientifique. C'est uniquement un rapport sur une étude. C'est peut-être un argument qui, pour des scientifiques, est important.

JLC : Nous avons vu sur COMOBIO que des éléments très intéressants n'ont jamais été publiés, dont d'ailleurs l'article sur les BHE.

SP : Comme nous avons compris que le groupe de travail réalisait un travail sur des critères scientifiques, nous sommes pour le fait que vous examiniez de manière extrêmement précise ces études, notamment les études de provocation.

Nous n'en avons pas eu le temps, mais nous vous referons une petite note sur notre appréhension de ces études de provocation, les limites par rapport aux spécificités de l'EHS, etc. Pour nous, un nombre conséquent pose des problèmes de biais méthodologique ou de biais de raisonnement. Certaines semblent négatives alors que, lorsqu'on regarde dans le corps de ce qui a été fait, on trouve des éléments intéressants ou en tout cas dont on peut tirer un certain nombre de conclusions. Même si elles ont des limites, on peut en tirer des enseignements. Vu le peu de matière de compréhension que nous possédons aujourd'hui, je pense qu'il faut vraiment s'accrocher à tous les éléments de compréhension que l'on peut trouver.

Je passe le détail sur les études de psychiatrie, car je crois que vous avez prévu de recueillir l'avis du docteur Mirabel-Sarron.

Il y a donc ces études biaisées et il existe un autre phénomène qui correspond à ce que nous avons intitulé « Les électro-septiques », à l'image de ce qui existe pour le climat. Les climato-septiques existent toujours. Pour nous, ce sont des personnages publics qui se sont engagés dans une espèce de défense acharnée de l'innocuité des ondes et qui ne sont pas forcément des spécialistes en la matière. Ils ne le sont d'ailleurs généralement pas et s'expriment sur de nombreux sujets. Ils utilisent plutôt la notoriété de leur institution et des arguments assez étonnants, voire erronés.

Un exemple assez typique est extrêmement dévastateur pour nous est l'Académie de médecine. Une série de communiqués – il ne s'agit même pas d'avis – la plupart du temps rédigés par un seul rédacteur. Faut-il le nommer ? Je pense que tout le monde sait de qui il s'agit. Et ce, en dépit des plus élémentaires règles de transparence et de gestion des liens d'intérêt de la part de l'institution. Il y a eu un communiqué où l'Académie volait au secours de l'étude Cochin, en s'offrant le luxe de faire une fausse citation du rapport de l'Anses de 2009 et en citant la page.

Très récemment, un adhérent a obtenu de l'aide de la part d'une maison des personnes handicapées pour l'achat de matériel de protection, en l'occurrence des baldaquins dans des tissus anti-ondes pour son lit, du matériel de mise à la terre pour assainir les perturbations électriques de ses branchements, etc. Nous avons eu là un florilège d'arguments totalement

dépassés. Les deux arguments principaux sont d'une part « *Aucune étude n'a réussi à prouver que les personnes seraient en mesure de détecter les ondes.* » Nous ne posons plus le problème comme cela, mais cela est faux. Des études en double aveugle existent (REA 1991, Mueller 2002, Magda Havas 2013, Koteles 2014).

Le deuxième argument consiste à dire : « *Aucun système sensoriel sensible aux champs électromagnétiques n'a été identifié par l'homme* ». C'est faux. En 2011, des chercheurs américains ont démontré que des pigments de la rétine humaine présentaient des propriétés magnétosensibles dépendantes de la lumière. Le rapport 2013 fait état de possibilités de cellules électro-réceptrices dans le cervelet. Nous serions très intéressés de savoir de quoi il s'agit.

Concrètement, il fait beaucoup de mal. Encore aujourd'hui, des articles paraissent dans la presse sur les protections qui sont un marché « juteux » – je ne vous le cache pas, dans les protections, on trouve tout et n'importe quoi et c'est un vrai problème pour nous – qui s'appuient sur les propos de l'Académie de médecine pour faire des amalgames. Nous avons eu le plaisir d'apprendre que le fameux communiqué avait été diffusé à la Mivilude. Ceci est donc très sympathique.

JLC : C'est sympathique et ce n'est pas nouveau, hélas. Nous avons déjà été accusés de cela.

SP : En conclusion, cela paraît très grossier, mais cela permet tout de même de laisser l'idée que la controverse reste ouverte. Nous connaissons cela dans un certain nombre de dossiers. C'est maintenant extrêmement bien décrit par de nombreuses personnes, Naomi Oreskes, Stéphane Foucart, le docteur David Mickaels aux États-Unis). Les conséquences et les responsabilités sont très importantes par rapport à cela. Cela annihile l'action des pouvoirs publics et la compréhension des médias et du grand public. De nouveaux cas apparaissent alors qu'ils auraient pu être évités. Des malades sont abandonnés par la médecine conventionnelle, sont dans l'errance médicale, dans des retards ou des erreurs de diagnostics, parfois psychiatrisés abusivement, dans des situations ubuesques sur de nombreux plans, personnel, employeur, administratif, etc. Tout cela contribue à aggraver leur état de santé.

GT : J'avais une question à vous poser de type terrain. Au point de vue des procédés dont l'Académie de médecine a dit qu'il s'agissait d'un marché juteux, avez-vous quelques hypothèses, quelques idées sur ce qui fonctionne et ce qui ne fonctionne pas ?

JLC : Je pense qu'il faut déjà faire une très grande différence entre les gadgets (pastilles sur le téléphone) et les phénomènes très physiques (cage de Faraday). Les baldaquins ou moustiquaires métalliques sont de véritables cages de Faraday. Il en va de même des supports que l'on place sur les vitres. Elles ont un sens. Je pense que les personnes qui effectuent des mesures ont déjà mesuré cela. Je pense donc qu'il faut faire une différence entre les gadgets, dont nous sommes tout à fait opposés à la valorisation, et la protection de l'habitat par exemple qui peut être efficace.

GT : En dehors de la cage de Faraday, avez-vous connaissance d'autres procédés de type médical (médicaments, acupuncture, mésothérapie, etc.) d'après ce que vous indiquent les patients ?

SP : En cohérence avec les témoignages, la bibliographie, notamment l'étude Hagstrom 2013 sur les EHS finlandais et en cohérence avec le guide des médecins autrichiens, ce qui fonctionne, c'est la réduction des expositions. La stratégie est de deux ordres : d'une part, d'être moins soumis ou de ne plus être soumis à l'agression environnementale, et d'autre part de remonter son terrain. Nous essayons de jouer sur les deux panneaux. Remonter le terrain correspond à la supplémentation vitaminique minérale, puisque généralement, l'organisme est très bas. Les antioxydants naturels semblent fonctionner assez bien. Les extraits de papaye fermentés, bien que très glosés, fonctionnent très bien.

Ensuite, il s'agit de traitements au cas par cas, dans la mesure où l'organisme est agressé par plusieurs éléments. On trouve pas mal de comorbidité. Beaucoup de personnes ont des problèmes d'amalgames dentaires au mercure, d'implants en titane. Un certain nombre d'éléments reviennent ainsi, de pollutions certainement, ce qui ouvre la question des coexpositions notamment aux métaux lourds, mais pas uniquement. Parmi les bibliographies que nous vous avons fournies, un grand nombre parlent de cela.

GT : Il y a la bibliographie et il y a le vécu sur le terrain par les patients. Quelques fois, la pratique médicale apprend que tel médicament a été présenté dans tel ou tel article ou dans les autorisations de mise sur le marché. Ensuite, on s'aperçoit que les choses sont différentes dans le vécu du terrain. Sur les propositions, nous n'avons pas à mener des recherches nous-mêmes, mais nous pouvons conseiller l'Anses lorsqu'elle lance ses appels à projets. Si vous avez des suggestions qui paraissent intéressantes de ce point de vue, elles peuvent être inscrites dans les recommandations.

SP : Nous ne sommes pas médecins. Nous nous basons sur le guide des médecins autrichiens. Nous constatons que l'ostéopathie et tout ce qui va jouer sur la régulation du système neurovégétatif semblent améliorer les choses.

GT : Oui, nous avons auditionné M. Tournesac et M. Rosa. Nous avons pris connaissance de ces éléments.

JLC : L'effet d'un certain nombre d'aliments riches en antioxydants va dans le sens d'un certain nombre de recherches qui n'avaient pas du tout été menées pour cela. Je ne sais pas si vous vous souvenez de cette étude de Mme Gandhi sur des utilisateurs de portables. Mme Gandhi faisait des analyses de sang et avait fait un lien entre les résultats qu'elle observait sur les utilisateurs de portables et le type d'alimentation riche ou pas en antioxydants alors qu'elle ne travaillait pas *a priori* sur cela. Quand le vécu est en cohérence avec un certain nombre de recherches, il me semble que les signaux sont intéressants à prendre en compte.

GT : Il est difficile ensuite de les mettre en forme. L'alimentation est un domaine très difficile en pratique courante. Pour parvenir à démontrer, il faut de très grandes études.

SP : Récemment, une étude égyptienne a été menée, que nous n'avons pas forcément portée dans la bibliographie que nous avons faite parce que nous ne disposons pas de suffisamment d'éléments pour savoir à quel niveau d'exposition elle avait été faite. Nous avons donc préféré ne pas l'indiquer, mais il existe de la bibliographie sur exposition à des champs de téléphonie mobile sur des rats et supplémentation avec des plantes et différents antioxydants, qui semblent donner des résultats. Cela ne fait pas partie de la bibliographie que j'ai spécialement pointée, mais il existe des éléments récents en la matière.

GT : J'aurais une question par rapport aux stratégies médicales. Vous avez parlé de diminuer l'exposition. J'ai parfois entendu dans d'autres auditions le terme « ressourcement ». Est-ce que lorsque des personnes électrosensibles qui s'écartent des ondes pendant un certain temps retrouvent automatiquement et immédiatement le même malaise qu'au départ lorsqu'elles reviennent dans un environnement où il y a des ondes ?

SP : C'est extrêmement variable. L'étude de Rea de 1991 est très intéressante, car elle montre qu'il existe une sensibilité individuelle, et le fait que tout le monde n'est pas sensible aux mêmes fréquences. Nous observons qu'au moment où survient cette espèce de crise d'électrosensibilité, au moment où l'organisme semble s'effondrer, on est sensible à beaucoup de choses. Si l'on continue à s'exposer, on devient sensible à de plus en plus de choses et de plus en plus vite.

Par contre, si l'on a cette stratégie globale d'éviction précocement, on peut observer des améliorations. Plus on tarde, plus on s'enfonce dans des sensibilités multiples, voire on devient sensible à d'autres facteurs environnementaux. Il y a des chimico-sensibles, des photosensibles, de nombreuses intolérances alimentaires, médicamenteuses, des maladies de Lyme. Tout cela sur un terrain qui est déjà à vif. Je traduis cela avec mes mots : c'est un *burn-out* environnemental.

JLC : De plus, un élément que l'on apprécie mal est l'effet cocktail. Dans la vie courante, on est exposé à des fréquences très variables et très différentes, à des niveaux d'exposition par fréquence très variables. On a souvent parlé de la nécessité d'appréhender l'effet cocktail, comme cela a été fait par les personnes qui travaillent sur les agents chimiques.

GT : Cocktails d'ondes plus, peut-être agents chimiques.

JLC : Bien sûr.

SP : J'en profite pour vous indiquer que nous avons beaucoup travaillé sur la question de la modulation, et surtout de l'approche temporelle, c'est-à-dire de ne plus parler forcément des fréquences, mais d'examiner le niveau de signal, qui n'est qu'un des paramètres qu'il faut considérer. L'électromagnétisme est un monde extrêmement compliqué, avec la polarisation, les phases, etc. On peut imaginer que le niveau est un des paramètres, mais il n'est pas le seul.

Nous vous avons transmis des contributions que nous avons faites sur les DECT, les téléphones sans fil. Nous nous sommes aperçus que certains nous gênaient un peu et que d'autres nous touchaient très rapidement. On a réalisé des mesures et on a constaté que les pulses n'avaient pas toutes le même niveau et que l'on voyait apparaître un sous-signal, une sous-composante à trois hertz, avec des pulses hautes et des pulses basses qui dessinent un carré à trois hertz.

GT : Vous avez parlé du fait de se protéger. Actuellement, on discute beaucoup des protections à l'échelon non plus individuel, mais collectif, soit à travers les projets de zone blanche soit à travers l'immeuble de Zurich. Avez-vous pris des contacts avec les personnes de l'immeuble de Zurich ? Suivez-vous cela ?

SP : Cela fait partie des panels de solutions qui sont envisageables, mais pour nous, il n'existe pas une solution miracle. C'est un problème de santé publique, un problème de société. On ne peut pas considérer que les gens soient contraints d'aller vivre dans une zone.

GT : Humainement, je suis d'accord, mais des personnes le revendiquent tout de même fortement en disant qu'elles ne peuvent pas vivre autrement.

JLC : Plutôt que de parler de zones blanches, nous parlons de zones refuges, en considérant que ce n'est pas définitif, mais une possibilité de se ressourcer temporairement. Le fait de demander des zones blanches pour que des gens y soient ghettoïsés et désocialisés ne peut pas être, pour nous, la solution. En même temps, si les gens sont trop mal, il va bien falloir trouver une solution à court terme. Nous sommes donc pour des zones refuges.

SP : Après, nous avons une vision plus globale par rapport à l'environnement. Dans le bruit par exemple, on parle de zones de calme. Est-ce que vraiment on a un peu l'obligation de couvrir l'ensemble du territoire ou quasiment l'ensemble du territoire par des ondes électromagnétiques ? Si on se dit qu'il existe des problèmes sanitaires, certainement aussi des problèmes environnementaux (abeilles, plantes), est-ce raisonnable ? Nous portons aussi ce volet de se demander, d'un point de vue plus environnemental, comment est-ce que l'on doit considérer cette question en termes d'aménagement du territoire. Nous avons un panel de revendications, que nous vous avons transmis.

GT : Vous n'êtes impliqués dans aucun projet précis de cette nature, c'est cela ?

SP : Non.

GT : Éventuellement, vous pouvez l'appuyer, mais sans plus. Vous n'êtes pas à l'initiative de projets, n'est-ce pas ?

JLC : Non. En revanche, qu'il y ait une réflexion au niveau de la construction d'un certain nombre d'immeubles, notamment chez les bailleurs sociaux, pour réduire les expositions au sein de ces immeubles est selon moi une revendication très importante à porter.

GT : Il s'agit du principe ALARA.

SP : Nous demandons des zones blanches dans certains hôpitaux. Pour se faire opérer de l'appendicite ou accoucher comment fait-on ? Les hôpitaux sont des fours à micro-ondes et cela pose tout de même un problème pour les autres malades. De même, dans les transports en commun, certaines personnes ne peuvent plus prendre le métro, le train, parce qu'ils sont beaucoup trop exposés.

GT : Vous avez parlé de la maladie de Lyme. Comment la reliez-vous à l'EHS ? Avez-vous des cas précis ?

SP : Nous avons une proportion notable d'électrosensibles qui semblent être atteints de la maladie de Lyme.

GT : La maladie de Lyme est une borréliose qui est transmise par une tique. Ce sont des gens qui font de façon coutumière du jardinage, c'est cela ?

SP : Il est extrêmement facile d'attraper une tique.

GT : Lors de l'interrogatoire, les personnes relatent cet état de fait, c'est cela ?

SP : Nous ne sommes pas allés jusque-là. En général, ils sont détectés Lyme, parfois traités, mais vous connaissez toute la polémique autour de Lyme. Sur les mécanismes, on peut imaginer beaucoup de choses. Nous ne faisons que constater. Beaucoup de gens nous disent qu'ils ont la maladie de Lyme, une bartonellose ou une babésiose, des infections latentes qui affaiblissent de toute façon l'organisme, qui mettent le système en inflammation, qui créent du stress oxydatif. Je suis écologue. Des parasites produisent des choses assez étonnantes. Un parasite, dont j'ai oublié le nom, pond dans une chenille et celle-ci, au lieu de se comporter normalement monte en haut de l'arbre pour se faire manger par l'oiseau et ainsi, cela boucle le cycle de vie du parasite. Dans les parasitoses, il y a des choses assez exceptionnelles. À ce jour, je ne sais pas, mais il serait intéressant de reboucler avec ces questions.

GT : J'avais deux questions à vous poser. La première rejoint un peu ce que nous avons discuté précédemment. Avez-vous observé, parmi les personnes qui sont dites électrosensibles, des personnes qui présentaient encore les symptômes lorsqu'elles se trouvaient dans une cage de Faraday en étant dans le même environnement électromagnétique, c'est-à-dire seule la partie magnétique traverse, la partie électrique étant arrêtée ?

SP : Je ne sais pas. Je n'ai pas connaissance de cela. La question est intéressante et je répondrai : les deux, certainement. On imagine qu'il y a peut être des effets liés à la composante magnétique, des effets liés à la composante électrique, des effets liés à d'autres phénomènes électromagnétiques, que je ne connais pas, mais quand on commence à s'intéresser à la quantique... Nous sommes très intéressés par tout ce qui est mécanistique. Cela permettrait de comprendre, de prévenir, de prendre en charge de manière efficace, et peut-être de créer des innovations et de progresser sur l'électromagnétique, la biologie, la cognition. Je pense que des champs sont ouverts. Je commence à dire : attention, un mécanisme peut en cacher un autre. Il y a certainement une combinaison de beaucoup de choses, des effets directs, des effets indirects. Il faut parvenir à démêler tout cela. Nous avons des idées, mais nous attendons beaucoup du groupe de travail sur la partie hypothèses de mécanismes.

GT : J'avais une deuxième question, d'ordre sémantique. On parle d'électrohypersensibilité. Cela signifie qu'il existe une gradation. Il y a une sensibilité, puis elle est exacerbée. Mais pratiquement, c'est un état de tout ou rien. On est EHS ou on ne l'est pas.

Ensuite, Dominique Belpomme a parlé de syndrome d'intolérance, c'est-à-dire que l'anomalie est l'intolérance.

Vous parlez de tolérance différentielle ou différente.

SP : Et de perte de tolérance.

GT : C'est cela, de perte de tolérance, c'est-à-dire que tout le monde est accessible à ce genre de syndrome. Est-ce cela que vous voulez dire ?

SP : Aujourd'hui, on ne sait pas, on ne connaît pas les mécanismes, mais l'idée est de se dire que l'état normal du monde dans lequel nous vivons est de ne pas avoir ces rayonnements artificiels. On nous dit s'agissant des effets biologiques, que le corps adapte, qu'on reste dans les limites physiologiques. Très bien, mais d'une part, il existe des variabilités individuelles et on s'aperçoit que certaines personnes ont manifestement du mal à adapter. Dans toute maladie, il existe des gradations. Tout le monde n'est pas mort de la peste noire.

JLC : Tout le monde ne va pas mourir d'un cancer.

SP : Voilà. Heureusement. Je dirais qu'il y a l'aspect génétique, mais pas que. Je pense qu'il faut s'intéresser à l'épigénétique – nous parlions des autres cofacteurs – le terrain, etc. Nous sommes là dans l'appréhension un peu moderne de la biologie et même de la médecine. Les médecins sont vraiment démunis, parce qu'ils n'ont pas entendu parler des ondes ou mal. Ils sont face à des malades dont les examens biologiques classiques ne révèlent rien de spécial. Quand on commence à s'intéresser aux neurotransmetteurs urinaires, on commence à observer des choses sur les catécholamines, la sérotonine, etc., mais ce n'est pas très classique. On est face à des gens qu'il va falloir « réparer » de partout, parce qu'ils ont des amalgames et ont peut-être des susceptibilités à moins détoxifier ou à réagir davantage aux métaux, parce qu'ils ont une infection, etc. Vient se rajouter ce phénomène d'hypersensibilisation à des signaux électromagnétiques.

GT : Vous faites une différence entre les gens qui subissent les radiofréquences et les EBF, voire les deux. Avez-vous une idée de la répartition des personnes ?

SP : Non. Pour tout ce qui est radiofréquences, c'est assez violent. Les symptômes sont manifestes. Pour tout ce qui est EBF, cela semble beaucoup plus insidieux. Cela porte sur le sommeil, sur l'état général. Le lien n'est pas forcément très facile. On ignore dans quel sens cela se produit. Est-ce que ce sont les RF qui font que l'on est perturbé ou les EBF ou les deux ?

GT : Comment faites-vous la différence ?

SP : Les personnes se rendent compte qu'elles sont gênées. Certaines sentent leurs prises électriques. Beaucoup de gens disjonctent leur compteur pour pouvoir dormir ou sont obligés d'aller dormir en pleine nature, loin de toute source, y compris très faible.

GT : Vous n'avez donc aucune idée de la répartition.

SP : Aujourd'hui, non. Peut-être certaines études en traitent-elles, mais je n'ai pas cela en tête.

GT : Deuxième question, peut-être un peu plus compliquée, parmi les gens qui se plaignent des deux, y a-t-il eu une chronologie ?

SP : Comme je vous le disais, je ne sais pas. Il faudrait étudier la question. Il y a beaucoup de choses que nous ne savons pas.

GT : Vous avez tout de même des descriptions de terrain, des pistes qui peuvent nous éclairer. C'est la raison pour laquelle nous vous interrogeons. Nous ne pouvons pas avoir cette vision du terrain. Les gens ne vont pas venir à l'Anses pour se plaindre.

SP : Certains ont tout de même écrit à l'Anses.

GT : Nous arrivons à un quart d'heure de la fin de l'audition. Souhaitez-vous ajouter des éléments importants que vous n'auriez pas mentionnés ? Si des questions sont à poser, profitez-en, car nous allons être rigoureux pour la fin de l'exposé.

Anses : On a dit que l'on aimerait avoir des résultats d'études de prévalence. Je crois que nous sommes tous intéressés par la question. Mais pour cela, il faut pouvoir poser un diagnostic. En France, le professeur Belpomme propose l'électroencéphaloscanner, mais le problème est qu'il n'a pas souhaité être auditionné et que ses résultats ne sont pas publiés. Avez-vous connaissance d'autres outils de diagnostic ? Vous avez évoqué les dosages biochimiques. Pouvez-vous développer ? Quels sont les dosages que les EHS qui sont autour de vous font faire ?

SP : Aujourd'hui, il n'existe pas de consensus autour d'un diagnostic. C'est donc compliqué. Nous considérons qu'une des démarches les plus abouties est celle de l'Association des médecins autrichiens. À ce titre, il serait intéressant d'auditionner le docteur Oberfeld, ainsi que le professeur Ionescu.

Sur le diagnostic, les axes sur lesquels nous souhaiterions pouvoir avancer sont :

- Une meilleure caractérisation des troubles subjectifs et de leur sévérité. Nous avons un peu travaillé dans cette optique pour le PIE (projet d'investigation exploratoire), et je pense qu'il faut poursuivre.

- Une meilleure connaissance de l'historique des expositions aux CEM et autres cofacteurs. On ne reconstitue pas les expositions des gens, et c'est un problème.

- Surtout, une meilleure objectivation des troubles et la recherche de troubles organiques et comorbidité. On nous dit aujourd'hui que c'est fonctionnel, qu'il n'y a pas de lésion, mais on ne dispose pas de moyen pour le savoir. Il y a l'électroencéphalogramme, mais je ne suis pas capable de dire si cela est valable ou non. On trouve des études, chez une espèce dont je ne me souviens plus à l'instant, où une exposition intra-utéro crée des dommages sur la bande Z de la cellule cardiaque. Est-on allé voir chez les personnes ? Les lésions peuvent se situer à des niveaux de fonctionnement cellulaire, de signalisation. C'est compliqué.

GT : Il y a un sujet dont nous avons longuement parlé au sein de ce comité et l'on ne sera pas étonné de ma question. Quand on regarde la littérature de l'hypersensibilité électromagnétique et des maladies associées telles que le syndrome de sensibilité chimique multiple puis la fibromyalgie, etc., on s'aperçoit que dans ces différentes maladies, des questionnaires ont été validés sur le plan international et sont utilisés actuellement comme critères de diagnostic. Il en existe pour les sensibilités chimiques multiples, pour la fibromyalgie, etc. Il est étonnant que pour l'instant, aucun questionnaire n'ait fait consensus parmi les personnes qui travaillent sur la question et qui utilisent cela. Cela me pose problème.

Un travail très sérieux, à mon avis le travail clinique le plus élaboré, a été mené sous la signature de Eltiti en 2007. C'est d'ailleurs celui qui pose le problème d'un questionnaire de maladie. Mais en dehors d'une étude, depuis cette époque, personne n'a repris ce questionnaire et on voit toujours utilisés différents questionnaires qui d'ailleurs se recoupent en partie. Il n'existe pas actuellement d'outil sur lequel on puisse s'appuyer sur le plan clinique. D'autres critères sont admis dans d'autres maladies. Par exemple, le diagnostic de migraine est un diagnostic purement clinique, mais on a maintenant des critères qui sont admis par tout le monde, et qui sont même utilisés pour les indications thérapeutiques.

Nous avons travaillé ensemble puisque nous avons essayé d'avancer sur ce problème. Je pense qu'il faudrait pouvoir utiliser ce questionnaire, mais qu'il faudrait pouvoir l'utiliser chez un nombre élevé de sujets. Il faut un appui clair de plusieurs associations. Nous avons vu qu'il existait des différences entre les associations et nous avons d'ailleurs abordé cette question d'emblée, mais cela constitue aussi une difficulté pour les gens qui veulent travailler avec les associations que de savoir avec qui travailler, et quels sont les patients qui sont derrière ces associations. On ne peut pas se fier à un seul aspect de la maladie. Il faut essayer d'avoir une vision complète.

Il y a donc là un problème de participation à des études qui pourraient faire progresser les choses. Pensez-vous qu'au sein de vos associations, vous pourriez avoir des volontaires qui seraient soumis à des critères de recrutement afin d'essayer de valider un outil ?

SP : Nous le faisons déjà. Nous sommes en discussion avec l'équipe de l'inertis et M. Selmaoui. Nous avons relayé cela et je pense qu'un certain nombre de personnes du collectif se sont proposées comme volontaires. Nous sommes impliqués dans des études à venir, qui viennent juste d'être financées. Nous faisons donc le pari des études de la science, de la recherche. Ce qui est compliqué, c'est qu'une des conséquences de cette controverse alimentée comme je l'ai dit de manière parfois très grossière est qu'il faut reconstruire la confiance des malades avec le corps médical et les scientifiques. Il y a donc cette phase de reconstruction, d'explication, de poser la problématique dans le sens logique.

Je ne connais pas très bien le questionnaire de Eltiti. Il me semble que son approche par différentes typologies est bien, mais très compliquée. Je ne sais pas s'il y a vraiment quelque chose derrière ou si c'est un peu un artéfact, au sens où en tant que malades, nos symptômes évoluent dans le temps en fonction des sources, de ce que l'on a mangé, si l'on est déjà fatigué, etc. Ces typologies ne sont-elles pas l'expression chez chacun, avec sa variabilité, de choses beaucoup plus fondamentales ? Je pense que l'appréhension de la problématique suivant l'idée que ce sont des agents stresseurs environnementaux auxquels l'organisme fait face, auxquels chacun fait face avec son terrain, son histoire, ses co-expositions, son *coping*, etc., est différente. Certaines personnes vont très bien gérer cela toute leur vie, n'auront pas de problème, seront

électro-résistants. Pour d'autres personnes, au bout d'un certain temps, avec un certain type de signal, l'organisme s'effondre. Telle est ma réflexion.

JLC : À partir du moment où l'on fait l'hypothèse que les effets sont multiples, chaque individu réagit de façon individuelle à ces effets multiples, et de ce fait, la symptomatologie va être difficile à encadrer.

SP : À une même exposition, deux personnes ne réagissent pas de la même façon. Face à une caméra, une personne avait le « cerveau en bouillie » et j'avais des problèmes de rythme cardiaque.

GT : Tous les médecins vous diront que ce que l'on apprend à la faculté est différent de ce que l'on voit sur le terrain. J'ai assez pratiqué la médecine moi-même pour savoir qu'en effet, sous le même diagnostic, on met des réalités vécues et symptomatiques différentes. Néanmoins, sur chaque pathologie qui a été caractérisée, admise par les classifications de l'OMS, les sociétés savantes et maintenant par la Sécurité sociale puisque le critère définitif est la prise en charge par la Sécurité sociale, il existe un noyau commun qui permet d'établir le diagnostic, avec chaque fois, des problèmes de diagnostic différentiel, dire : devant tel tableau, on peut hésiter entre cela et cela, mais voilà comment résoudre la question, etc. Là, pour l'instant, on n'a pas trouvé le début de la pelote de fil. C'est cela le problème.

JLC : Je pense qu'avec les maladies environnementales émergentes hélas, il va falloir redéfinir les concepts d'approche. C'est aussi cela la grosse difficulté et l'enjeu de la recherche à venir. Je ne sais plus qui disait : si l'on travaille avec les mêmes protocoles que les protocoles antérieurs, on risque de ne rien voir. Je crains que nous soyons en face de cela.

Nous parlions tout à l'heure de l'effet cocktail. Je comprends que cela pose de nombreux problèmes académiques et de définition de méthodologies, car cela est compliqué. Comment va-t-on faire ? Mais en même temps, il va falloir le faire.

SP : La façon dont nous voyons les choses est plutôt des ateliers *brainstorming* pour pouvoir mettre en relation les malades, les gens de l'expertise, les scientifiques, les cliniciens.

GT : Effectivement, dans de nombreux cas, des relations étroites se sont établies entre des populations de malades, même de sujets sains... La découverte du système HLA par Jean Dausset, prix Nobel de médecine, s'est faite sur la base de relations personnelles entre des familles et le laboratoire de Jean Dausset. J'ai beaucoup travaillé avec des associations de Parkinson. On travaille beaucoup avec les associations de malades, Alzheimer, etc. Là, on rencontre une difficulté réelle. Vous êtes parmi les rares qui ont accepté de collaborer un peu jusqu'à présent.

La question a été inscrite dans la liste et j'en suis ravi. *En qui les personnes EHS ont-elles confiance ? Comment améliorer la confiance vis-à-vis des différents acteurs (...) ?* » Pour ma part, j'aurais dit « *comment améliorer la confiance entre les différents acteurs, scientifiques, agents sanitaires, politiques, et les patients ?* »

SP : La confiance se construit et se mérite.

GT : Cette souffrance que vous décrivez apparaît-elle sur une pathologie déjà existante, par exemple la maladie de Lyme, puisque cela implique une fatigue ? C'est ma première question.

Ma seconde question est la suivante. Je crois beaucoup aux multi-expositions, c'est-à-dire que l'on ne peut être hypersensible que si on est déjà sensible. Il faut donc déjà sensibiliser l'organisme pour qu'il y ait hypersensibilité. Observez-vous ces cas beaucoup plus fréquemment en été quand il y a un stress thermique et une pollution atmosphérique ?

SP : Pas forcément en été, mais il semblerait – là encore, c'est un peu individuel – qu'il y ait des phases dans l'année au cours desquelles des choses se remanifesteraient chez les personnes et qu'il y ait des périodes de creux.

JLC : Les refuges qui sont recherchés par les personnes les plus malades sont des refuges en forêt. Les arbres protègent des ondes, mais ils protègent également de la chaleur. Les grottes protègent aussi de la chaleur. Je pense que cette question peut être approfondie.

SP : Je ferais plutôt cette approche en termes de chronobiologie, c'est-à-dire la façon dont l'organisme de chacun a ses phases... Pourquoi observe-t-on des problèmes la nuit, à certaines heures ? C'est certainement en relation avec des phénomènes de chronobiologie. Cela dit, les périodes qui sont évoquées assez souvent sont le passage à l'automne et en fin d'hiver, mais cela demanderait vraiment à être étudié. C'est une question intéressante.

GT : On guérit la maladie de Lyme. Les personnes qui ont ressenti des phénomènes EHS pendant leur maladie voient-elles les symptômes régresser après ?

SP : Un certain nombre de personnes qui, quand elles ont été soignées pour une bartonellose par exemple, voient certains de leurs symptômes d'électrosensibilité se réduire notablement, voire disparaître. Vous savez certainement mieux que moi qu'une grosse polémique a cours en ce moment autour de la chronicisation chez certaines personnes atteintes de la maladie de Lyme, de la problématique des antibiotiques à long terme, etc. Certaines personnes se retrouvent donc avec un Lyme plus ou moins chronique, mais cela reste à approfondir. Pour l'instant, personne n'a voulu s'y pencher au niveau de la recherche.

GT : Y a-t-il beaucoup de cas de réversibilité en dehors de la maladie de Lyme ? Autrement dit, quel est l'espoir ?

SP : Honnêtement, nous ne connaissons pas de cas de personnes qui ne sont plus du tout électrosensibles. On s'aperçoit que les personnes qui déclarent qu'elles sont guéries sont à la retraite, ne travaillent plus, sont à la campagne, ne sont plus exposées, etc. On peut aller nettement mieux. J'en suis la preuve vivante. J'étais dans un état de « semi-légume » en début d'année 2011. Aujourd'hui, je peux venir passer une journée avec vous, reprendre les transports, etc., mais c'est au prix de ne plus me rendre à mon travail depuis trois ans et demi et d'avoir fait un tas de choses très chères.

GT : Nous allons être obligés de nous arrêter. Nous aurons l'occasion de nous revoir, ne serait-ce que pour répondre aux questions. Nous vous remercions beaucoup de ce que vous avez apporté, ainsi que des documents que vous voulez bien nous confier et que nous allons regarder avec une grande attention.

SP : Merci à vous. Nous vous transmettrons d'autres documents.

Auditions des associations « Une terre pour les EHS » et « criirem » - 6 novembre 2014

Étaient présents :

Experts du Groupe de Travail (GT)

Membres de l'Anses (Anses)

Invités : Pierre Le Ruz (PLR) (Criirem) et Philippe Tribaudeau (PT) (Une terre pour les EHS)

GT : Nous vous remercions d'avoir accepté de nous rencontrer. Nous apprécions beaucoup votre venue. Nous avons pensé que le fait de vous adresser au préalable une liste de questions serait de nature à favoriser le dialogue, mais chacun a la liberté de s'exprimer.

Les personnes qui vous ont précédé ont souhaité nous poser des questions. Souhaitez-vous faire de même ?

PLR : Je ne pense pas. Nous allons surtout essayer de vous répondre.

GT : Bien. Si vous souhaitez le faire, sachez que nous avons accepté le principe, mais nous souhaiterions faire une réponse globale à toutes les associations et non de façon spécifique à chacune d'elle, car cela représenterait une charge trop lourde.

Les membres du groupe de travail se présentent.

PLR : Je suis président du Criirem. Je suis prêt à répondre à l'ensemble de vos questions.

GT : M. Philippe Tribaudeau est présent par téléconférence. Nous allons donc pouvoir commencer.

Nous avons le souci d'obtenir un reflet du terrain qu'il nous est difficile d'avoir dans un organisme comme le nôtre qui travaille sur dossier. Nous avons interrogé les milieux médicaux, les personnes qui voient des électrosensibles dans leurs pratiques courantes. Il nous a semblé nécessaire d'auditionner les associations qui ont également une vision de terrain. C'est la raison pour laquelle les premières questions visent à savoir depuis combien de temps vous êtes présents sur le terrain afin d'avoir une idée de l'expérience qui est la vôtre, puis une description du terrain, votre vision de ce qui est médical à travers le diagnostic. Nous aborderons ensuite des questions plus prospectives.

Monsieur Tribaudeau, depuis combien de temps vous intéressez-vous à ces questions et depuis quand fonctionne l'association que vous représentez ?

PT : *(en téléconférence)*

Intervention supprimée par son auteur lors de la relecture du verbatim.

GT : Le Criirem est plus ancien, n'est-ce pas ?

PLR : Oui, le Criirem date de 2005, mais je me suis intéressé à ces problèmes bien avant puisque j'étais administrateur à la Société française de radioprotection pendant une dizaine d'années. Quand j'ai préparé ma thèse d'État, entre les années 1975-1980 sur les effets des hyperfréquences sur l'animal de laboratoire, cinq éléments m'avaient frappé dans les études bibliographiques.

Dans l'encyclopédie médico-chirurgicale de l'aéronavale et de l'aéronautique, on trouve quelque chose qui s'appelle « le syndrome des micro-ondes » et qui concernait bien évidemment les personnes qui travaillaient sur les radars.

Ensuite, ce qui m'avait frappé, c'était les travaux du Californien Joseph Kirshvink sur les magnétosomes et le rôle que jouaient ces derniers dans la reconnaissance des champs électromagnétiques. Il a dressé quelques hypothèses sur les humains, mais il avait travaillé sur les lamproies et sur les silures qui chassaient avec le système sensitif que pratiquement tout le monde possède.

J'ai été intéressé également par les travaux du professeur Rocard qui a rédigé des publications sur le réflexe neurophysiologique concernant les champs électromagnétiques et une hormone qui s'appelle la LH.

Par la suite, je me suis intéressé aux travaux du professeur Hans Selye sur le stress et sur les maladies d'adaptation.

Enfin, puisque nous nous intéressions aux effets des champs électromagnétiques, je me suis intéressé à Nikola Tesla, dont les problèmes d'électrosensible sont décrits dans de nombreux livres.

Cette période allait jusqu'en 1980. De 1980 à 1995, j'ai été expert dans un certain nombre d'affaires, en particulier dans la commission de Coutiches, qui a étudié les effets sur des personnes soumises à des lignes à très haute tension. À l'époque, avec le Professeur Roger Santini et d'autres, nous avons fait un certain nombre de publications qui montraient qu'il existait des effets, en particulier sur les *natural killers* et sur la ferritine.

Par la suite, j'ai été nommé comme expert judiciaire au tribunal administratif de Strasbourg pour étudier un certain nombre de personnes qui avaient des problèmes à Mondelange. Des rapports ont été établis sur le sujet. Il y a eu ensuite une affaire du TGI à Pontoise. Une personne avait été électrisée et présentait ces troubles. Il y a eu deux affaires à Rennes et trois affaires au TA de Strasbourg, de Paris et de Caen.

J'ai donc pu m'intéresser à ces problèmes bien avant la mise en place du Criirem. Entretemps, j'avais quitté la Société française de radioprotection. Dix ans étaient suffisants. Voilà donc ce qui m'a amené à m'intéresser à ces problèmes.

GT : Il s'agit donc d'une activité scientifique très ancienne.

PLR : Oui. Je suis aujourd'hui à la retraite. C'est la raison pour laquelle je m'occupe du Criirem.

GT : Nous allons voir maintenant l'expérience de terrain, la vision que vous avez et qui peut nous éclairer. Je dois dire que nous avons écouté les médecins qui rencontrent des patients, même s'ils n'ont pas publié, pour essayer de voir le phénomène à l'état brut si l'on peut dire. Nous comptons également sur les associations pour nous donner ce reflet, partager leur vision des patients qui se plaignent de ces symptômes. Je vous propose, monsieur Le Ruz, de commencer puisque M. Tribaudeau a pris la parole le premier tout à l'heure.

PLR : Oui. Si l'on peut faire une synthèse explicative de cette pathologie, pour le Criirem dans l'ensemble et pour certains chercheurs, il s'agit bien d'une maladie d'adaptation parce que tout le monde est plus ou moins bien équipé avec des magnétosomes. Je rappelle que les magnétosomes sont des magnétites entourées par des membranes protéiques, c'est-à-dire la double membrane. Lorsqu'elles passent dans un champ électromagnétique, elles s'agitent comme la boussole quand on la place à côté de l'électricité. Cela stimule les membranes protéiques et cela déclenche des potentiels d'action qui remontent par la voie sensitive dans un centre qui s'appelle le rhinencéphale, mais c'est principalement l'hypothalamus qui prend cela en compte.

Deux solutions se présentent. Soit l'hypothalamus considère qu'il s'agit d'un stress, auquel cas il met en place toute une série de systèmes que Hans Selye décrit bien dans la bibliographie. Il y a d'abord un système qui permet une phase de résistance par rapport au stress. Si cela se calme, il n'y a pas de souci particulier. Par contre, si le stress continue, il y aura mise en place de quelque chose que l'on appelait « une phase de rupture », que le professeur Belpomme appelle « intolérance aux champs électromagnétiques ». Si cela s'aggrave et si la stimulation perdure, on va tomber dans une phase d'épuisement. C'est ce que l'on appelle l'hyperélectrosensibilité. Il existe donc plusieurs phases.

Cela s'intègre bien dans un système d'adaptation à l'environnement. Par exemple, pour les poissons, cela est utile pour capturer ou chasser des animaux qui dégagent un rayonnement électromagnétique. Leur cerveau comprend que cela est utile alors que le cerveau de la personne hyperélectrosensible ne comprend pas ce qui lui arrive, ce qui déclenche des phénomènes de stress.

Je peux citer d'autres exemples. Les radaristes connaissent bien le signal électromagnétique des radars. On étudie ce que l'on appelle le phénomène auditif de Frey. Les champs électromagnétiques provoquent des compressions dans l'air, cela arrive dans la cochlée, comprime les liquides, stimule les cils des petites cellules sensibles et on entend un bruit, on entend le radar. Les radaristes connaissent bien ce phénomène, qui est décrit dans la littérature depuis 1970. C'est donc très utile pour les radaristes, mais cela ne l'est pas du tout pour les personnes. À partir du moment où le système du rhinencéphale et de l'hypothalamus met en place quelque chose qui va être une réaction de stress, on se retrouve avec ces problèmes.

Il est clair que c'est un problème d'adaptation. S'il n'y a pas d'adaptation, les personnes sont intolérantes aux champs magnétiques puis, plus gravement, hyperélectrosensibles. C'est une interprétation. On trouve cela dans la littérature assez facilement. Il suffit de chercher à « magnétosomes » et à Hans Selye. C'est de cette façon qu'on l'interprète.

GT : Monsieur Tribaudeau. Vous avez entendu M. Le Ruz. Sur le terrain, que signifie pour vous le terme « électrohypersensibilité » ?

PT : *Intervention supprimée par son auteur lors de la relecture du verbatim.*

GT : Merci beaucoup. Nous pouvons passer au troisième problème, celui du diagnostic, pour lequel il n'existe pas de critère admis par la communauté scientifique, que ce soit sur le plan clinique, biologique ou sur le plan des explorations fonctionnelles. Au niveau des Criirem, des pistes sont-elles suggérées, des positions sont-elles affirmées ?

PLR : Dans le cadre de l'expertise, nous avons des relations avec les médecins du travail. Un certain nombre d'entre eux ont bien conscience de leur obligation de s'intéresser au problème des champs électromagnétiques puisque cela fait partie de leur veille sanitaire. Certains d'entre eux inscrivent dans leurs rapports que ces personnes souffrent d'intolérance aux champs électromagnétiques et proposent des postes adaptés. Un dépistage peut donc se faire par l'intermédiaire du médecin du travail, qui va voir si la personne est en souffrance ou pas du tout, ou si c'est vraiment « n'importe quoi », et va faire un certain nombre de propositions à l'employeur. La directive de 2013 demande que soient prises en charge les personnes présentant des risques particuliers. C'est relativement intéressant.

Ensuite, il existe des prises en charge par la Maison départementale du handicap. Celles-ci se fondent sur des expertises, qui vont reconnaître un certain nombre de personnes comme hyperélectrosensibles et qui vont leur donner ou non un taux d'IPP avec éventuellement des aides leur permettant de s'équiper à leur domicile et éventuellement de percevoir une pension. Nous n'avons pas d'exemple de pensions, sauf en Espagne où une personne de l'Université de Madrid a été reconnue comme hyperélectrosensible et perçoit une pension complète de 1 600 euros. En France, on est dans la reconnaissance du handicap avec des démarches à suivre. Un certain nombre d'hyperélectrosensibles parviennent à s'en sortir comme cela.

GT : Sur les MDPH, une s'est fait connaître, car elle a diffusé...

PLR : Il y en a beaucoup. En tant qu'expert, j'ai environ 1,50 mètre de dossiers à traiter. Les gens remplissent un document bien particulier, qu'ils envoient à la MDPH avec un dossier médical. Une expertise est pratiquée. Ensuite, la personne est acceptée ou ne l'est pas. Si elle est acceptée, elle demande un taux d'IPP (incapacité permanente partielle). Il faut donc présenter encore un autre dossier. Puis des décisions sont prises par rapport à l'indemnité, éventuellement à une aide, ménagère ou autre si vraiment la personne est en grande difficulté.

GT : Pouvez-vous nous communiquer des documents sur ce point ?

PLR : Oui, bien sûr.

GT : Cela nous intéresse beaucoup de savoir ce qui est fait dans ce domaine.

PLR : Il y a deux éléments sur lesquels, à mon sens, on peut insister. Tout le monde a critiqué l'utilisation de l'encéphaloscanner du professeur Belpomme. J'en ai vu plusieurs et l'on voit bien qu'il y a une atteinte du rhinencéphale. Cela confirme notre hypothèse. On voit bien qu'il y a une problématique de la circulation sanguine au niveau du rhinencéphale. Cela est bien mis en évidence. Il y a donc là un impact qui peut être utile. On voit une grande différence. De plus, si c'est couplé avec une étude par exemple de typage lymphocytaire, on a des marqueurs clairs et nets, en particulier les *natural killers*. Par exemple, aussi, des taux d'IGE, d'IGM, IGG sont assez clairs. Cela a déjà été fait avec l'étude de Coutiches et on retrouve cela. Le Criirem est d'ailleurs en train d'utiliser ces facteurs dans une étude sur les lignes à très haute tension qui va durer cinq ans. La Sécurité sociale accepte de faire les dosages qui ne sont pas des dosages classiques.

GT : Il s'agit donc de dosages biologiques, du système hormonal, n'est-ce pas ?

PLR : C'est cela. Cela porte sur les hormones en général, le typage lymphocytaire et les analyses classiques, pour obtenir un maximum de données. Nous travaillons avec l'université du Maine pour mettre en évidence des émergences concernant les données, avec des calculs factoriels des correspondances.

GT : Avez-vous appliqué cela aux appels à projets de l'Anses ?

PLR : Oui, nous avons fait un projet. On nous avait reproché de faire des études multi-variables. Il fallait étudier deux impacts sur des effets particuliers alors que notre vue n'est pas du tout la même. Cela fait des années que je travaille avec l'université de Rennes sur ce sujet. C'est l'étude factorielle des correspondances de Benzecri qui permet de mettre 150 000 données et l'on voit tout de suite les données qui sont évacuées et les émergences qui apparaissent. Plus il y a de données, plus on a de renseignements et plus on obtient un impact. Cela est couplé avec un calcul hiérarchique de correspondance qui permet de déterminer le facteur qui influe sur l'autre. Il se trouve qu'à l'université du Maine, les étudiants en mathématiques ont besoin de faire des stages. Nous sommes complémentaires.

À mon sens, l'encéphaloscanner est intéressant dans ce domaine. Quelque chose était également intéressant, mais ne peut plus se faire à Rennes : le magnéto-encéphalogramme. Cela ne fonctionne plus et on n'a plus les spécialistes, ce qui est dommage, car il existait un bon groupe de biophysiciens.

GT : J'ai beaucoup travaillé sur la circulation cérébrale. J'y ai consacré une partie de ma carrière. J'émet des doutes sur la possibilité par un Doppler pulsé d'étudier cela.

PLR : Regardez les images. Je les ai regardées, j'ai vu comment cela se passait. Les gens qui sont exposés n'ont pas du tout la même... On peut toujours discuter sur la technologie, sur la façon d'utiliser les choses puisque dans le domaine scientifique, il faut émettre des critiques pour faire avancer les choses. Ce qui est plus facile à mon sens, c'est soit le médecin du travail dans le cadre des emplois, et la MDPH pour les autres.

GT : L'attitude de la MDPH nous intéresse beaucoup.

PLR : Je dispose de beaucoup de dossiers, je pourrai vous en communiquer. Je retirerai le nom des personnes.

GT : S'agissant de l'encéphaloscanner, je pense que le professeur Belpomme acceptera de venir nous voir et que nous pourrions discuter de ces données.

Avez-vous d'autres éléments à ajouter ?

PLR : Non.

GT : Je pense que M. Tribaudeau n'a peut-être pas beaucoup de choses à nous dire sur le diagnostic puisqu'il nous a fait part des difficultés des personnes qui s'adressent à lui et des membres de son association, des difficultés qu'ils rencontrent avec le corps médical en général.

PT : *Intervention supprimée par son auteur lors de la relecture du verbatim.*

GT : Que pensez-vous, monsieur Le Ruz comme monsieur Tribaudeau, de la décision de la DGS de confier aux consultations de pathologies professionnelles la prise en charge de ces patients, décision récente, de moins d'un an ?

PLR : De toute façon, dans le cadre professionnel, ils vont être obligés de prendre en compte un certain nombre de réglementations, en particulier la directive 2013 qui arrive. Ils vont être obligés de l'appliquer. Je pense que cela peut être une bonne chose, mais à condition qu'on ne voie pas sur le problème de l'hyperélectrosensibilité que le côté psychiatrique. Je rappelle que de nombreux organismes, dont l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, le ministère de la Santé, ont clairement déclaré qu'il n'y avait pas que cet aspect-là, mais qu'il fallait examiner aussi l'aspect des marqueurs biologiques, et voir s'il n'existe pas des troubles accompagnateurs, en particulier des troubles neurologiques, endocrinologiques et immunitaires.

Si cela est fait dans ce sens, cela me paraît être correct. Aujourd'hui, un expert a été nommé pour se charger de ce problème. À mon sens, cette personne qui fait partie de ce groupement le fait correctement. Elle a fait examiner la personne du point de vue psychiatrique pour montrer que tel n'était pas le souci, et elle s'est engagée dans un certain nombre de rapports et d'études qui vont dans ce sens. Généralement, les gens qui comprennent bien le problème et qui sont très orientés pour cette étude sont des gens qui ont une formation de biophysicien.

Cela peut donc se faire, à condition qu'on n'occulte pas tout le reste. Il est très facile de classer quelqu'un pour des problèmes nosophobiaux et autres et de dire que cette personne a des problèmes, mais qu'elle assimile ce trouble à des champs électromagnétiques et qu'il s'agit d'une fausse interprétation. Je pense qu'il faut voir les choses tout à fait autrement. Dans la région Bretagne, la MDPH n'est pas systématiquement à bloquer les dossiers. Certains médecins des CHU voient les choses un peu différemment et s'orientent vers des dosages plutôt que la neuropsychiatrie. On sent donc une certaine évolution. Maintenant, c'est tout ce que je peux en dire. Ce n'est qu'un avis personnel extérieur, mais je sens qu'il y a une évolution dans ce domaine.

Je ne pense pas qu'on ira jusqu'à la maladie d'adaptation par rapport à l'environnement. Le handicap, oui, certainement, sous certaines conditions et avec certaines prises en charge comme l'a recommandé le ministère de la santé, c'est-à-dire : on prend les gens en compte et on essaie de faire ce qu'on peut. Mais je crois que l'on n'est pas encore prêt à une reconnaissance de maladie d'adaptation.

GT : Monsieur Tribaudeau, avez-vous une expérience des consultations de pathologies professionnelles récentes, puisqu'il s'agit d'une décision récente de la DGS ?

PT : Vous ne parlez pas de l'étude Choudat, n'est-ce pas ?

GT : Non, je parle indépendamment de l'étude Choudat.

PT : Nous n'avons pas encore de retour de personnes qui seraient passées.

GT : Merci beaucoup. Après le diagnostic, nous passons à la thérapeutique, les stratégies. Quelle est votre expérience sur les aspects thérapeutiques ? Avez-vous des expériences qui sont plutôt favorables à certaines prises en charge ?

PLR : Cela dépend du médecin traitant de la personne. Cela dépend aussi si c'est vu par un médecin du travail, ou les deux. Les traitements sont très différents en fonction des personnes. Je n'ai pas d'idée sur ce point. Chacun a sa problématique, voit avec son médecin traitant, voit éventuellement avec son médecin du travail, et il en ressort des améliorations ou pas.

GT : Monsieur Tribaudeau, je sais que votre action porte surtout sur la protection, sur les zones blanches, mais d'après ce que disent les personnes de votre association, avez-vous connaissance de certaines choses qui seraient complémentaires des zones blanches et qui seraient bénéfiques, des systèmes de protection ou des mesures thérapeutiques très diverses, voire non officielles, qui pourraient nous donner des pistes de recherche également ?

PT : *Intervention supprimée par son auteur lors de la relecture du verbatim.*

GT : Très bien. Merci. Je pose les questions, mais les autres membres du comité peuvent intervenir. Je n'ai pas l'exclusivité.

Nous passons maintenant aux projets. Nous avons entendu Mme Rivasi qui soutient le projet de zones blanches de l'association de M. Tribaudeau. Je pense que le Criirem est aussi associé à ce projet. J'aimerais, monsieur Le Ruz, que vous nous en parliez, et que vous nous donniez votre position vis-à-vis de projet de zones blanches, et parallèlement, parce qu'il s'agit un peu du concurrent, des projets de maisons type maison de Zürich.

PLR : Oui, je peux vous donner un avis sur ce sujet. Dans un premier temps, une question était : *comment envisagez-vous l'application des principes de précaution ?* Je rappelle que le principe de précaution ne s'applique pas à la santé, mais qu'il s'applique à l'environnement. Dans ce cas, bien évidemment, on peut imaginer, ce que proposaient les études de l'Anses, que l'on peut abaisser l'exposition.

On peut appliquer un principe classique qui est le principe ALARA, c'est-à-dire aussi bas que possible à condition que cela fonctionne. Cela a été évoqué par le gouvernement, par le projet de loi de Laurence Abeille, mais ce ne sont que de bonnes intentions. Si vraiment on veut appliquer le principe de l'abaissement des expositions, on peut le faire. On le fait dans certaines entreprises où une fois que le Wi-Fi fonctionne, il y a possibilité, grâce à un certain nombre d'appareils, d'abaisser l'exposition pour avoir un fonctionnement correct. Ainsi, les gens ne sont pas très exposés. Si l'on ne le fait pas, tant pis, les gens sont plus exposés. *Etc.*

Il en va de même des antennes relais. L'opérateur fait poser une antenne relais par un sous-traitant. La personne met l'antenne en route à fond. Or, si l'on discute et si l'on insiste, on va avoir une étude d'impact avec l'opérateur et on va réussir à obtenir des puissances relativement faibles. Cela est possible puisque nous en avons l'expérience. À condition d'aller discuter, à condition d'avoir une discussion avec un maire, un député, une association et un opérateur. On peut baisser l'exposition. C'est le principe ALARA. C'est un premier principe.

Sur le deuxième principe, la zone blanche, le Criirem est intervenu pour effectuer des mesures de 1 hertz jusqu'à 24 gigahertz afin de montrer que dans la zone de Saint-Julien-en-Beauchêne, il y avait peu d'émissions émergentes. Ce n'est pas une zone blanche-blanche, c'est une zone à expositions extrêmement faibles. L'intérêt est que des locaux sont disponibles avec certains aménagements. La région PACA va subventionner cela ainsi que la CPAM. L'intérêt de cette zone est qu'on peut place des personnes, non pas pour les parquer, mais pour les placer dans une zone « saine » pour qu'elles puissent récupérer. Un médecin spécialisé peut également les visiter. Il n'y a pas d'électricité bien évidemment, mais il existe des arrangements techniques. Les personnes qui sont hyperélectrosensibles n'ont généralement pas des ressources très importantes. Si la CPAM et si la région subventionne, cela permettra des prises en charge gratuites pendant un certain temps. Cela ne pourra être ouvert que l'été puisqu'en hiver, il y aura de la neige et que cela est compliqué.

Par la suite, il est prévu de prendre les gens en charge pour les réinsérer dans la vie sociale et leur expliquer comment il faut faire. Des personnes sont spécialisées dans le domaine. C'est le but de cette zone blanche. C'est en bonne voie, mais cela va-t-il se faire et jusqu'où ?

S'agissant de l'immeuble suisse, c'est très bien, il y a des appartements extraordinaires, mais la location est élevée. Les Français qui sont hyperélectrosensibles ne pourront jamais se payer ce

genre de chose. En Suisse, c'est possible, mais en France, sans prise en charge, les gens ne vont jamais occuper ces appartements. De plus, cela ne règle pas le problème, car on vous met dans une maison complètement « blindée » et ensuite, vous sortez, que faites-vous ? Tandis que si vous êtes placé dans une zone acceptable, avec de faibles expositions, petit à petit, vous allez récupérer l'immunité, le problème endocrinien et le problème neurologique. Il faut remonter dès la base. Si l'on arrive à reprendre la personne pour qu'elle retrouve confiance et surtout, qu'elle retrouve sa biologie à peu près normale... La guérison n'existe pas dans ce type de pathologie. On parvient à surmonter le problème, mais certainement pas à avoir une guérison totale puisqu'on est toujours sensible.

Une fois que la personne sera sortie de la zone blanche, elle aura suivi une formation pour lui apprendre ce qu'elle doit faire et ne doit pas faire dans la vie courante. On va parler de formation « ergonomique ». On va lui expliquer également quelles sont les consultations qu'elle doit mettre en place pour surveiller son problème pathologique. On n'aura jamais une guérison totale, mais on aura une adaptation possible dans un certain milieu, pas dans tous les milieux bien évidemment. C'est le but.

On nous a dit au départ que nous allions parquer les électrosensibles. Non, ce n'est pas le but. Le but est de trouver une zone qui permet de les remettre du point de vue de la santé dans une situation dite correcte et d'essayer ensuite de les réinsérer dans le cadre social. C'est ce que l'on appelle l'implication des risques psychosociaux. Il ne s'agit pas de parquer les gens, il s'agit de les réadapter – c'est la raison pour laquelle on parle de maladie d'adaptation – de leur expliquer quelle est leur problématique et surtout, de leur expliquer ce qu'ils doivent faire et ne pas faire. Des médecins se sont dits d'accord pour cela.

GT : Avez-vous déjà un réseau de médecins ?

PLR : C'est Michèle Rivasi qui s'occupe de cela. Je me suis chargé des problèmes physiques, sur les ondes radioélectriques et sur le 50 hertz, et surtout sur la façon d'organiser les bâtiments. Se pose un problème de chauffage, d'électricité.

GT : J'allais précisément vous poser la question.

PLR : Des systèmes permettent de ne pas avoir d'électricité, mais sans avoir des systèmes lourds au gaz butane et autres parce que cela pose aussi des problèmes, car cela dégage des gaz et que ces personnes sont généralement chimico-sensibles. Des propositions ont été faites. À mon sens, si cela est mis en place, cela pourrait fonctionner d'ici un ou deux ans. Un rapport est paru sur ce sujet.

GT : De nombreux électrosensibles sont sensibles aux 50 hertz.

PLR : Il n'y en aura pas. Il n'y aura rien.

GT : Avez-vous des propositions concrètes ?

PLR : Oui. Nous avons fait des préconisations avec des locaux spécialisés qui se situent très loin et qui permettent tout de même à des personnes qui ne sont pas hypersensibles de s'occuper du linge, du réfrigérateur, d'effectuer un certain nombre d'actions, mais extérieurement à la zone.

GT : Je connais les locaux, car j'y suis allé fin juillet. Le bâtiment de cuisine par exemple ne se trouve pas à côté...

PLR : Oui, il se trouve très loin et il pourrait être utilisé pour ce genre de choses, d'autant plus que les murs sont assez épais.

GT : Vous pensez donc que l'éloignement est suffisant.

PLR : Nous avons effectué un certain nombre de mesures avec certains équipements. Si l'on amène de l'électricité pour brancher un réfrigérateur, une machine à laver, etc., il faut des câbles blindés, il faut certains dispositifs pour qu'à une dizaine de mètres, on n'ait plus rien. Il faut aussi que cette zone ne soit pas accessible. La ligne électrique peut être éloignée. Elle peut également être enterrée avec un dispositif tel que les électrosensibles ne puissent pas s'en approcher. Il est

interdi de se servir des téléphones, mais une cabine téléphonique est prévue et peut fonctionner par carte ou pièces. Il faut tout de même que les personnes gardent un contact avec l'extérieur.

De nombreux petits problèmes de ce type peuvent être résolus sur discussion avec la région PACA, avec la CPAM qui est propriétaire des lieux et des terrains et qui souhaite aussi s'en défaire, mais qui participe au projet. Pour la première fois, des organismes publics semblent vouloir s'intéresser à ce type de problèmes. Quelle est leur idée par la suite ? Je l'ignore. Il n'empêche que je travaille avec la région PACA et dans les locaux du conseil régional et du conseil général, beaucoup d'efforts ont été consentis pour abaisser l'exposition des personnels, avec des pictogrammes de sécurité et du Wi-Fi à des taux extrêmement bas puisque les salariés sont exposés à 0,2-0,3 volt par mètre. Certaines régions s'investissent donc sur ce sujet.

Michèle RIVASI veut s'investir dans ce projet. Pourquoi pas ? De plus, la municipalité a quelque peu changé, mais le maire est partant et cela l'intéresse du point de vue économique. Il faudra amener de la boisson, des aliments, etc. Les gens pourront éventuellement descendre au village et se promener dans la nature. Un petit souci se pose avec les chasseurs, qu'il va falloir que nous les réglions.

GT : Monsieur Tribaudeau, vous avez entendu ce qu'a dit M. Le Ruz. Avez-vous des éléments à ajouter sur le sujet des zones blanches et d'immeubles dédiés ?

PT : *Intervention supprimée par son auteur lors de la relecture du verbatim.*

GT : Avez-vous des arguments précis pour défendre cette position ?

PT : *Intervention supprimée par son auteur lors de la relecture du verbatim.*

GT : Je m'excuse de vous interrompre. Vous n'adhérez donc pas forcément à l'idée d'un séjour temporaire dans une zone blanche, c'est cela ? Il vous semble que certaines personnes devraient vivre de façon permanente dans ces zones, n'est-ce pas ? Cela va poser d'énormes problèmes de place d'une part, et d'autre part, il y a aussi la réinsertion, c'est-à-dire ce qu'évoquait M. Le Ruz et ce que nous a dit également Mme Rivasi. Il s'agissait de séjours temporaires, le temps de récupérer pour pouvoir reprendre une vie dans le contexte habituel de notre pays. Pour vous, ces structures doivent être habitées de façon permanente, c'est cela ?

PT : *Intervention supprimée par son auteur lors de la relecture du verbatim.*

GT : Je m'excuse, monsieur Tribaudeau, mais on sort du travail d'expertise que nous devons mener. Nous vous avons écouté avec beaucoup d'intérêt. Nous aimerions savoir ce que vous pouvez nous dire sur le statut des personnes hypersensibles dans les autres pays européens.

PT : *Intervention supprimée par son auteur lors de la relecture du verbatim.*

GT : Très bien. Monsieur Le Ruz, que souhaitez-vous dire sur cette question.

PLR : J'avais quelques réflexions à formuler. Je connais bien l'Espagne, car je m'y rends souvent pour effectuer des mesures sur les aéroports et autres. Il existe un groupe, qui s'appelle *Afectados*. Je citais cette personne qui travaille à l'université de Madrid et qui est prise en charge par la Sécurité sociale. Il est reconnu devant un tribunal qu'elle est électrosensible et qu'elle a droit à une pension. Trois ou quatre personnes sont dans ce cas.

En Suisse, les normes d'exposition sont beaucoup plus faibles que chez nous. Nous avons des procédures avec les Suisses et nous constatons que les normes n'ont rien à voir. Par exemple, pour les lignes à très haute tension, en France, il s'agit de 100 micros Tesla, en Suisse, il s'agit d'un micro Tesla. C'est demandé par le ministère de l'industrie pour l'inconstructibilité auprès des lignes, mais ce n'est jamais appliqué. Une circulaire de Mme Batho est passée et demandait aux préfets de prendre un certain nombre de vigilances ; cela n'a jamais été pris. En Suisse, en revanche, c'est la règle.

En Belgique, cela dépend si s'agit de Bruxelles ou non.

En Italie, quelque chose d'assez intéressant a été fait. Des mesures ont été effectuées tout autour de Venise. Ils ont repéré ce qu'ils appellent des points noirs et ce que nous appelons des zones

atypiques. Ils ont éradiqué ces zones atypiques pour que tout le monde se trouve à la même exposition. Cela se situait à environ 1 volt par mètre. Les Italiens ont donc fait un effort dans ce domaine. Nous ne l'avons pas fait.

J'en reviens au problème de l'exposition dans l'environnement. Aujourd'hui, nous sommes dans un délire technologique, mais rassurez-vous, il existe un facteur limitant qui est l'accident de compatibilité électromagnétique. Il y a de nombreux accidents parce qu'il y a trop de champs électromagnétiques. Je peux vous en parler parce le Criirem intervient sans cesse en expertise sur ce type de problèmes, que ce soit dans l'industrie, sur la route, sur les péages, sur les voitures, dans les navires. Dans les navires de plaisance, les personnes ont la tête à 50 centimètres du radar, c'est-à-dire dans la zone qui est interdite puisque c'est une zone de sécurité. Il y a certains parkings en France où les voitures ne démarrent plus. On cherche d'où cela vient et l'on trouve.

Un grutier fait fonctionner sa télécommande et les portes des garages qui se trouvent à côté s'ouvrent. Il existe tout un tas d'accidents de ce type. Des voitures traversent les zones de péage parce qu'on a oublié de regarder le livret qui se trouve dans la voiture où il est indiqué que si l'on téléphone avec son portable dans la voiture sans que cela soit relayé par une antenne extérieure, il y a des risques sur le calculateur, sur les freins ABS et sur le régulateur de vitesse. Les chirurgiens s'étonnent lorsqu'ils font fonctionner le bistouri électrique que les ordinateurs qui se trouvent à côté commencent à avoir des problèmes. Quand on effectue la mesure, on leur fait comprendre qu'il y a un souci.

Il en va de même dans tous les domaines. Dans les industriels, nous avons travaillé avec Air France parce qu'il se pose des problèmes de comptabilité électromagnétique. Là, je peux vous dire que les niveaux vont baisser. Si les niveaux ne baissent pas, il y aura sans arrêt des accidents. C'est sans parler des navires, mais cela regarde les milliardaires. Il faut se rappeler que les ondes électromagnétiques servent aussi d'armes de guerre. Les militaires réfléchissent sur ce sujet. Il y a des limites qu'on ne pourra jamais dépasser et cela va limiter les expositions.

Sans compter les gens qui portent des pacemakers, des distributeurs de médicaments, et des choses comme cela. Il y en aura de plus en plus. Il y aura des facteurs limitants là aussi, faute de quoi, cela ne va pas fonctionner. Je vous déconseille de mettre votre portable à côté de vos tickets de métro. De même avec la carte bleue. Certaines personnes ont des problèmes avec leur clé électronique. Ils se demandent pourquoi ils ne peuvent plus ouvrir leur voiture.

Si on porte des bracelets électroniques, des puces RFID, etc., on est dans le délire technologique. On vend, mais à un moment, cela ne sera plus possible, en raison du facteur limitant.

GT : Nous arrivons à un quart d'heure de la fin du temps imparti pour l'audition. Monsieur Tribaudeau, avez-vous des choses très importantes à nous dire que vous n'auriez pas évoquées ?

PT : *Intervention supprimée par son auteur lors de la relecture du verbatim.*

GT : Tous les membres du groupe vous ont entendu. Monsieur Le Ruz, avez-vous des choses importantes à nous dire ?

PLR : Oui, deux ou trois choses. Je voulais rappeler ce qui avait été demandé par le ministère de la santé. Il faut renforcer le rôle du médecin du travail dans les entreprises en leur donnant de la formation et du temps pour s'occuper des phénomènes qui concernent les rayonnements électromagnétiques et qu'ils puissent remonter de l'information. Pour l'instant, ils ne peuvent pas le faire. Ils n'ont pas le temps et ils n'ont peut-être pas envie de se mettre dans ces sujets, qui sont un peu tabous. Dès qu'ils proposent quelque chose à l'employeur, comme un poste adapté, il y a souvent un retour de bâton et ce n'est pas très agréable. Ils se méfient donc. À mon sens, ils font du bon travail, mais il faut leur donner plus de pouvoir dans ce domaine, ainsi que de la formation. Cela a été promis, mais...

Un autre point sur lequel on insiste peu, mais c'est la législation, dans les entreprises et dans tout ce qui est gérable est le fait qu'il faudrait mettre en évidence ce que l'on appelle les risques psychosociaux. On parle des risques physiques, mais on n'insiste pas sur les risques

psychosociaux. Pourtant, c'est une obligation au niveau des entreprises. Des réunions annuelles doivent être organisées. C'est là que l'employeur a le plus de risques. Si on lit la directive 2013, on voit bien que ce n'est pas pour protéger le personnel, mais pour expliquer à l'employeur ce qu'il ne doit pas faire s'il ne veut pas avoir de problème. On peut s'en servir. Si l'on regarde les niveaux à respecter, ce n'est pas intéressant, mais si l'on regarde les obligations des employeurs, on aura des possibilités pour abaisser l'exposition. Il est dit : réduire les risques au plus bas possible, voire à zéro.

Cela fonctionne pour les entreprises, mais aussi pour les municipalités, pour les lycées, les collèges, etc. Ce qui va peut-être faire ressortir les choses, c'est la gestion des risques obligatoire, c'est-à-dire un état des lieux au niveau des locaux, ensuite, gestion des risques, sans demander quelque chose d'abominable à régler. Des gestes simples, voire ergonomiques, voire des démontages et remontages de façon différente. Si on fait cela, je pense qu'on peut améliorer les choses.

Je le vois assez souvent, car c'est ce que nous faisons dans les entreprises. On nous demande de faire de l'expertise. On ne nous demande pas de faire une mesure et dire que c'est conforme et qu'il n'y a pas 61 volts par mètre. On nous dit : il faut nous expliquer quels sont les problèmes, ce qu'on doit faire dans le cadre de la gestion des risques, sur les pictogrammes de sécurité, les distances de sécurité, la façon d'utiliser le matériel et la façon d'abaisser le niveau d'exposition ou changer la technologie, etc. Cela se fait, mais malheureusement, ce n'est pas encore rentrer dans les mœurs.

Un autre point sur lequel j'aimerais qu'on insiste est le suivant. Au niveau des ARS, les personnes n'ont aucune formation. Elles se débrouillent avec ce qu'elles ont. De ce fait, elles ont quelques problèmes à gérer quand il y a un conflit avec ERDF, avec EDF, avec un opérateur. Il faut qu'elles aient une formation. Elles le demandent, mais tout le monde a l'air de... Bref !

Je termine par le fait qu'il faudrait qu'on gère quelque chose qui, à mon sens, est valable dans ce domaine en particulier, mais aussi dans tous les domaines, à savoir les problèmes de conflits d'intérêts. On a de bonnes paroles, on a une législation, mais on ne l'applique pas. Si l'on gère cela, cela va régler un certain nombre de problèmes et cela ira dans le bon sens. Cela redonnera de la confiance. C'est faisable. Je ne vais pas citer de nom, mais il y a des choses qui sont très désagréables. Cela fait x années que je suis dans ce domaine. Si je suis parti de la Société française de radiofréquence au bout de dix ans, c'est parce que je trouvais qu'il y avait trop d'EDF et trop de Cogema, et que seulement trois ou quatre scientifiques osaient lever la main et s'exprimer et cela ne servait à rien. Si on insiste sur ce sujet, on peut, à mon sens, gagner en allant de l'avant et en prenant un certain nombre de décisions.

GT : L'Anses est très sensible à ce problème de conflits d'intérêts.

Anses Pour ce qui concerne le recrutement des experts, l'analyse des DPI... Il existe un comité de déontologie et de prévention des conflits d'intérêts, qui est un organe indépendant et dont les avis sont rendus publics.

PLR : Je parle des déclarations intempestives d'un certain nombre de personnes qui sont connues pour avoir d'énormes conflits d'intérêts. Point !

GT : Avez-vous des questions à adresser à M. Le Ruz ? Non. Monsieur Le Ruz, vous avez laissé tout le monde coi.

PLR : Nous essayons de faire avancer les choses. Cela fait un certain temps que nous avons écrit au ministère de l'industrie et au ministère de l'écologie. Une loi L.32-12 indique que l'essentiel est : santé, sécurité et compatibilité électromagnétique. Sur la sécurité, il n'y a pas grand-chose. Sur la compatibilité électromagnétique, tout le monde part en courant. C'est pourtant quelque chose de très important à mon sens. On parle des hyperélectrosensibles, mais il y a énormément d'incidents, d'accidents, de problème, et on ne fait pas attention. Prenez un petit thermomètre électronique. Sur la notice, il est indiqué qu'il ne faut pas le poser à côté du portable sinon cela ne fonctionne plus : 3 volts par mètre. C'est écrit. Ce n'est pas grave, c'est amusant. Mais si vous

êtes diabétique et si vous utilisez un appareil spécifique qui permet de doser le glucose, et si un champ électromagnétique se trouve à côté, vous allez vous tromper dans la dose.

Ce sont des exemples bêtes. Il n'empêche qu'il faut y réfléchir. Il y a l'exemple des tickets de métro à côté du portable. Dans un supermarché, on va retirer le système qui fonctionne avec un aimant. Si vous posez votre carte bleue juste à côté, celle-ci ne fonctionne plus. Ce n'est pas très grave, mais cela peut être beaucoup plus grave pour d'autres appareils électriques et électroniques. Nous en avons fait un peu notre spécialité, mais je voudrais que d'autres institutions s'y mettent. Le Criirem a dix ans, mais dans dix ans, nous ne suffirons plus. Il faut une relève. Nous avons en particulier discuté sur les zones ATEX, les zones à atmosphère explosive. Personne ne s'en occupe vraiment. Nous avons un souci avec ERDF qui place des systèmes radiofréquences sur les compteurs à gaz. En cas de fuite, cela explose. De la même façon, ne téléphonez pas à côté d'une station d'essence.

GT : Nous sommes très contents que vous soyez venu. Nous vous remercions à nouveau. Je pense que nous aurons peut-être l'occasion de nous revoir.

PLR : Oui. Je vous fournirai de la documentation sur le handicap. Rien n'est pas parfait en ce monde, mais il y a au moins une prise en charge. Cela ne fonctionne pas à chaque fois, mais quand le dossier est bien fait, cela fonctionne.

GT : Nous sommes intéressés par vos documents. Nous aurons l'occasion de nous revoir pour discuter plus avant.

PLR : Je vous remercie de m'avoir écouté.

GT : Monsieur Tribaudeau, nous vous remercions de votre contribution, de l'effort que vous avez fait pour parler au téléphone. Nous tiendrons compte de vos observations ainsi que de celles de toutes les associations.

PT : Merci. Au revoir.

Audition de l'association Robin des Toits - 20 janvier 2015

Étaient présents :

Experts du Groupe de Travail (GT)

Membres de l'Anses (Anses)

Invités : Agnès Fontana (AF)

GT : Je souhaiterais poser une question qui n'était pas prévue dans le questionnaire que nous vous avons adressé, madame Fontana. J'aimerais savoir si vous êtes la personne nommée « Agnès » parmi l'ensemble des personnes interrogées par M. Pieroni.

AF Oui.

GT : J'ai trouvé votre interview très intéressant.

AF : Merci beaucoup. Si cela pouvait être utile, ce serait encore plus intéressant.

GT : Nous sommes en train de préparer une synthèse de toutes les données qui nous sont remontées par les associations, mais votre position de lutte très forte pour vous maintenir dans votre emploi me paraît une démarche importante et intéressante.

AF : Oui. Il s'agit de me maintenir dans mon emploi et dans ma vie normale, avec mon mari et mes enfants, que je ne peux pas entraîner dans une vie « de fou ». Je ne peux pas les entraîner pour vivre dans une grotte dans la Drôme. Il faut donc que je reste là.

GT : Très bien. C'est notable, car c'est un discours que je n'ai pas retrouvé ailleurs, et je commence pourtant à avoir de nombreux documents sur la question. Deux témoignages m'ont intéressé, car ils sont, je ne dirais pas optimistes, mais...

AF : Non, ce n'est pas optimiste.

GT : Non, en effet, mais ils sont des témoignages de lutte. Nous avons le témoignage d'une personne qui se déclare guérie de son électrohypersensibilité.

AF : Ne serait-ce pas Émilie ?

GT : Je n'ai pas son nom en tête.

AF : S'il s'agit d'elle, je la connais bien, elle indiquait qu'elle était guérie et aujourd'hui, elle ne va absolument pas bien. Elle a fait une tentative de suicide et elle est à présent hors de Paris. Il faut suivre sur le long terme les gens qui se disent guéris. Il y a des rémissions, je le sais, j'en ai eu. Quand on est doté d'un tempérament optimiste, on peut dire assez facilement qu'on est guéri, mais il faut faire un suivi longitudinal parce qu'on ne guérit pas comme cela.

Anses : Je viens de retrouver le témoignage auquel vous faites allusion. Ce n'est pas celui d'Émilie.

AF : Si une personne est vraiment guérie, tant mieux. Mais il faut suivre les personnes qui se disent guéries, car il y a malheureusement parfois des rechutes.

GT : Autant qu'il me souvienne, cette personne m'a mis sur la piste de moyens thérapeutiques qui sont décrits et, semble-t-il, authentifiés par un de mes vieux camarades de lycée, qui a exercé sa carrière à Montpellier alors que j'ai fait la mienne à Toulouse, mais que je connais très bien et en qui j'ai toute confiance et qui est M. Seignalet.

AF : Il s'agit du docteur Seignalet auteur de « *L'alimentation ou la troisième médecine* », c'est cela ?

GT : Oui.

AF : Je crois que ce monsieur est décédé.

GT : En effet, il est décédé il y a trois ou quatre ans, mais il a laissé un ouvrage, que vous avez cité.

AF : Oui. Je sais qu'il est très respecté et très suivi dans le milieu des électrosensibles.

GT : Il propose des solutions et des pratiques auxquelles cette personne se réfère. Cela m'a beaucoup intéressé, car c'est quelqu'un que je connais personnellement depuis que je vais à l'école. Cela remonte à des temps très anciens. Nous nous sommes toujours suivis parallèlement dans nos carrières. Je ne savais tout de même pas qu'il avait publié cet ouvrage, relativement récent, qui remonte à une dizaine d'années.

Cette interrogation était quelque peu annexe. Vous avez reçu la liste des questions, n'est-ce pas ?

AF : Non. Cela ne veut pas dire qu'on ne me l'a pas envoyée. Je n'ai malheureusement pas beaucoup de temps pour mon courrier personnel. Je ne les ai donc pas, mais cela m'est égal, je vais répondre à vos questions.

Anses Nous allons vous demander de raconter votre parcours en tant qu'EHS et vous poser quelques questions classiques.

AF : Très bien. J'ai commencé à ressentir des sensations curieuses entre Noël 2008 et le jour de l'An 2009. J'étais en congé. J'étais chez moi. Je suis allée à Deauville et j'ai fait le retour sur l'autoroute. J'avais des sensations curieuses et des maux de tête « traversaux » alors que je n'étais pas du tout sujette aux migraines. C'est quelque chose que je ne connaissais pas. J'avais comme une espèce de tension, le sentiment que quelque chose de préoccupant était en train de m'arriver sans que je sache bien quoi. Je n'étais pas tranquille.

Puis je suis retournée au travail, où j'étais à l'époque en Wi-Fi. Là, tout est devenu beaucoup plus fort et beaucoup plus permanent, c'est-à-dire qu'une douleur en casque s'est installée et une espèce de tétanie dans les membres. Je ne pouvais plus dormir. Je dormais quelques minutes et je me réveillais en sursaut et j'étais tétanisée pour le reste de la nuit.

J'ai fait la relation avec les ondes à cause du Wi-Fi du travail. C'était aussi le moment de l'explosion des téléphones 3G et du Wi-Fi partout. Je sentais comme une sensation de lave froide qui me passait sur le corps. Je me retournais et je voyais quelqu'un avec un Smartphone. J'ai donc fait la relation.

GT : Qu'appellez-vous tétanie ? Des contractures, des raideurs ?

AF : C'est de la tension dans les quatre membres et les épaules.

GT : Nous avons compris qu'initialement, cela s'est produit sur l'autoroute, c'est bien cela ?

AF : Oui, c'était lors d'un retour sur l'autoroute et aussi chez moi, à Paris, 17^e.

GT : Étiez-vous au volant ?

AF : Non. Je suis plus souvent passager. Mais cela n'était pas plus ni moins ce trajet que pendant les quelques jours qui ont suivi lorsque j'étais chez moi.

GT : Avez-vous consulté un médecin à cette époque-là ?

AF : Oui. Je suis allée chez mon généraliste, qui a eu l'honnêteté de me dire qu'il ne savait pas, et qui m'a orientée vers une neurologue classique qui m'a écoutée. C'était quelqu'un de très bien, qui m'a dit être convaincu des méfaits des ondes à long terme en général. Sur l'EHS, je la sentais plus nouvelle et peut-être un peu plus réservée, mais elle m'a dit que ce que je lui décrivais ressemblait à un problème de sérotonine. Elle m'a expliqué qu'au lieu de se trouver dans mon cerveau à me protéger des maux de tête, ma sérotonine était lâchée dans mon corps, où elle n'a rien à faire et

où elle me fait mal, et qu'il fallait la capturer et la faire rester dans le cerveau. Elle m'a indiqué que cela soignerait de surcroît ma dépression de réaction. Elle ne m'a pas dit que j'étais dépressive et qu'elle allait me prescrire des inhibiteurs de la recapture, mais elle m'a indiqué que l'effet secondaire positif soignerait cette dépression de réaction dont je souffrais.

J'ai donc commencé à prendre des inhibiteurs de la recapture de la sérotonine, qui ont eu un premier bon effet, puis les effets se sont dilués et j'ai eu des sensations de paresthésie, qui sont les effets secondaires de ces médicaments sans en avoir les bons effets.

J'ai poursuivi mes recherches et j'ai trouvé l'ARTAC et le Dr Belpomme. Je suis allée chez le Dr Milbert qui travaillait à l'époque avec le professeur Belpomme. Le Dr Milbert connaît spécifiquement la problématique de l'EHS et m'a prescrit d'autres traitements.

Plus tard, j'ai vu un autre neurologue, qui a une approche plus globale et plus nutritionniste. Il m'a expliqué que les inhibiteurs de la recapture de la sérotonine étaient une mauvaise réponse à un vrai problème, que les EHS avaient un problème de sérotonine, mais qu'il ne fallait pas prendre des inhibiteurs de la recapture. C'est lui qui m'a incitée à prendre un précurseur de la sérotonine, c'est-à-dire des tryptophanes. Je les prends donc maintenant comme compléments alimentaires et je me rends compte que j'en ai vraiment besoin. Quand je tente d'arrêter de les prendre, cela ne va pas.

La piste sérotonine était donc bonne. Je pense qu'il existe une vraie piste neuromédiateurs, mais la réponse classique des inhibiteurs de la recapture n'est pas bonne. Je n'en prends plus, bien entendu.

GT : Vous prenez donc actuellement du Tryptophane, n'est-ce pas ?

AF : Oui, entre autres mille choses que je prends. Je prends également du magnésium, car il en faut pour réaliser la synthèse du Tryptophane.

GT : Parmi les questions sur votre état figure celle de l'évolution des symptômes ? Vous avez évoqué des poussées, des périodes de rémission ? Avez-vous des explications ?

AF : C'est aussi une question de terrain. Suivant l'état du terrain, la résistance est plus ou moins grande. Il est sûr que quand on est fatigué, carencé, épuisé, on va moins bien que quand on est en pleine forme, mais cela est vrai pour tout le monde.

Parfois, mon terrain est propre, ma résistance est suffisante et je peux passer quelques jours sans ressentir grand-chose. Quelquefois, cela peut être l'enfer durant plusieurs soirs, comme pendant la deuxième partie de la semaine dernière et comme ce week-end. C'était « l'horreur ».

C'est joli de me dire « *c'est bien, vous combattez* », mais les gens ne voudraient pas de la vie que j'ai. Je souffre très souvent.

GT : Vous ne passez pas une semaine sans avoir des problèmes.

AF : Non, jamais ! Si je passe trois jours sans avoir de problèmes, je suis déjà bénie.

GT : Faites-vous parfois des sortes de cure où vous évitez certaines sources pour vous ressourcer ? Est-ce que cela vous fait du bien ?

AF : J'essaie de passer au moins un week-end sur quatre hors de Paris. Nous choisissons des lieux de vacances qui sont plutôt non exposés. Nous allons plutôt vers des vacances au vert que visiter une ville étrangère par exemple. Cela oriente les choix de sorties de week-end et des vacances.

GT : Dans l'ensemble, votre trouble a commencé il y a maintenant six ans, c'est cela ?

AF : Je date cela du Nouvel An 2009. Cela fait donc six ans.

GT : Trouvez-vous que sur l'ensemble de ces six années, vous avez eu plutôt une tendance à l'aggravation ou êtes-vous à peu près stable ?

AF : C'est non linéaire. Par rapport au début, cela va tout de même mieux, mais il y a aussi la fatigue de la chronicité. Maintenant, j'en ai assez. Je suis fatiguée de supporter ces souffrances constantes. La résistance à la souffrance s'use. Surtout, l'avenir est très problématique. Quand nos maisons seront remplies d'objets connectés, quand nous-mêmes serons connectés, que vais-je devenir ? L'avenir est extrêmement problématique.

GT : Vivez-vous dans un appartement ?

AF : Oui, dans un immeuble.

GT : Cela vous expose davantage.

AF : Oui.

GT : Avez-vous des éléments à ajouter sur votre vie ? Toutes les personnes qui sont au téléphone confirmeront qu'elles ont entendu votre interview par M. Pieroni.

AF : Oui. C'est une course de vitesse. Certes, des progrès sont réalisés, certes, il existe des traitements, mais l'exposition progresse aussi. Je vois vraiment cela comme une course de vitesse entre moi et mes traitements d'un côté et les ondes de l'autre, et je ne suis pas sûre de gagner. À long terme, je suis même sûre de perdre.

GT : Vous êtes pessimiste actuellement.

AF : Oui. Je le suis depuis six ans. Je ne suis pas loin d'affirmer que si l'exposition était restée ce qu'elle était au tout début de 2009, je serais presque tirée d'affaire, mais elle est loin de l'être. Entretemps, il y a eu l'apparition des tablettes, de la 4G, le quatrième opérateur. C'est vraiment une marée qui monte.

GT : Utilisez-vous pour vous-même un exposimètre ?

AF : Non. J'en avais un à un moment, mais il était très simpliste. Il m'indiquait qu'il y avait quelque chose, mais il ne précisait pas ce que c'était ni d'où cela venait. Le Wi-Fi émet peu, mais il est très mauvais qualitativement. Par conséquent, quand il y avait peu de Wi-Fi, l'exposimètre ne détectait pas la différence ou peu, alors que je la ressentais.

Il existe des exposimètres sophistiqués. J'ai suivi un petit stage, mais c'est un métier que de se servir de ces appareils. Entre le fait que les très bons sont sophistiqués et qu'il faut une compétence pour les utiliser et le fait que c'est anxiogène et non naturel de sortir sans cesse son appareil, j'ai abandonné. Je me dis que le meilleur exposimètre, c'est moi.

GT : Les autres personnes en ligne ont-elles des questions à poser sur le vécu de Mme Fontana ? Non. Nous pouvons donc passer aux questions suivantes.

À votre avis, qu'est-ce qui permet de réaliser le diagnostic, qui permet de rattacher tous les troubles que vous venez de décrire à une exposition ?

AF : J'ai un élément en or qui est l'électroencéphalogramme sous provocation, réalisé par le Dr Lebar. Des capteurs sont placés sur ma tête et quelqu'un qui se trouve à deux mètres de moi se sert d'un portable, mais je ne peux pas voir ce qu'il fait avec cet appareil, aucun son n'est émis. On voit les ondes de mon cerveau qui réagissent, davantage d'ailleurs au signal de réception qu'au signal d'émission. Je dispose donc de cela avec mon encéphalogramme et le rapport d'examen. Quand j'ai montré cela au P^r Aurengo, cela l'a un peu embarrassé.

GT : Vous pensez donc que ce test est un test objectif, n'est-ce pas ?

AF : Jusqu'à ce qu'on me démontre qu'il ne l'est pas.

GT : C'est ce que M. Belpomme appelle l'encéphaloscan.

AF : Non, l'encéphaloscan est autre chose. C'est la mesure de l'oxygénation des différentes zones du cerveau. Cela dresse un tableau de l'oxygénation du cerveau, mais cela n'indique pas pourquoi ni d'où cela vient. Tandis que là, il s'agit d'un électroencéphalogramme sous provocation.

GT : C'est donc un électroencéphalogramme classique, n'est-ce pas ? Il est réalisé par le Dr Lebar, dites-vous ?

AF : Oui. Il fait aussi l'encéphaloscanner.

GT : Très bien. À l'occasion, lors d'une réunion du comité de dialogue, pourriez-vous me montrer cet électroencéphalogramme ?

AF : Bien sûr.

GT : Cela m'intéresserait beaucoup.

GT : Je pense que nous pourrions aussi poser la question directement au Dr Lebar.

GT : Oui. La plupart des personnes électrosensibles que nous avons pu rencontrer, qui se sont exprimées sur le Net ou dans le film qui vient d'être présenté sur La Chaîne Parlementaire évoquent surtout l'encéphaloscanner de M. Belpomme. Jusqu'à présent, je n'ai entendu personne dire ce que vous venez de nous rapporter sur l'électroencéphalogramme sous provocation. C'est intéressant.

Voyez-vous d'autres critères qui vous paraissent intéressants sur le plan biologique ou autre, qui vous semblent être connectés à vos troubles, des anomalies sanguines ou des choses comme cela ?

AF : Non. Je n'ai pas d'inversion de la formule sanguine par exemple. J'ai fait un test qui s'appelle Oxyscale, qui mesure le stress oxydant. J'ai effectivement beaucoup de stress oxydant, j'ai un organisme stressé.

GT : Beaucoup de gens sont stressés...

AF : Je savais ce qu'était le stress avant. Là, il s'agit d'autre chose. C'est vraiment au-delà. Il y a notamment ce symptôme qui s'est installé dans un second temps : c'est cette impression de trembler de l'intérieur, que tout tremble à l'intérieur de soi. C'est affreux ! Personne n'en voudrait pendant une heure et j'en souffre depuis six ans maintenant.

GT : Dans les tests biologiques, on entend quelquefois parler du dosage des catécholamines.

AF : J'ai effectué beaucoup de tests, mais je n'ai jamais entendu cela. Je ne l'ai jamais subi.

GT : Avez-vous consulté un ostéopathe ?

AF : Oui...

GT : Le Dr Tournesac ?

AF : Non, je suis allée à une consultation expérimentale qu'il avait organisée. J'estime beaucoup ses travaux. En termes d'ostéopathe, je vais chez M. Plet qui travaille en regardant avec l'encéphaloscanner. Il essaie de débloquer mes vertèbres pour obtenir une meilleure oxygénation du cerveau et donc, rétablir l'oxygénation équilibrée des différentes zones du cerveau. Je consulte donc un ostéopathe, mais deux fois par an.

GT : Sur le plan du diagnostic, y a-t-il d'autres questions de la part de mes collègues du groupe de travail ?

GT : Oui, j'aurais une question sur vos symptômes. Cela se déclenche-t-il toujours immédiatement après ou y a-t-il des délais ?

AF : Au début, c'était vraiment immédiat. Je pouvais dire où était le téléphone portable, s'il était allumé, etc. Avec le temps, au fur et à mesure que l'organisme apprend à résister un peu, il y a de plus en plus de délais. Par exemple, il m'arrive fréquemment aujourd'hui de me trouver près de quelqu'un qui manipule un Smartphone et de ne rien sentir, et le soir j'ai mal. Je ne sais pas si cela est dû à l'exposition que j'ai le soir parce que je suis entourée d'appartements qui contiennent du Wi-Fi ou s'il s'agit de l'effet retard de ce que j'ai subi pendant la journée. J'ai beaucoup de douleurs le soir. Je ne sais pas dire si c'est parce que j'ai plus d'expositions le soir ou si c'est parce que le

soir, je subis toutes les expositions que j'ai endurées pendant la journée. Cela dit, plus on est malade depuis longtemps, plus je trouve qu'il y a des délais entre l'exposition et la réaction.

GT : Quand vous partez au vert, avez-vous un bénéfice immédiat ?

AF : Non, justement, lorsque j'arrive en Bretagne par le TGV, le soir j'ai mal. Je me dis que depuis ma dernière venue, une nouvelle box Wi-Fi ou une nouvelle antenne a été installée. Le lendemain cela va mieux. En fait, c'est l'effet TGV, tout ce dans quoi j'ai baigné dans le TGV qui me tombe dessus le soir alors même que je suis plutôt dans une zone calme. Le bénéfice d'une zone plus propre met lui aussi un peu de temps à se manifester.

GT : Il y a donc tout de même une évolution, pas forcément dans la gravité, mais dans les caractéristiques des troubles.

AF : Oui, tout à fait.

GT : Avez-vous l'impression d'une tendance à une sorte de chronicisation ?

AF : Oui. La réponse est oui. Il y a même la peur que finalement aujourd'hui, je sois assez forte pour résister et que je ne deviendrais EHS et qu'après tout, j'ai appris à l'être et qu'il existe une sorte de réaction apprise de laquelle je ne pourrais jamais me débarrasser.

GT : Je comprends ce que vous voulez dire.

AF : Il s'agit d'une espèce de mémoire du corps.

GT : Je ne veux pas vous encourager dans cette voie, mais effectivement...

AF : Je sais que cela existe.

GT : Sur le plan de la neurobiologie, on a cette notion de mémoire de la symptomatologie qui, même déconnectée de ses sources, s'auto-entretient en quelque sorte.

AF : Oui, je pense qu'il y a de cela.

GT : Indépendamment de ces problèmes médicamenteux, avez-vous utilisé ou utilisez-vous encore des protections individuelles au niveau de votre appartement ?

AF : Peu. J'ai deux rideaux blindés sur les deux fenêtres qui sont les plus exposées à l'antenne voisine, notamment celle de la chambre de mon fils. J'ai aussi une espèce de galet, une sorte de rond en bois qui contient deux fils de métal, sous mon oreiller. Mais à part cela, je n'ai rien.

GT :

Vous n'avez jamais ressenti la nécessité de porter ces voiles métallisés...

AF :

Je ne peux pas dans ma vie telle qu'elle est. Comme je le dis, mon combat, c'est la résistance, parce que je n'ai pas le choix. Je suis dans une société bourgeoise et conformiste. Je ne peux pas vivre comme cela. Non que je n'aimerais pas, mais je ne peux pas. Le milieu dans lequel je vis me donne l'avantage d'avoir des moyens financiers, si bien que je peux me soigner comme je le veux, mais en termes d'évolution du mode de vie, je suis complètement bloquée. Mon entourage n'entend pas ce que je vis. Alors que dans un monde peut-être plus « bobo », on m'aurait davantage entendue et j'aurais peut-être pu changer de vie. Là, je ne peux pas.

GT : Votre travail, les activités de votre mari, de vos enfants...

AF : Oui, voilà.

GT : Quelles seraient selon vous les modalités de prise en charge à mettre en place pour les EHS dans le système de soins ?

AF : Je vois un bon parallèle avec les gens qui sont ou qui ont été malades du cancer. Il existe une prise en charge globale, à la fois médicamenteuse, mais aussi avec des médecines douces. On s'occupe de leur mode de vie et on les guide dans un mode de vie qui leur convient. Il faudrait

quelque chose de global avec non seulement du traitement médicamenteux, mais aussi de l'ostéopathie, de la nutrition, de l'activité physique, et peut-être des activités de type sophrologie. Il s'agit de la notion de prise en charge globale, avec une espèce de paquet global et pas uniquement des médicaments, et éventuellement des conseils sur l'équipement, le mode de vie. Le package, si vous voulez. Ma tante a eu un cancer et on lui propose des choses comme cela. C'est bien. C'est cela qu'il faudrait.

GT : Ce n'est pas généralisé pour l'instant, mais cela se développe.

Nous avons ensuite des questions plus générales sur les projets plus politiques. Comment envisagez-vous l'application du principe de précaution ? Quelle est votre position par rapport à la loi Abeille ?

AF : Le principe de précaution est simple, c'est-à-dire que quelque chose, dont la nocivité est à tout le moins soupçonnée comme l'exprime bien tout de même le classement en 2B, ne doit pas être partout et ne doit pas se trouver là où son utilité ne l'emporte pas sur ses inconvénients. Pour moi, le principe de précaution est un peu cela. Quand quelque chose est un peu douteux, on ne l'installe pas partout subitement et surtout, on fait en sorte que quelqu'un qui ne veut pas s'y exposer puisse ne pas s'y exposer. Il devrait exister une légitimité de la volonté de ne pas s'exposer. Ne pas vouloir s'exposer à un cancérigène possible est tout de même légitime. Eh bien non, cela ne l'est pas aujourd'hui.

GT : C'est donc sous cette forme-là que vous le voyez. C'est un droit individuel conféré au sujet et qui peut aller jusqu'à des adaptations sur le lieu de travail...

AF : C'est surtout le fait que cela ne soit pas partout, le fait que ce soit discontinu au lieu d'être partout. C'est le fait que cela ne soit pas partout d'où découle une possibilité de ne pas s'exposer en allant là où cela ne se trouve pas.

GT : Vous seriez donc assez partisane du principe ALARA, c'est cela ?

AF : Oui.

GT : Le principe ALARA n'est pas tout à fait la même chose.

AF : Non, ce n'est pas tout à fait la même chose. J'aimerais vraiment qu'on arrête de partir du principe que les usages sont les usages et qu'on ne va pas y toucher, et que dès lors, il faut chercher une petite modération de l'exposition avec tout ce qui est techniquement possible, mais dans le cadre des usages actuels, le fait que l'on s'interdise de questionner les usages. Il faut prendre les choses dans l'autre sens. Étant donné que quelque chose est au moins potentiellement nocif, il faut définir les usages qui sont compatibles avec une exposition raisonnable. Il ne faut pas partir du principe que les usages sont là et qu'il faut s'y adapter. Non, si l'on expliquait aux gens que ce n'est pas bon, ils changeraient d'usage.

GT : Je vous comprends bien. Ce n'est pas du tout le principe ALARA, mais plutôt une tendance vers des zones blanches.

AF : Non, pas des zones blanches. Je voudrais que partout, on soit moins exposé.

GT : Le fait d'être moins exposé partout est le principe ALARA, c'est-à-dire qu'on ne remet pas en cause les usages, alors que quand vous dites que vous voudriez que cela ne soit pas partout, je pense que cela correspondrait plus à des idées de zones relativement...

AF : Non, parce que la zone blanche signifie : il existe une zone blanche là, tu y vas et tu nous laisses la paix. Non, ce n'est pas cela. Ce que je voudrais, c'est que chacun puisse continuer de mener une vie normale, et une vie normale, ce n'est pas aller dans une zone blanche de quatre kilomètres carrés dans l'Ardèche.

GT : Dans les promoteurs... On m'a demandé de suivre le projet...

AF : Il faut des zones blanches, mais ce n'est pas l'alpha et l'oméga. Ce n'est pas « il existe des zones blanches, fin de l'histoire ». Non.

GT : Nous avons bien compris cela. Effectivement, il peut y avoir un risque de ghettoïsation ou de choses comme cela.

AF : Voilà. Je ne veux pas de ghettoïsation, d'autant que je relie la problématique des EHS avec celle de l'exposition générale de la population et des dangers qui existent pour celle-ci. C'est pour cette raison que je regrette que le sujet EHS ait été disjoint du rapport sur les ondes et la santé. Au travers des EHS et au travers de leur situation, on doit aussi prendre garde à moins exposer la population générale.

GT : D'accord, mais les risques que l'on peut maintenant envisager, sur lesquels il existe des informations contradictoires, sont tout de même des risques à très long terme alors que les EHS sont actuellement présents dans la société.

AF : Oui, mais le court terme est un problème de long terme. Le long terme finira bien par arriver, comme pour le réchauffement climatique. Pour éviter la catastrophe à long terme, il faut s'y prendre maintenant. Le long terme commence aujourd'hui.

GT : Nous avons parlé des zones blanches. Que pensez-vous de la réalisation de l'immeuble pour EHS de Zurich ?

AF : C'est déjà mieux. Cela permet le maintien en milieu urbain normal.

GT : Il arrive maintenant une question qui rejoint ce que vous nous disiez à propos du choix et de la liberté de ne pas s'exposer. Cela rejoint à mon avis la question de : reconnaître l'hypersensibilité comme handicap.

AF : Je ne suis pas contre. Il est certain que sur l'idée, on n'aime jamais être handicapé, mais tout de même, c'est une reconnaissance et cela interpelle sur la responsabilité globale, sur l'adaptation, etc. Oui, je suis plutôt pour. Tout plutôt que l'affreux silence qui existe maintenant.

GT : Quelles pistes de recherche vous paraissent intéressantes actuellement, vous paraissent prioritaires dans les appels à projets de l'Anses ? Voyez-vous des projets qui vous paraîtraient intéressants, plus que d'autres, sur les mécanismes, sur les traitements ?

AF : Il y a à la fois les recherches sur les éléments causaux qui peuvent être Lyme, les métaux lourds, etc., sur les mécanismes comme le stress oxydant, et surtout le mieux-être, ce qui peut aider à mieux vivre au quotidien. Par exemple, sur le phénomène inflammatoire, je me suis faite opérer pour tout à fait autre chose et ensuite, j'ai eu des anti-inflammatoires. Pendant que j'étais sous anti-inflammatoires, je ne sentais rien. C'est donc quelque chose d'inflammatoire. C'est une piste de recherche.

GT : Que pensez-vous du statut des EHS dans les autres pays européens ? Vous êtes peut-être mieux placée que d'autres pour donner votre opinion sur cette question.

AF : Non, je ne suis pas suffisamment documentée.

GT : Il y avait ensuite une question sur les associations, mais qui est tombée d'elle-même suite à la création, au mois d'octobre, de l'alliance qui réunit toutes les associations sur les pathologies environnementales. Au sein de notre groupe de travail, nous nous interrogeons sur la multiplicité des associations. Au moins sept ou huit gravitaient autour de cette question.

AF : Oui, il y en a trop.

GT : Maintenant, toutes ces associations sont regroupées dans une seule.

AF : Oui, c'est le monde associatif et c'est donc très dominé par les personnes... Tout ce qui va vers l'union est un progrès, bien sûr.

GT : La dernière question qui nous concerne est celle de la confiance. Nous avons perçu que les personnes comme vous, qui souffrent d'hypersensibilité électromagnétique, n'ont pas une grande confiance ni dans les institutions ni dans le système de santé tel qu'il fonctionne actuellement.

AF : Bien sûr. Regardez, je suis une fille du Distilbène. Regardez ce qui s'est passé pour le Distilbène, pour le Médiateur, pour l'amiante. Comment peut-on avoir confiance ? Le paradigme n'a

pas changé. Je ne suis pas naïve, il y a d'énormes intérêts financiers, commerciaux, industriels. Il y a donc un mauvais vouloir. C'est presque normal, mais c'est très triste.

GT : Cela, c'est vis-à-vis des pouvoirs publics, mais vis-à-vis du système de soins...

AF : Le système de soins fait partie des pouvoirs publics.

GT : Dans une période encore récente, il y avait tout de même une médecine libérale qui disposait d'une certaine autonomie.

AF : Par rapport aux laboratoires, je ne suis pas sûre, quand on voit comme cela fonctionne.

GT : Vous mettez l'ensemble, le corps médical dans le cadre des pouvoirs publics vis-à-vis de cette question, c'est cela ?

AF : Il n'existe pas tellement de prises de pouvoir différentes. Je ne demande qu'à voir l'indépendance. L'indépendance est aujourd'hui dans certains individus, mais elle n'est pas dans les institutions. Le rapport de l'année dernière a été extrêmement décevant.

GT : À quel point de vue l'avez-vous jugé décevant ?

GT : En quoi en particulier a-t-il été décevant selon vous ?

AF : C'était le « couvercle sur le chaudron ». « Il n'y a rien à voir, il n'y a pas de problème. Ce sont des effets biologiques, mais qui sont réversibles. » Comment un effet biologique peut-il être réversible quand l'exposition est partout ? À peine quelque chose a-t-il été mis en évidence qu'il est noyé sous une formule lénifiante. Le fait que de nombreuses études soient écartées parce qu'elles ne portent pas sur les humains, etc. On a fait en sorte d'arriver où l'on voulait arriver, c'est-à-dire ne pas inquiéter le bon peuple pour qu'il achète de la 4G.

GT : Je pense que vous nous prêtez là des intentions qui ne sont pas justifiées. Dans notre groupe, je ne pense pas qu'il y ait la moindre personne à avoir des intérêts dans la 4G. La plupart sont des scientifiques. Bien sûr, ils n'ont pas d'expérience directe et c'est la raison pour laquelle sur l'EHS, nous jugeons très important le fait d'écouter des patients et d'essayer de voir comment ils vivent cela vraiment sur le terrain.

AF : Ils le vivent mal.

GT : Bien sûr, nous le savons. Nous essayons d'approcher au mieux. Qu'est-ce qui pourrait, à votre avis, améliorer la confiance ?

AF : Que l'on reconnaisse qu'il existe un phénomène qui, à tout le moins, se présente comme cela, et que l'on n'attende pas un consensus – qui n'arrivera pas, parce que l'industrie est là pour produire du doute, comme elle l'a fait sur le tabac – pour agir ; que l'on prenne des mesures dans l'incertitude, car l'incertitude est au moins là aujourd'hui ; que l'on n'attende pas que tout soit blanc pour passer du noir au blanc et qu'on agisse un peu dans le gris.

AF : J'ai une réunion et je vais devoir y aller.

GT : Nous sommes arrivés à la fin du questionnaire, c'est parfait. Nous vous remercions infiniment. À bientôt.

AF : Je vous remercie. Au revoir.

Précisions apportées par Mme Fontana à la suite de l'audition :

- sur mon interprétation du principe de précaution, c'est : 1) pas d'exposition aux ondes sans utilité réelle et surtout 2) utilisation systématique de l'alternative filaire quand elle existe, notamment dans les écoles pour les ordinateurs.
- je ne voudrais vraiment pas que mon exemple soit récupéré pour dire : voyez on peut s'adapter, on peut se soigner, etc. Je fais surtout comme ça parce que je ne peux pas faire autrement. Ma vie est de très mauvaise qualité.

- on nous reproche de ne pas faire confiance mais nous jugeons avant tout sur les résultats concrets. Or aujourd'hui concrètement il n'y a rien, on doit se débrouiller tout seul et les pouvoirs publics sont dans le déni de notre maladie. Comment après cela penser que nous pourrions avoir confiance ?
- ça ne sert à rien de dire aux EHS que leur maladie n'existe pas, qu'elle n'est pas prouvée par les études. Ils savent bien qu'ils sont EHS, ils le vivent tous les jours !!

Auditions des associations FNE et Le Lien - 15 janvier 2015

Étaient présents :

Experts du Groupe de Travail (GT)

Membres de l'Anses (Anses)

Invités : José Cambou (JC) (FNE) et Madeleine Madoré (MM) (Le Lien)

Un tour de table est effectué.

JC : Bonjour. Je suis secrétaire nationale de l'association France Nature Environnement (FNE), où j'exerce également la responsabilité des questions liées à la santé et à l'environnement. Nous nous intéressons depuis un certain temps aux ondes électromagnétiques, et pas uniquement aux ondes utilisées en téléphonie mobile. Nous avons été submergés de demandes à propos de la téléphonie il y a déjà plusieurs années, que ce soit par l'intermédiaire du grand public ou des associations locales. Généralement, ces saisines étaient portées par des personnes qui ressentaient une peur profonde liée à la téléphonie. Il ne s'agissait pas des téléphones portables, bien entendu, mais des antennes-relais. Nous avons participé au Grenelle de l'Environnement, au cours duquel nous avons abordé la question des technologies potentiellement porteuses de risques. Nous ne sommes pas spécialement focalisés sur la téléphonie. Nous avons abordé des questions telles que les nanotechnologies ou encore l'ubiquité de plus en plus conséquente des problèmes liés aux ondes en général. Nous avons ensuite participé à la table ronde « ondes et santé » (appelée aussi « téléphonie et santé » ou « Grenelle des ondes »), qui avait été organisée sur une initiative conjointe de trois ministres. Parmi les points que nous avons abordés figurait le problème des hypersensibles aux ondes.

Notre position reposait sur le fait que l'on ne pouvait pas nier que des personnes étaient malades, et qu'il fallait essayer de comprendre les phénomènes en jeu tout en prenant en charge les malades. Nous avons maintenu cette double position par la suite. Nous n'avons pas rencontré de discours parfaitement clair qui aurait pu nous aider à comprendre les phénomènes qui débouchent sur ces problèmes de santé. Nous avons effectué une analogie – peut-être à tort – avec l'hypersensibilité chimique. Or dans le cas de l'hypersensibilité chimique, à travers les témoignages d'un certain nombre de soignants (voire de chefs de service de CHU), nous avons pu observer des évolutions très rapides : des personnes peuvent développer brutalement des formes d'intolérance aux produits chimiques, pouvant déboucher sur une incapacité permanente au poste de travail. Nous n'avons pas des compétences scientifiques qui nous permettraient d'apporter des explications. Nous nous interrogeons fréquemment sur la réalité de ce phénomène et sur les actions qui sont possibles pour aider les malades. Nous avons été interpellés par des acteurs qui souhaitaient que l'on établisse des zones « blanches », où les hypersensibles pourraient vivre dans de meilleures conditions, mais nous avons du mal à voir comment de telles zones pourraient être conçues. Il existe en effet une grande variété d'ondes à l'heure actuelle. À moins que la connaissance scientifique permette d'identifier certaines ondes particulières comme responsables de l'hypersensibilité...

Nous avons également reçu des témoignages spontanés, auxquels nous sommes assez attentifs, car nous ne nous occupons pas seulement de la santé humaine. France Nature Environnement s'intéresse en premier lieu à la biodiversité et à l'environnement dans lequel les hommes et les femmes vivent. Je me souviens des premiers témoignages spontanés des installateurs d'antennes. Naturellement, je ne parle pas des patrons, mais des techniciens qui interviennent sur

le terrain. Ces témoignages m'ont beaucoup intéressée : certains ont observé par exemple que les pigeons avaient complètement abandonné certains toits sur lesquels ils intervenaient depuis un certain temps. L'un des témoins m'avait décrit une grande terrasse où les pigeons avaient coutume de se poser, et à laquelle ils préfèrent aujourd'hui une autre zone située complètement à l'opposé. Il m'avait rencontrée dans des endroits où il m'avait vu lire de la documentation, ce qui l'avait incité à apporter son témoignage. Il estimait qu'il était bizarre que les opérateurs n'avertissent les installateurs d'aucun risque sanitaire alors que les pigeons ne semblent guère apprécier les antennes-relais. En dehors des personnes qui se déclarent hypersensibles, les salariés des secteurs concernés aimeraient avoir des réponses à leurs questions.

Voilà ce que je souhaitais dire pour démarrer notre échange.

MM : Tout d'abord, je vous prie de bien vouloir m'excuser pour mon retard. Traverser Paris était une entreprise difficile aujourd'hui... Heureusement, j'ai fini par arriver. Pour ma part, je représente l'association Le Lien au sein du conseil d'administration de l'Anses, ainsi que dans plusieurs groupes de travail (COT ou comités de dialogue). Par ailleurs, je suis très impliquée dans les problèmes rencontrés par les riverains des antennes-relais, et ce depuis 1999. J'ai été à l'origine de la création d'une association qui visait à comprendre les plaintes de certains riverains de mon quartier qui commençaient à ressentir des troubles. C'était en 2000 et à l'époque, les informations étaient rares dans ce domaine. J'ai une formation scientifique – je suis diplômée en pharmacie. J'ai eu la chance, en 1994, de valider un DU de médecine environnementale à Lariboisière (c'était le seul en France à l'époque). J'avais donc déjà quelques connaissances dans le domaine des champs électromagnétiques et je savais que les antennes-relais étaient capables de produire ce genre de champs. Notre association a pu recueillir de nombreux témoignages de riverains. Des collègues chercheurs et médecins m'ont rejointe à cette époque, et nous avons pu lancer des enquêtes citoyennes en différents lieux. À l'époque, je ne pense pas que l'on puisse dire que les citoyens étaient correctement informés sur le sujet, qui n'était d'ailleurs pas souvent abordé dans les médias. Pourtant, beaucoup de personnes se plaignaient de troubles.

J'ai été motivée en premier lieu par ma curiosité scientifique. Sur ce sujet, les connaissances scientifiques pour le public étaient pratiquement inexistantes. Les informations étaient très difficiles à obtenir et une espèce d'omerta régnait. Mes démarches se concluaient souvent par une fin de non-recevoir. Les antennes-relais étaient installées « à la hussarde » et il n'y avait pas lieu de s'inquiéter.

J'avais tout de même pu obtenir des informations de santé publique, par l'intermédiaire de circulaires telles que celle que j'ai apportée – je la joindrai au dossier. Ces documents ont éveillé mon attention. Je cite une circulaire datée de 1999 et destinée aux gestionnaires de parcs HLM : « *Il ne peut être établi qu'il n'existe aucun risque compte tenu du développement récent de ces technologies* ». Dans ce document, la DGS apportait le conseil suivant : « *Afin notamment de tenir compte de la sensibilité des prothèses réactives aux radiofréquences, et d'un certain excès manifeste d'implantations sur des balcons, (...) [il est recommandé] que les émetteurs qui sont fixés sur des balcons entraînent une restriction d'usage totale ou partielle de ces balcons, voire dans certains cas, de certaines pièces d'habitation.* » Une telle circulaire de la part de la DGS ne pouvait qu'éveiller ma curiosité.

Ma première démarche a consisté à recueillir des informations auprès des opérateurs. Dès 1998, ils disposaient d'études qui montraient de possibles effets biologiques – indépendamment des éventuels effets sanitaires. Je vous en fournirai également la liste, qui est assez édifiante. Je tenais aussi à vous montrer quelques photographies. Des antennes-relais étaient installées sur des balcons, et pouvaient être directement touchées par les habitants. Des cuisines, des salles à manger et des chambres d'enfants se trouvaient à proximité immédiate de ces antennes. On peut voir ici la photo d'une antenne-relais installée sur une terrasse où jouent des enfants. Ces situations étaient assez aberrantes, et cela a suscité des questions de la part de nombreux riverains.

J'ai été auditionnée assez rapidement par l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST). D'ailleurs, quelques antennes ont été retirées à la suite

de cette intervention – nous avons communiqué les adresses. On nous a informés que l'hypersensibilité était reconnue. C'était en 2002. Je vous recommande la lecture de ce rapport, où j'avais noté de nombreux détails intéressants (des prises de position de certaines personnalités). Par exemple, Lucien Abenahim, qui était directeur de la DGS à l'époque, se déclarait favorable à une évaluation préalable à la mise sur le marché de produits voués à une large utilisation. J'avais demandé à Bernard Veyret quelle était la différence entre un effet biologique et un effet sanitaire – je pose toujours cette même question depuis des années, car je tiens à avoir une réponse scientifique – et il m'avait donné une réponse intéressante que je vous invite à lire page 162 du rapport : « *Un effet biologique, c'est un effet d'une variation d'un paramètre biologique (dans la limite des variations physiologiques). Un effet sanitaire, c'est un effet inverse, c'est-à-dire que l'on peut sortir des limites physiologiques ou bien y rester, mais avoir des variations qui durent et peuvent avoir des conséquences sur la santé et sur le bien-être (au sens de la définition de l'OMS). Si par exemple quelqu'un ressent un symptôme subjectif, qui est une gêne transitoire, j'appellerais cela un effet biologique au moment de l'exposition, tandis que si cette gêne est ressentie systématiquement pendant des années, cela devient un problème de santé pour la personne qui l'a.* » Ces propos sont sortis de la bouche de M. Veyret et ils me semblent donc importants pour le groupe de travail – tout le monde parmi vous le connaît.

Enfin, le rapporteur de l'étude Reflex (publiée en 2005), le Professeur Adlkofer, décrivait les champs électromagnétiques produits par les antennes-relais de téléphonie mobile en faisant état de « *mécanismes physiologiques, qui pourraient être à la base de désordres fonctionnels ou de maladies chroniques chez l'animal et chez l'homme.* » Cette phrase est passée pratiquement inaperçue, car l'étude Reflex a été assez peu souvent évoquée.

Par ailleurs, je suis membre de l'association Le Lien, qui travaille en étroite collaboration avec les instances sanitaires sur la question du droit des patients. J'en reviens aux électrosensibles, qui sont pour moi des patients au même titre que ceux atteints par d'autres pathologies, actuellement les EHS ont tendance à ne pas être considérés comme des patients mais plutôt comme des victimes. Je juge cela intolérable. Le Lien s'efforce, depuis des années, d'améliorer autant que possible les conditions de sécurité des parcours de soins – quel que soit l'usager. J'ai été présidente du Lien à une certaine époque et j'ai été sollicitée à l'époque par le collectif des électrosensibles, qui me demandaient s'ils pouvaient être protégés des champs électromagnétiques en milieu hospitalier. Ce sujet soulève donc une double problématique : la santé environnementale et la sécurité des soins. Il s'agit surtout de prévenir les événements indésirables associés aux soins. Les électrosensibles subissent, eux, des effets indésirables associés à l'environnement. Ce que nous faisons avec la loi de santé publique et avec la stratégie nationale de santé, consiste à mettre en avant le rôle pivot du patient, co-acteur de ses soins, expert de sa pathologie et patient-traceur. Nous ne savons pas jusqu'où cela ira, mais il s'agit bien de mettre le patient au centre de la réflexion sur sa pathologie, afin d'éviter la survenue d'éléments indésirables. Beaucoup de groupes de travail étudient ce genre de questions. Je fais partie d'un de ces groupes sur « la mission de ville » à la HAS. Pourquoi n'adopterions-nous pas ce genre de démarches pour des pathologies liées à un environnement ? En dépit du fait que pour de nombreuses pathologies, la cause réelle n'est pas encore connue, le corps médical est tout de même capable de soigner les patients et ne considère pas les EHS comme des affabulateurs.

En tant que professionnelle de santé et personne intéressée fortement par la santé environnementale, je m'interroge sur la façon dont les électrosensibles doivent être considérés. Je vous remets une liste des symptômes évoqués par les personnes qui se déclarent électrosensibles. J'ignore si vous avez déjà évoqué la question...

JC : Nous n'en avons pas parlé et je n'aurais pas pu en parler, car le fichier ne m'est pas parvenu. Je découvre l'existence de ce document, qui aurait pu m'aider. J'ignore ce qui s'est passé.

MM : Mon intervention vise plutôt à imaginer la situation de l'Anses. Nous sommes animés par une curiosité scientifique. Pour les médecins, le problème est différent, car il s'agit de prendre en charge les patients. Vous vous interrogez sur la façon dont les électrosensibles étaient pris en

charge à l'hôpital Cochin. Nous avons fortement réagi au fait que cette étude était basée sur le postulat selon lequel le traitement psychiatrique des patients électrosensibles était indispensable.

JC : Il s'agit là d'un discours récurrent.

MM : Les patients se plaignent en effet d'être considérés comme atteints d'un trouble psychiatrique. Ils sont victimes d'errance médicale, ce qui entraîne des complications pour eux comme pour la société – car leur prise en charge finit par coûter très cher – alors que l'on aurait pu approcher leur problématique d'une autre façon. J'étais assez contente de voir que l'Anses auditionnait les associations de patients. Je me suis demandé ce que nous pourrions faire. Pourquoi ne pas essayer d'organiser une sorte de « réseau sentinelle » correspondant aux maladies environnementales émergentes, dont l'électrosensibilité ? Vous n'êtes pas sans savoir que nous avons créé l'alliance des maladies environnementales émergentes dernièrement. Elle rassemble les chimicosensibles, les fibromyalgiques, les personnes atteintes par le syndrome de fatigue chronique, et de toutes ces maladies dont on tarde à chercher les causes. Cette alliance nous permet d'avoir des repères – nous avons réalisé un important travail de bibliographie et un rapport est d'ailleurs disponible sur notre site. Nous ne faisons pas partie des « sachants », mais nous cherchons à collaborer avec eux. Pourquoi ne pas organiser un « réseau sentinelle » par l'intermédiaire des généralistes, comme cela existe déjà pour l'épidémie de grippe ? Nous pourrions faire de même pour toutes les maladies environnementales (au sens large), et pour les électrosensibles en particulier. Ce réseau serait géré par les généralistes, en lien éventuellement avec l'Anses et des scientifiques (chercheurs, universitaires), des associations de patients, etc. Les patients doivent être considérés comme des co-acteurs de ce travail, et non comme des cobayes !

L'Anses a prévu une étude exploratoire depuis un certain temps. Je m'en réjouis. Les études biologiques montrent certains effets sur les animaux – même si le groupe de travail n'en a pas retenu beaucoup –, mais elles sont toujours entachées d'incertitude lorsqu'il s'agit d'extrapoler les résultats à l'Homme.

JC : Tu as raison, mais dans de nombreux domaines, on ne cherche pas à savoir si l'extrapolation est possible ou non.

MM : Malheureusement, de très bonnes études biologiques ont été menées chez les animaux, mais leurs conclusions ne sont pas extrapolables à l'homme. Ces études mettent en évidence des effets physiologiques. Je reviens à la citation de M. Veyret : lorsque des problèmes physiologiques commencent à apparaître, on a pleinement affaire à une problématique de santé. La limite entre les effets biologiques et les effets sanitaires est arbitraire. Elle n'est pas scientifiquement établie. Il s'agit d'un élément d'argumentaire, mais il reste arbitraire, voire subjectif. Pour moi, le plus intéressant serait donc de développer des observations d'effets sur l'Homme, ainsi que sur les animaux et les végétaux, dans des situations d'exposition au quotidien. Il m'importe peu de savoir si c'est tel opérateur, ou telle fréquence, etc., qui sont à l'origine des problèmes d'électrosensibilité. Il faut donc que les études exploratoires soient organisées sur des lieux de vie et sur des lieux de travail où des personnes se sont plaintes de problèmes d'électrosensibilité. Ce « réseau sentinelle » aurait également pour mission de diligenter des études à ce niveau, chaque fois qu'une plainte sera recensée.

Pour suivre ces plaintes, je pense qu'il serait intéressant de recourir aux ARS. Nous savons que la vigilance sanitaire est encore très mal organisée – nous y travaillons activement. Les ARS, en tant que structures régionales, nous semblent être un choix pertinent. Il faut que les électrosensibles disposent d'un lieu pour signaler leur cas en toute simplicité. Nous pourrions ensuite voir si l'électrosensibilité est un phénomène réel, s'il est en rapport ou non avec tel ou tel facteur. Pour l'instant, il me semble qu'il faut reconnaître avec honnêteté que nous n'avons pas suffisamment d'éléments. Les patients savent pour leur part s'ils ont un problème, comme un patient qui se plaint d'une douleur résiduelle à la suite d'une opération. Si l'écoute n'est pas suffisante après un acte chirurgical, le patient risque d'être victime d'un incident. Nombreux sont les cas où de tels incidents se produisent à cause d'une écoute insuffisante de la part des praticiens. Je considère que nous nous situons dans le même cas de figure. Je vous ai d'ailleurs apporté un cas d'école qui peut tout

à fait s'appliquer aux électrosensibles. Les patients ne sont pas toujours écoutés à cause d'une suspicion de subjectivité permanente. C'est sûrement peut-être parfois le cas, mais ma curiosité a été éveillée, entre autres, par le fait que nous avons remarqué un nombre de décès d'animaux domestiques relativement important dans les habitations où des personnes s'étaient déclarées électrosensibles. Nous avons également pu voir des perturbations au sein d'élevages voisins de pylônes téléphonie mobile. Je pense que l'humain ne fait pas exception à la règle, et qu'il est susceptible, lui aussi, de subir les effets des ondes.

Depuis 2000, nous sommes à peu près dans la même situation : nous nous interrogeons toujours à propos des problèmes générés par les ondes. Je reconnais l'ouverture d'esprit dont l'Anses fait preuve. J'ai parfois des difficultés à comprendre certains discours – vous avez eu quelques exemples de mes réactions spontanées. Pour être honnête vis-à-vis de la société civile, il me semble qu'il faut commencer par déclarer que nos connaissances sur le sujet sont insuffisantes.

Vous vous interrogez sur la façon dont on pourrait améliorer la confiance des électrosensibles envers les différents acteurs. La priorité est pour moi d'éviter le déni et la psychiatrisation à outrance. Il faut être suffisamment à l'écoute et avoir l'intention de mettre en place des mesures correctrices. Comment ne pourrait-on pas assister à une perte de confiance lorsque, depuis 2000, les électrosensibles s'adressent aux instances sanitaires, et que la HAS répond que le problème n'est pas de sa compétence, que la DGS se contente d'écouter – nous avons été reçus plusieurs fois –, mais ne donne pas suite, que l'InVS nous répond qu'il ne dispose pas d'outils pour réaliser des études épidémiologiques, que l'Ineris adopte une posture similaire...

JC : Il y aurait de la confusion...

MM : L'Ineris nous explique que la modélisation des expositions fait encore l'objet de recherches, que ce domaine est trop complexe, et qu'il est encore impossible de déterminer l'exposome. En outre, une difficulté réside au niveau de la dosimétrie individuelle. Je pense que les électrosensibles peuvent être inquiets, car nous ne sommes pas près de découvrir l'origine de leur problème. Il ne s'agit donc pas d'un problème de confiance ; de fait, les électrosensibles sont laissés pour compte par les instances sanitaires.

Pour faire partie de groupes de travail à la HAS, je pense qu'il existe une analogie avec les événements indésirables associés aux soins. Il n'existe pas de département de la DGS consacré à la santé environnementale. Je ne prétends pas que les autorités ne prennent pas en compte nos requêtes, mais nous restons sans solutions.

J'ai toujours été gênée par la question du handicap. Le Lien défend les personnes handicapées par des incidents associés aux soins (maladies nosocomiales, erreurs chirurgicales, etc.). Je vois le mal-être de ceux qui sont obligés d'en passer par un procès. Pour les électrosensibles qui ne sont toujours pas reconnus, ce doit être assez épouvantable de devoir réaliser un parcours du combattant pour faire reconnaître un handicap pourtant bien réel dans leur vie quotidienne. La commission des indemnisations ne dispose pas de critères pour les handicaps liés à l'environnement. Je ne pense pas que le corps médical puisse ignorer la santé environnementale dans le monde actuel.

Je déborde quelque peu du cas des électrosensibles, mais il me semble qu'il faut considérer le problème d'une manière plus générale. Il est reconnu que certains troubles qualifiés de psychosomatiques sont susceptibles de déboucher sur des maladies chroniques. Les étudiants en médecine apprennent cela. À un certain stade, ces maladies peuvent être irréversibles. Ces maladies chroniques non transmissibles représentent une crise sanitaire mondiale. Ces maladies environnementales (électrosensibilité, chimiosensibilité, etc.) risquent donc de déboucher sur des problèmes sanitaires beaucoup plus graves. Ce serait le moment de mettre en œuvre une politique de prévention dans ce domaine. Nous n'en sommes pas encore au stade de pouvoir proposer des mesures de prévention primaire, mais il faudrait à tout le moins imaginer des mesures de prévention secondaire, au lieu de rester confinés, comme actuellement, à la prévention tertiaire, c'est-à-dire une fois que la maladie est installée. Tout ce que l'on peut faire, c'est essayer d'éviter les récurrences et la dégradation de l'état des patients. Il est dommage d'avoir attendu si longtemps, car les signes précoces ne manquaient pas. Le Lien travaille sur la prévention primaire, ce qui

signifie qu'il s'agit d'éviter l'apparition de la maladie en supprimant sa cause. Cela me semble être l'objectif de la médecine.

Je tiens à rester sur cette position. La controverse à propos des champs électromagnétiques, j'en ai soupé ! D'ailleurs, j'avais émis des remarques au sujet du dernier rapport de l'Anses. J'avais trouvé qu'il était relativement anormal de ne pas avoir prévu l'application d'un nouveau paradigme d'expertise, comme cela avait été le cas pour le BPA. J'avais par ailleurs estimé que la différenciation entre les effets biologiques et les effets sanitaires était arbitraire, et que le lien entre les troubles et la survenue de maladies chroniques n'était pas suffisamment mis en exergue. Par ailleurs, les modèles expérimentaux qui avaient été retenus pour l'analyse du groupe de travail ne concernaient que les souris, et pour ma part, je souhaitais que des études soient menées sur d'autres espèces animales, en particulier les aviaires, mais aussi sur les grenouilles, sur les abeilles, sur les végétaux, etc. J'avais vu que quelques études avaient déjà eu lieu pour les abeilles. La biodiversité figure aussi parmi les domaines de compétences de l'Anses et si les champs électromagnétiques affectent les animaux, le problème intéresse donc l'Anses.

J'attire par ailleurs votre attention sur la non-remise en cause des valeurs limites d'exposition qui ont été définies aux alentours de 1998. Je suis très étonnée qu'en 2015, nous conservions les mêmes valeurs, étant donné que dans l'intervalle, l'exposome lié aux champs électromagnétiques a beaucoup évolué. Je suis donc étonnée que l'Anses ne cherche pas à revoir les valeurs des seuils d'exposition. Je m'interroge d'ailleurs sur les études qui ont permis d'établir ces valeurs limites d'exposition. Ce genre d'information est très important pour nous, associations. Pour ma part, j'ai retrouvé certains documents, mais ils ne me semblent pas être représentatifs des expositions quotidiennes aux champs des antennes relais. J'espère que je me suis trompée... C'est une question que je pose à l'Anses directement¹². Le groupe de travail est assez exigeant sur la qualité des études éligibles – ce que j'approuve –, mais je me demande si c'est le même niveau d'exigence qui a été appliqué à ces fameuses études qui ont permis l'établissement de ces valeurs limites d'exposition.

Le Lien aimerait également que l'Anses travaille sur les phénomènes d'antibiorésistance. Les champs électromagnétiques pourraient-ils influencer sur la croissance bactérienne ? Je sais en effet que les industriels utilisent parfois les champs électromagnétiques pour faire croître les populations de bactéries dans certaines conditions. En milieu hospitalier, les champs électromagnétiques pourraient favoriser la prolifération de certaines bactéries ou les rendre plus résistantes aux traitements antibiotiques. D'ailleurs, il s'agissait d'une des premières questions de la lettre d'intention du Lien. Je suis d'ailleurs partenaire d'un travail de la DGS sur le plan de surveillance de l'antibiorésistance et sur le microbiote.

Il est compliqué actuellement d'intégrer les électrosensibles dans les parcours de soins à l'hôpital. Ils sont en situation d'insécurité.

JC : J'ai été pour ma part frappée par les positions que nos interlocuteurs ont adoptées lors de la table ronde « téléphonie et santé ». Nous avons face à nous des représentants de l'État et de la DGS, qui affirmaient l'absence d'effets et que les prétendus malades étaient en réalité atteints par des troubles psychiatriques. Nous avons été quelques-uns à nous battre pour qu'ils soient pris en charge, quand bien même leur cas relèverait de la psychiatrie. Pourtant, en sciences, avant de pouvoir affirmer qu'un phénomène n'existe pas, il semble nécessaire avant tout de se pencher sur la question. Nous avons donc été assez choqués par la tournure des événements.

J'en reviens à la similitude avec les chimicosensibles. Je ne sais pas si le problème est de même nature, mais il est tout de même curieux que du jour au lendemain, des individus deviennent sensibles à des produits qu'ils toléraient jusqu'alors. Peut-être ont-ils atteint une dose limite que leur organisme est capable de supporter.

¹² précision apportée après relecture du verbatim : de présenter, lors d'un Comité de dialogue par exemple, les études qui ont servi à l'établissement des seuils d'exposition

Cela fait longtemps que nous souhaitons que les signalements soient pris en compte. La loi sur les lanceurs d'alerte prévoit des dispositions, et des décrets d'application ont été publiés à la Noël (pour la partie qui ne relevait pas du secteur professionnel). Il faudrait faire en sorte que les alertes lancées puissent être considérées comme recevables. Il faudrait prévoir un processus de vigilance – après tout, l'Anses sera responsable d'un processus de phytopharmacovigilance.

Tu n'as peut-être pas tort de faire référence aux ARS, mais j'ai moins confiance en elles, pour avoir fréquenté certains directeurs généraux d'ARS, dont certains sont extrêmement éloignés de la santé environnementale – allant jusqu'à saboter les équipes chargées de ces sujets à leur entrée en fonction. Si cela peut fonctionner dans certaines régions, pourquoi pas ?

MM : Mon idée des ARS vient du fait que ce sont des agences régionales.

JC : Il n'existe guère d'autre outil, de toute façon.

MM : Naturellement, comme partout, l'efficacité du dispositif dépendrait de la personnalité des acteurs.

JC : Il faudrait aussi réfléchir à la façon de transmettre les informations aux personnes intéressées. À l'époque de l'Inpes, nous avons connu de grandes difficultés lorsqu'il s'est agi d'élaborer des supports d'information pour le grand public sur la question de la téléphonie. Nous nous sommes battus pendant des réunions entières pour que des conseils d'utilisation raisonnable du téléphone portable soient donnés, sans aller jusqu'à des affirmations péremptoires. Je n'ai jamais demandé que l'on annonce que les antennes-relais étaient des dispositifs dangereux ou que l'usage du téléphone portable provoquait des maladies au-delà d'un certain nombre de minutes par jour. Pour autant, le fait de prétendre que ces systèmes sont totalement inoffensifs serait totalement exagéré. Le travail d'un établissement public consiste à informer le grand public.

Nous avons affaire, d'une part, à des malades qui sont traités comme des affabulateurs, et d'autre part, à certains représentants de l'État qui se désintéressent ouvertement du sujet. Notre travail n'est pas facile dans ces conditions, et nos attentes à votre égard sont extrêmement fortes.

MM : Comme je l'ai déclaré plusieurs fois, l'Anses semble avoir hérité de la « patate chaude ». Il est gênant que le débat n'ait lieu qu'au sein de votre institution alors que ce sujet mériterait une réflexion pluridisciplinaire et interministérielle. Il faudrait construire une plate-forme consacrée à la santé environnementale, ce qui permettrait de relier les considérations environnementales et les questions sanitaires. Que l'Anses prenne à sa charge l'ensemble du sujet me semble peu sérieux, et je ne pense pas que la situation s'améliorera dans ces conditions.

JC : Sur ce sujet, nous sommes en désaccord. Avant de siéger au conseil d'administration de l'Anses, je faisais déjà partie de celui de l'Afsset. Je fais partie de ceux qui sont battus pour que la fondation sur les radiofréquences soit démantelée, pour que ses responsabilités soient transférées à une agence sanitaire et pour qu'un circuit de financement soit mis en place (pour éviter que le coût repose uniquement sur ceux qui gèrent le dossier). Je fais confiance au système des agences sanitaires. Même si certains points peuvent encore être améliorés, il me semble que l'Afsset, puis l'Anses, ont été suffisamment fiables. Heureusement, l'Anses dépend de plusieurs ministères de tutelle, ce qui présente certes quelques inconvénients, mais aussi de nombreux avantages – d'ailleurs, il est rare que des avantages ne soient contrebalancés par aucun inconvénient. Cette situation devrait nous permettre d'avancer le plus loin possible sur ce sujet au sein de l'agence. Dans d'autres instances où nous avons évoqué les problèmes liés aux ondes électromagnétiques, nous avons toujours pris soin de rappeler que les questions sanitaires étaient du ressort de l'Anses. Nous voulions différencier les éléments liés aux mesures physiques et à l'expérimentation et les problèmes de réglementation.

MM : L'hypersensibilité a cependant été « évacuée » du PNSE. Nous avons participé au groupe sur les risques émergents en amont du PNSE 2. Dans le PNSE 3, les hypersensibilités ont complètement disparu du programme. Je ne sais pas où on peut les retrouver...

JC : Le problème est que les plans d'actions ne sont guère efficaces s'ils se limitent à demander à l'Anses de continuer à travailler sur le sujet. Cela ne me semble pas relever du PNSE.

Anses J'aurai une question terre-à-terre : quel est votre point de vue à propos des zones blanches ? Pensez-vous que le fait de rassembler des EHS au sein de zones blanches pourrait engendrer des problèmes ?

JC : Comme je l'ai dit tout à l'heure, cela m'interpelle, car je me demande comment de telles zones pourraient être construites. Tout au plus pourrait-on avoir des zones blanches pour un certain type d'ondes. Vu la multiplication des sources, l'entreprise me semble très difficile sur le plan technique.

MM : Je me demande également si de telles zones existent encore.

GT : À certains endroits, on peut rencontrer des difficultés de réception des signaux pour le téléphone portable. Le problème est que théoriquement, il ne devrait pas exister de zones blanches étant donné que les opérateurs ont justement l'obligation à couvrir l'intégralité du territoire.

JC : Pour ma part, j'habite dans une maison du 19^e siècle avec des murs très épais, qui peut être considérée comme une zone blanche pour les téléphones portables, mais je suis tout de même exposée à des rayonnements électromagnétiques engendrés par le réseau électrique et par les différents appareils branchés dans ma maison. Ainsi, pour moi, le terme « zone blanche » n'a pas de sens.

MM : Je ne suis pas du tout partisane de réaliser des zones où l'on « parquerait » les électrosensibles. À mes yeux, une zone blanche doit être conçue dans un but précis : pour réaliser des travaux de recherche, par exemple. Je suis également favorable à ce que l'on prévoie des lieux pour que les EHS puissent « récupérer ». D'après ce que j'en sais, pour les électrosensibles, la disparition des troubles n'est possible qu'en supprimant complètement l'exposition aux ondes. Bien entendu, il faudrait toujours prévoir un accompagnement médical, car l'idée est que ces zones blanches aient une utilité pour les chercheurs.

GT : Nous pensons tous au projet qui est actuellement porté par Michèle RIVASI. Les EHS pourraient disposer d'un lieu où ils pourraient se ressourcer, pendant une durée qui serait de toute façon limitée – étant donné que ce lieu ne pourrait pas être maintenu ouvert à longueur d'année. Ce même lieu pourrait aussi être utilisé par des chercheurs. Deux idées s'affrontent : celle qu'il serait intéressant pour les EHS de disposer de lieux où ils pourraient se ressourcer, et celle selon laquelle il ne serait guère intelligent de regrouper des EHS dans des sortes de ghettos, ce qui pourrait avoir pour effet d'amplifier leur souffrance psychologique.

MM : Je connais le lieu auquel vous avez fait référence. Il est très isolé et les conditions d'accès sont difficiles. Comme je le disais, dans le cadre d'un protocole expérimental, l'idée peut être intéressante. En revanche, j'exclus l'idée de créer des zones blanches qui serviraient à « parquer » les EHS. Une mise à l'écart, même transitoire, me semble complètement inadaptée. C'est la Société qui doit trouver les limites acceptables pour que les personnes les plus sensibles puissent continuer à vivre. Cela passe par la création de zones dans lesquelles l'exposition aux ondes serait minimisée, mais où les électrosensibles pourraient mener une vie quotidienne normale. Il s'agirait aussi de diminuer les expositions dans les transports, les administrations, etc. J'ai d'ailleurs entendu qu'une loi allait être votée pour interdire le Wi-Fi dans les écoles maternelles (NDR : en réalité, cette disposition n'a pas été adoptée, mais les bornes Wi-Fi ont été interdites dans les crèches et les garderies).

JC : Il s'agit du projet de loi Abeille.

MM : Je suis donc davantage en faveur d'une diminution des expositions dans certaines zones. Je suis également intéressée par la création de zones blanches à l'hôpital.

GT : Nous en avons pris note. Cela me semble important, car l'un des arguments que certains EHS ont invoqués pour motiver leur refus de participer à des études comme celle menée à l'hôpital Cochin était qu'ils craignaient d'être exposés à des rayonnements électromagnétiques trop intenses à l'hôpital.

J'avais quelques questions à poser à Madeleine MADORÉ. Je souhaite en premier lieu la remercier pour son témoignage à propos des bonnes relations que l'Anses entretient avec son association. Vous avez participé à l'élaboration d'un programme d'investigation exploratoire, que nous venons de lancer. Nous avons discuté à l'époque du cahier des charges de ce projet.

Je suis très content que Jean-Pierre MARC-VERGNES ne soit pas là – je sais qu'il est très modeste –, car cela me donne l'occasion de souligner que dans le rapport de 2009, il avait mis en évidence la problématique des EHS. Nous avons été parmi les premiers à reconnaître que certains individus étaient malades, et que nous devons nous en occuper, même si nous ignorons les mécanismes de leur maladie.

J'ai noté que vous aviez employé le terme « exposome » à plusieurs reprises au cours de vos interventions. J'aurai quelques questions à vous poser à ce sujet. En tant que biologiste, je sais parfaitement ce qu'est le génome, mais je ne connais pas la définition du mot « exposome ».

MM : Il faudra la connaître ! Un groupe de travail a abordé ce sujet dans le cadre du PNSE 3.

GT : Je tairai le nom des collègues qui ont explosé de rire en entendant ce terme...

MM : Nous ne souhaitons pas perdre de temps. Si un sujet ne peut pas être abordé avec vous, autant passer à autre chose. Il sera très long d'obtenir des résultats à propos de l'exposome. La seule solution qui me semble praticable à l'heure actuelle est de mener des études exploratoires dans les lieux où des patients électrosensibles se sont déclarés. On peut toujours réfléchir à un seuil d'exposition pour une longueur d'onde donnée, le résultat ne sera pas représentatif de toute manière. L'exposome me semble être un miroir aux alouettes pour la communauté scientifique et nous risquons de perdre beaucoup de temps à explorer ce terrain. Tel était le sens de mon discours tout à l'heure, mais j'ai peut-être été un peu trop rapide.

JC : Pour moi, ce n'est pas un miroir aux alouettes. Lorsque l'on fait tomber de l'eau goutte à goutte dans un verre, il finit par déborder. Je pense que le déclenchement de certaines pathologies n'est peut-être pas lié à un seuil d'exposition, mais à l'accumulation de faibles expositions sur une longue durée. Je ne sais pas ce qu'il en est en réalité, mais cette idée mérite d'être explorée.

GT : Je ne pense pas que nous devrions nous attarder sur la notion d'exposome.

MM : Je suis intéressée moi aussi par les aspects cumulatifs.

GT : Si je comprends bien, l'exposome peut être défini comme le reflet des différentes expositions.

JC : Oui, et en tenant compte des expositions tout au long de la vie.

GT : Je travaille dans le domaine des ultra-violets (d'origine naturelle ou artificielle) et il apparaît clair que la plupart des lésions causées par ces rayonnements se réparent d'elles-mêmes très vite. On peut donc avoir affaire à des phénomènes d'accumulation, mais aussi à des phénomènes de « nettoyage » avec le temps. Quoi qu'il en soit, je ne pense pas qu'il soit intéressant de s'attarder davantage sur la notion d'exposome.

J'aimerais revenir sur la question de la distinction entre les effets biologiques et les effets sanitaires. Je ne suis pas complètement d'accord avec vous. Si en montant les escaliers, mon rythme cardiaque s'accélère, il s'agit d'un effet biologique, mais pas d'un effet sanitaire, car cela ne provoque pas pour autant une tachycardie chronique.

MM : Je suis d'accord pour considérer qu'un effet sanitaire, par définition, perdure dans le temps.

GT : Un effet sanitaire peut être considéré comme un effet délétère qui ne traduit pas une adaptation. En dépassant les capacités du corps, des lésions finissent par apparaître (avec éventuellement un effet cumulatif).

Vous avez évoqué tout à l'heure l'étude Reflex, qui a soulevé de nombreux problèmes. Ce n'est pas la plus intéressante à mes yeux. Une nouvelle fois, entre montrer un effet *in vitro* et démontrer l'apparition d'une pathologie, la différence est importante. On peut observer des ruptures des molécules d'ADN, dans des conditions qui restent à déterminer, mais des mécanismes de réparation ou d'apoptose peuvent intervenir. Le fait d'observer des effets biologiques, *a fortiori*

dans des conditions expérimentales, ne signifie pas forcément que l'on a affaire à un effet sanitaire. C'est ce que nous avons écrit en 2009 et mon opinion n'a pas évolué depuis.

MM : Je ne suis pas du tout en désaccord avec votre discours. J'observe tout d'abord que ces effets biologiques sont mesurés chez l'animal et non chez l'homme.

GT : Pour l'étude Reflex, les sujets étaient humains.

MM : Les effets biologiques sont étudiés sur une durée limitée, mais qu'en est-il pour une exposition à long terme ? Pensez-vous que l'on puisse analyser une exposition prolongée de la même façon d'une exposition ponctuelle en laboratoire ? Je ne pense pas. Je pense que si les individus sont soumis à des effets biologiques qui perturbent sa physiologie en permanence, un phénomène cumulatif n'est pas à exclure. La capacité d'adaptation finirait par être dépassée et des troubles fonctionnels apparaîtraient, provoquant des maladies chroniques.

GT : Tout dépend aussi de la nature du *stimulus*. Ainsi, durant l'été, le corps humain est exposé à la chaleur pendant trois mois, et doit s'adapter, mais il se désadapte ensuite sans aucun problème. On ne peut donc pas parler d'un effet sanitaire étant donné qu'il s'agit d'un mécanisme biologique tout à fait normal. De même pour le bruit : on observe une réversibilité de la fréquence cardiaque. Le corps d'un individu soumis à un bruit intense réagit en augmentant son rythme cardiaque et par un phénomène de vasoconstriction, mais ces effets disparaissent quand l'exposition au bruit cesse.

Cela montre donc que l'organisme est capable de s'adapter puis de se désadapter à une contrainte. J'ignore si cela reste valable pour les ondes. Nous avons par exemple observé chez les rats qu'une exposition à des ondes électromagnétiques pendant trois semaines provoquait une perturbation de leur sommeil, mais j'ignore si l'on peut parler d'un effet sanitaire.

MM : Je pense qu'il faudra mener les analyses un peu plus loin. Comme vous l'indiquiez, l'état des patients peut s'améliorer une fois que l'exposition cesse, et c'est d'ailleurs ce que l'on observe avec les électrosensibles lorsqu'ils ne sont plus exposés aux rayonnements électromagnétiques. Le problème est que dans leur vie quotidienne, ils y sont exposés en permanence.

GT : Vous parliez de réversibilité en ce qui concerne les lésions provoquées par les rayonnements ultra-violet. Pourtant, les coups de soleil reçus pendant l'enfance sont susceptibles de favoriser l'apparition de mélanomes vers 40 ou 50 ans.

GT : Comme je le disais, tout dépend de la nature du *stimulus*.

GT : Nous ne connaissons qu'aujourd'hui les dangers du soleil. Lorsque j'étais enfant, mes parents ne faisaient pas en sorte que je sois protégé.

GT : Le coup de soleil est un effet sanitaire ; ce n'est pas un effet biologique.

GT : Nous savons aussi que les systèmes qui permettent de réparer les lésions de notre ADN fonctionnent de moins en moins bien au fil du temps, les anomalies s'accumulent dans notre génome, et c'est ce qui provoque notre vieillissement.

GT : Je comprends bien ce que sont les zones blanches, mais pourriez-vous nous expliquer ce que vous entendez par « zones du quotidien » ?

MM : Ce sont des zones dans lesquelles l'exposition aux ondes serait plus faible et où les personnes électrosensibles pourraient vivre quotidiennement avec un meilleur confort. Je pensais au train, au métro, aux bâtiments administratifs – où les usagers doivent parfois faire la queue pendant très longtemps.

GT : Des personnes électrosensibles expliquent qu'elles ne peuvent pas se déplacer en voiture, car elles ne supportent pas les rayonnements dégagés par leur moteur.

MM : Beaucoup ne peuvent pas prendre le train. Je connais moins de personnes qui ont des difficultés à se déplacer en voiture.

GT : Que pourriez-vous proposer dans un train, par exemple ?

MM : Qu'un wagon soit aménagé sans Wi-Fi, et où les usagers seraient invités à ne pas utiliser leur téléphone portable, par exemple.

GT : Il ne s'agirait donc pas d'isoler le wagon des champs électromagnétiques générés par le train lui-même...

GT : Tout circuit électrique génère un champ électromagnétique.

MM : Je pensais aussi aux écoles, aux maternités, aux hôpitaux, etc.

GT : On dit que le niveau d'exposition doit être le plus faible possible à moins de 100 mètres des hôpitaux. Les hôpitaux ne seraient-ils pas déjà des « zones blanches » ?

MM : Je n'ai pas abordé la question des champs électromagnétiques générés par les dispositifs médicaux, un sujet très difficile. Les mesures d'éloignement sont prises pour éviter les interférences avec les dispositifs de surveillance médicale.

GT : Pour ma part, je travaille dans un service de soins pour les prématurés, où les ondes électromagnétiques sont assez intenses. J'ai d'ailleurs discuté avec un fabricant [...], à propos de ce qui serait possible pour eux. De toute manière, pour des prématurés qui pèsent entre 500 et 1 000 grammes, la préoccupation première, ce n'est pas de les protéger contre les ondes électromagnétiques, mais de les maintenir en vie. De même, j'ignore comment nous pourrions envisager de créer des zones blanches pour le SAMU. Entre deux maux, il faut choisir le moindre. Je pense que vous serez d'accord avec moi.

MM : Bien entendu, il ne s'agit pas d'abandonner les prématurés à leur sort. Pour avoir assisté un certain nombre de patients – dont certains jusqu'au bout de leur vie –, je connais assez bien le milieu hospitalier. J'ai beaucoup de déférence pour ce qui s'y passe, mais on peut toujours s'efforcer de s'améliorer. Notre société est en évolution et ces dossiers n'ont pas été traités depuis plus de cinquante ans. Nous devons nous efforcer de comprendre si l'électrosensibilité est une pathologie. Pour ma part, je n'ai pas envie d'exposer ma petite-fille au Wi-Fi dans sa crèche, car je pense que ce serait inutile. Dans les CHU, on pourrait construire des zones blanches. On pourrait se préoccuper davantage de la santé environnementale, domaine qui est resté en friche pendant longtemps. Dans le même ordre d'idée, des dispositifs pour injection contiennent du BPA et on utilise du nano-argent pour des tables à langer, ce qui ne me semble pas être une excellente idée. Le Lien était très satisfait à l'époque où le nano-argent a été introduit, car il permettait de rendre les tables à langer autonettoyantes, mais nous nous interrogeons aujourd'hui sur la toxicité de ce produit.

Cela fait très longtemps que le sujet de l'électrosensibilité a été lancé...

JC : Avec un réseau Sentinelles, nous pourrions peut-être élaborer une réponse au fil du temps. Savons-nous si le nombre de cas augmente ? Aujourd'hui, les nouveaux cas ne sont guère repérés que par des associations, mais cela ne permet pas de construire des données statistiques représentatives. Il serait pourtant intéressant de savoir si la proportion de personnes électrosensibles a tendance à augmenter.

GT : Ma réponse sera très rapide, étant donné que je m'intéresse à l'épidémiologie depuis une vingtaine d'années. Il est extrêmement difficile de répondre à votre question, dès lors que les cas ne sont pas recensés de manière exhaustive, comme c'est le cas pour le cancer, par exemple. Une enquête transversale ne peut pas suffire pour mesurer l'incidence d'une pathologie. Si nous sommes en mesure d'observer un recul de certaines formes de tumeurs cérébrales dans les pays développés grâce aux registres sur le cancer, une évaluation basée sur une enquête serait très imprécise.

Un autre problème se pose : les critères de diagnostic : on peut estimer qu'environ 5 à 10 % de la population serait modérément sensible, mais le nombre de cas où la pathologie est handicapante est beaucoup plus réduit. Avec Jean-Pierre MARC-VERGNES, nous cherchons en premier lieu à déterminer les critères de diagnostic de l'électrosensibilité.

JC : La recherche a-t-elle progressé plus vite dans d'autres pays sur cette question ?

GT : Je n'en ai pas le sentiment, d'après les rapports que j'ai pu lire.

MM : Il me semble que des avancées ont été obtenues en Autriche... Il faudrait demander l'information au collectif. Nous en avons fait allusion au sein d'un groupe de travail. Un questionnaire environnemental a même été mis en place. L'État de l'Ontario travaille également sur une démarche de reconnaissance des maladies environnementales émergentes.

GT : Dans la mesure où il n'existe pas de consensus international sur les critères de diagnostic, nous ne pouvons pas comparer les statistiques d'un pays à l'autre. Rien ne nous permet de transposer la situation de l'Autriche à la France, par exemple.

JC : Certains prétendent que les personnes atteintes sont peu nombreuses, et que pour la plupart, le problème est plutôt d'ordre psychique. D'autres disent qu'il est impossible d'effectuer des mesures fiables. À ce régime, nous risquons de tourner en rond.

MM : À travers la création d'un réseau Sentinelles, il ne s'agirait pas de créer un registre, car je sais que de manière générale, nous ne disposons pas de registres pour de nombreuses pathologies. Vous nous demandiez : « Pensiez-vous que l'on puisse confirmer médicalement le diagnostic ? Si oui, comment ? Comment expliquez-vous que tous les médecins n'utilisent pas les mêmes tests pour fonder leur diagnostic ? » Le réseau Sentinelles permettrait d'évoluer par rapport au mode de fonctionnement actuel, qui relève plus de l'artisanat. La plupart des médecins ne s'intéressent pas à la santé environnementale, étant donné qu'il n'existe aucune recommandation des agences en la matière : la HAS et la DGS sont silencieuses sur ce sujet et le médecin lambda est lui aussi silencieux. Il se contente de soigner les symptômes, sans chercher à identifier leur cause. Je les comprends très bien, car l'entreprise serait très compliquée. Les médecins auraient besoin d'une aide externe.

J'insiste également sur le fait que ceux qui connaissent le mieux la maladie, ce sont les patients. Ils sont experts dans leur pathologie et apportent des informations à leur médecin. Il en est de même pour les maladies rares : ce sont les malades qui enseignent leur maladie aux médecins, car ces derniers ne les ont pas étudiées en faculté de médecine.

Je vois les médecins qui s'occupent des EHS comme des lanceurs d'alertes qu'il serait utile d'intégrer à ce réseau Sentinelles. Des généralistes s'interrogent sur le sujet et cherchent des réponses. Comme le soulignait José, nous risquons de tourner en rond pendant encore très longtemps. Nous sommes toutes les deux impliquées sur le sujet depuis de nombreuses années et l'absence de progrès finit par nous lasser. Nous devons absolument trouver un système innovant.

JC : Sachant que pendant ce temps, des individus en profitent pour écouler leur camelote... Même si nous n'avons pas les réponses à toutes les questions, nous avons besoin d'une base sérieuse.

MM : Nous laissons la porte ouverte aux charlatans et à l'écobusiness.

GT : Nous avons souhaité vous poser un certain nombre de questions, afin que vous puissiez nous éclairer. Les questions économiques sont un autre sujet.

JC : Nous tenons à insister sur le fait que nous commençons à être excédées par la situation actuelle.

GT : La Répression des fraudes pourrait intervenir pour les affaires qui relèvent de l'escroquerie.

JC : Vous avez le droit d'émettre des recommandations aux administrations compétentes.

GT : Ce n'est pas réellement notre prérogative, mais en tant qu'associations, vous pouvez les interpeller. Notre rôle est d'essayer d'établir une vérité scientifique. Par ailleurs, si la science peut montrer – parfois avec difficulté – que quelque chose existe, il est impossible de démontrer scientifiquement que quelque chose n'existe pas. J'aime beaucoup l'histoire de la thèière de Russell, mais elle est malheureusement très vraie (NDR : Russell considérait l'hypothèse d'une thèière qui graviterait entre les orbites de la Terre et de Mars et se demandait si le fait que cette hypothèse était invérifiable – il n'existe aucun télescope capable de voir une thèière à une telle distance – pouvait justifier que l'on impose la croyance d'une thèière qui évoluerait dans l'espace interplanétaire).

Réponses écrites de Générations futures - 16 février 2015

Laurent Le Guyader

Intérêt pour la question de l'électrohypersensibilité

Depuis quand vous intéressez-vous à la question de l'électrohypersensibilité ?

2008

Quelles sont les raisons qui vous ont amenées à vous y intéresser et à soutenir les personnes se plaignant d'hypersensibilité électromagnétique ?

1°) curiosité.

2°) prise en compte de la souffrance.

3°) recherche des causes réelles de cette souffrance.

4°) discrimination des causes entre hautes fréquences, moyenne et basse fréquences (car je suis un promoteur des lampes fluo-compactes qui ont souvent été accusées d'être de émetteurs problématiques.) Depuis j'ai découvert que même les champs électriques à 50Hz pouvait gêner le sommeil, alors que j'étais persuadé que seul le champ magnétique à 50Hz perturbait le sommeil.

Vivre en tant qu'EHS

Que signifie concrètement selon vous le fait de souffrir d'EHS ?

Malaises divers dans certaines situations ou certains endroits, ou état dégradé pour cause de pollution électromagnétique non directement ressentie (souvent accompagné d'atteinte au système immunitaire pour d'autres raisons que la pollution électromagnétique.) Dans ce dernier cas, il s'agit plutôt de SICEM, mais je ne me sens pas autorisé à distinguer les deux cas dans ce questionnaire, même si vous considérez peut-être que je suis parfois hors-sujet.

Quelles sont les manifestations symptomatiques ressenties ?

Le plus souvent « irritations » cutanées, céphalées.

Dans le cas d'exposition supérieure à 10V/m chez un sujet : céphalées, nausées, vertiges, et absence de symptômes en dessous de 2V/m.

Selon vous, peut-on rapprocher les symptômes de l'EHS de ceux d'autres intolérances environnementales ?

MCS, SICEM et puisque c'est distinct, car c'est souvent lié (en général : MCS d'abord, SICEM puis EHS ensuite).

À votre connaissance, les sujets EHS font-ils une distinction entre les différentes sources de RF, subies, choisies (téléphone mobile vs antennes, etc.) ?

Je ne connais pas de vrais EHS qui utilisent le téléphone portable. Donc, apparemment, ils font la distinction entre voie montante et voie descendante. Plus sérieusement, ils font très bien la relation entre la puissance reçue et leurs symptômes, même si la durée est aussi à prendre en compte.

Mais il y a parfois une question de délais de relation « réception-symptômes » ce qui fausse certaines expériences mal conçues ou, plutôt, expériences conçues pour démontrer qu'il n'y a pas de relation.

De façon à faire durer la recherche ? Je ne sais pas. En tout cas, pour moi ça y ressemble.

Pour le « etc » il est vrai qu'il y a, peut-être, parfois de la confusion. Il suffirait de me donner les moyens de faire le tri, et je vous démontrerai quelles sont les vrai-e-s EHS, et à quelles fréquences ils ou elles sont sensibles.

Quel est l'impact des symptômes de l'EHS sur la vie sociale des personnes qui en souffrent (travail, famille, etc.) ?

Isolement, autrement dit, donc perte de toute vie sociale, perte de confiance en soi, obsession par manque de « contradiction » du fait de l'isolement. Au bout d'un certains temps, il est trop tard pour discuter : il n'y a plus de raisonnement.

Comment les symptômes évoluent-ils ? de façon à peu près stable ou bien par crises (de quelques heures), par poussées (de quelques jours à quelques semaines) entrecoupées ou non de rémissions plus ou moins complètes ? Y a-t-il une tendance à l'aggravation, à la stagnation ? Connaissez-vous des cas de rémission prolongée (plusieurs mois) ou de guérison ?

L'évolution des symptômes est très liée à :

- La pollution en générale (électromagnétique, chimique, biologique)
- La (mauvaise) nutrition (liée au problème d'isolement et de peur d'affronter l'environnement pollué des magasins ou le chemin jusqu'au magasin.)
- La qualité du sommeil (demander à René de Cèze ce qu'il en pense depuis qu'il a découvert l'effet des ondes sur le sommeil paradoxal des rats),
- les autres sources de stress oxydatifs (conflits, inhibition de l'action, ...)

(C'est sûr que des rats en cage ne subissent pas toutes ces variables.)

Il semble qu'il y ait des cas de rémissions, par exemple quand une maladie de Lyme est bien traitée.

Pour les céphalées systématiques à côté d'une base de DECT, la simple mise à distance règle définitivement le problème. Donc, il est difficile de savoir ensuite, sauf à demander aux personnes de jouer au cobaye, de savoir si le symptôme reviendrait avec une exposition identique à celle qui provoquait les symptômes plusieurs mois avant.

Quelles sont les conséquences de la controverse sur l'EHS pour les personnes concernées ?

Parfois de la colère due au déni de réalité de leur souffrance. Mais plus souvent, ces personnes ne n'ont plus l'énergie de se mettre en colère.

Diagnostic

Comment les personnes en arrivent-elles à se considérer EHS (rôle des proches, de la presse écrite et audio-visuelle, d'internet vs rôle des médecins) ?

Je n'ai jamais eu connaissance d'une influence positive des proches. C'est plutôt le contraire : la non-reconnaissance par les proches peut être à l'origine de conflit qui peut aggraver la situation (et donc la sensibilité, si la « pollution » aux radicaux libres aggrave l'EHS. Ce que je crois, puisque le système immunitaire est perturbé dans ce cas).

Je n'ai jamais eu connaissance d'un effet déclencheur de la presse écrite ou audio-visuelle chez de **vrais** EHS. Mais il est vrai que de **faux** EHS s'en servent.

Pour internet, c'est plus mitigé. Je ne pense pas que ce soit une cause, mais ça renforce, et parfois ça permet la transmission d'idées « délirantes » (comme les morgellons à fibre bleue).

Rôle des médecins :

Ceux que je connais font souvent le rapprochement entre symptômes et pollution aux métaux lourds (amalgames dentaires –mercure argent étain cuivre- ou autres.) Depuis quelques années, du fait de la progression de la borréliose, certains médecins font le rapprochement. De fait, il semble qu'après un traitement de la borréliose, l'EHS est parfois moins sensible.

Leur arrive-t-il d'en douter et d'envisager d'autres diagnostics ?

Je ne sais pas.

Pensez-vous que l'on puisse confirmer médicalement le diagnostic ? Si oui, comment ?

J'attends les résultats d'une étude en cours sur la sensibilité cutanée aux micro-courants. Car les autres moyens sont sujets à caution.

Je rencontre parfois des personnes qui savent me dire s'il y a de la tension 50Hz, même sans courant, sur un fil électrique à quelques cm d'eux. Et certains dorment mieux après qu'on ait fortement diminué un champ électrique à la tête de leur lit.

Que pensez-vous du fait qu'aucun médecin n'utilise le même test pour porter le diagnostic de l'EHS (par exemple, les tests de déséquilibre neuro-végétatif pour le Pr von Klitzing en Allemagne, l'« encéphaloscanner » pour le Pr Belpomme ou les points cutanés pour les Drs Tournesac et Rosa) ?

Heureusement que certains médecins ont cherché à objectiver le problème, car on ne pouvait évidemment pas compter sur l'Etat (complice, de fait, des opérateurs). L'encéphaloscanner souffre de faiblesses méthodologiques, mais permet malgré tout de constater des évolutions de l'état des patients. Je ne connais pas les autres tests.

Le fait que des médecins portent ce diagnostic et prennent les personnes électrohypersensibles en charge vous semble-t-il bénéfique pour la santé de ces personnes ? Connaissez-vous beaucoup de médecins qui le font ?

J'en connais un. Et je sais qu'un autre obtient aussi de bons résultats. Mais ce deuxième est tellement occupé que je n'ai pas pu le rencontrer.

Que pensez-vous de la décision du ministère de la santé de confier aux consultations de pathologie professionnelle des CHU la prise en charge médicale des personnes présentant une EHS ?

Depuis que je sais que des techniciens d'opérateurs de téléphonie mobile, ont des symptômes lors de leur travail près des antennes relais, alors que les mesures faites lors de leur travail donnent des valeurs basses (anormalement basses de mon point de vue de diagnostiqueur), je trouve que c'est une EXCELLENTE chose. MAIS, à une condition : que les techniciens les plus concernés soient consultés. Récemment, j'ai fait découvrir à des salariés d'ErDF, le niveau de champ magnétique dans lequel ils travaillaient parfois. Ils ne s'étaient jamais posé la question auparavant.

Stratégies des EHS**Quelles sont les stratégies que les hypersensibles déploient contre leur mal : soins, mise à distance, médecines douces (acupuncture, mésothérapie, ostéopathie, prise en charge psychologique, etc.) séjours en zones blanches, compléments alimentaires, etc... ? Quelle est leur efficacité selon vous ?**

L'efficacité des compléments alimentaires semble réelle dans certains cas (surtout s'ils sont anti-oxydants ou « anti-age »). Mais il a parfois une dénutrition qui peut être réglée par une

alimentation équilibrée. Il y a au moins une thérapie qui est absolument incroyable et dont je ne parlerai pas pour ne pas qu'elle soit interdite (1), qui remettent les EHS sur pieds, au moins de façon provisoire (avec des symptômes de dépollution aigüe assez spectaculaire).

Quels sont les dispositifs anti-ondes utilisés par les EHS (protections individuelles et de l'habitat) ?

Blindage des murs (peinture conductrice) et fenêtres (voiles métallisés) pour ceux qui en ont les moyens. Couvertures de survie pour les autres. Je n'en connais pas qui acceptent de s'habiller comme des apiculteurs ou des cosmonautes. Est-ce que vous l'accepteriez vous-mêmes ? Mais certains ont des tissus métallisés quand ça se porte discrètement. Discrètement, à part le fait que ça jauni...

Sur ces différentes possibilités, quelle est la position de votre association ?

R : Si les gens se portent mieux avec, je suis mal placé pour en dire autre chose que : c'est eux qui savent. Hormis le fait que j'ai vérifié que les protections de type « écran » sont efficaces, contre les ondes, mais je n'ai jamais trouvé d'effet, avec mes appareils de mesures, sur les protections de type « magique ».

Projets

Quelles seraient, selon vous, les modalités de prise en charge à mettre en place pour les EHS dans le système de soins ?

1°) zone blanche (BF et HF) pour qu'ils se reposent. Bonne alimentation. Activité physique. Pas de stress oxydatif.

2°) Reconnaissance de leur état. Activités socialisantes. Ecoute, puis un zeste de psychothérapie.

3°) Préparation à la sortie, éventuellement pour aller dans un autre lieu que celui d'origine.

Quels projets concernant les EHS soutenez-vous ?

Une terre pour les EHS. Y en a-t-il d'autres ? Si oui je veux bien les examiner (en faire un diagnostic de pollution EM et une analyse).

Comment envisagez-vous l'application du principe de précaution ? Quelles mesures de prévention vous semblent souhaitables pour les EHS ? Pour quelles raisons ?

1°) Arrêter la suppression des cabines téléphoniques pour éviter que tout le monde (sauf les EHS et les résistants ou cohérents comme moi) soient obligés de s'équiper de téléphones cellulaires. Car par solidarité avec les personnes atteintes de SICEM ou les EHS, je n'ai pas de téléphone cellulaire.

Ceci dit, on peut très bien remplacer un triplet de cabines vitrées par un poste téléphonique sous abri, non vitré. La suppression des cabines téléphoniques ne répond pas à un argument économique. Il s'agit d'un asservissement au Dieu « progrès-technique ».

2°) Suppression des points atypiques, c'est-à-dire : pas d'habitant soumis à plus de 2V/m (ou moins s'il y a des plaintes) venant des antennes relais. Et simultanément, diminution des émissions intra-domicile. Obligation de configuration en sortie d'usine des téléphones DECT en mode Eco-DECT et Eco-DECT+. Un bouton de commutation de la Wi-Fi obligatoire sur tous les appareils équipés, et inhibition après chaque mise sous tension (autrement dit : activation de la Wi-Fi uniquement par action volontaire).

3°) Information systématique de la zone à niveau supérieur à 2V/m dans les zones d'utilisation continue des émetteurs indoor (hôpitaux, bibliothèque, ...).

Êtes-vous en faveur de projets de "zones blanches" ? Si oui, pour quelles raisons ? et selon quelles modalités : localisation géographique, nombre de sujets accueillis, support sanitaire ?

Très favorable.

Au moins pour faire une discrimination entre vrais et faux EHS (après quelques semaines de séjour).

Le nombre de place devrait être de l'ordre du millier, avec des conditions de vie que seuls les EHS peuvent définir.

Avez-vous entendu parler de l'immeuble pour EHS de Zurich ? Qu'en pensez-vous ?

Problème de pollution aux COV de tout immeuble récent. C'est bêta. Pour ceux qui n'ont pas compris que la MCS et l'EHS ont un rapport du côté du système immunitaire, il faut les envoyer s'occuper d'autre chose.

Cette initiative est-elle meilleure, comparable ou moins bien que celle de créer des zones blanches ?

Il fallait bien essayer. Apparemment c'est raté. Mais je n'ai pas de nouvelles récentes pour pouvoir en être sûr.

Connaissez-vous d'autres expériences de ce type ? Si oui, lesquelles ?

J'aimerais bien connaître d'autres expériences.

Faudrait-il, selon vous, reconnaître l'électrohypersensibilité comme handicap (selon la définition de la Classification Internationale des Handicaps -CIH- créée en 1980) ?

Je ne suis ni juriste, ni EHS et n'ai pas de SICEM. Donc je ne suis pas compétent pour répondre.

Quelles seraient les actions prioritaires à entreprendre (recherche, encadrement législatif ou réglementaire, incitation économique, information, protection des personnes sensibles, etc.) en faveur des EHS ?

1°) Arrêter de dilapider de l'argent dans des APR qui servent à noyer le poisson. Pour flécher l'argent sur des PIE.

2°) Arrêter de croire que la société va se sortir d'une situation non durable par des ajouts de pseudo-solution technologiques. Et arrêter de croire que la croissance économique va revenir en pressurant les gens pour qu'ils rament plus fort.

-Que pensez-vous du statut des EHS dans les autres pays européens ?

R : En Suède, premiers exposés, premiers pris en compte. Le statut des EHS est apparemment correct.

Mais l'économie suédoise ne repose pas sur le développement des NTIC et l'être humain n'y est pas au service de l'économie. Ceci explique cela.

Expertise**Quels sont les éléments (publications, arguments scientifiques, témoignages, personnalités compétentes) qui, selon vous, permettraient de relier l'électrohypersensibilité à l'exposition aux ondes ?**

Les travaux de scientifiques en France qui ont perdu leur budget de recherche quand ils ont trouvé des choses dérangementes. Je ne veux pas participer à leur « enfoncement », donc je ne les citerai pas. Sauf [...] qui ne risque pas de découvrir de nouveaux effets, à moins qu'il ait évolué.

A l'étranger il y a au moins Dirk Adang dont le nom me revient à l'instant. Mais de toute façon, aucune étude expérimentale n'est faite sur des sujets multi-pollués, stressés et malnutris. Ce sont pourtant surtout ces sujets qui sont EHS. Et aucune étude épidémiologique n'est plus pertinente, compte tenu de la multitude de facteurs confondants et de l'absence de point zéro. Bien joué de la part de l'industrie.

Associations

Il existe au moins une dizaine d'associations militant en faveur des personnes EHS. Pourquoi selon vous ? Cette dispersion ne nuit-elle pas à votre cause ?

Ce n'est pas ma cause, ni celle de Générations Futures, qui dénonce les pollutions, mais qui n'a pas vocation à assister les pollués, simplement parce qu'elle n'a déjà pas les moyens de faire suffisamment bien ce qu'elle fait. Je peux parfois, à mon compte, pour des raisons d'humanité, assister des personnes, mais pas par militance.

Qu'est-ce qui empêche les éventuels regroupements ?

Les points de vue différents (les dirigeants peuvent être EHS ou pas, avoir un SICEM ou pas), les stratégies différentes, les égos des dirigeants, les distances et les situations géographiques, les peurs d'être trop radicaux, ou pas. La dépendance aux subventions, ou pas. Tout cela n'étant que des hypothèses.

Vous-même, avez-vous été à l'origine de la création de l'association que vous représentez aujourd'hui, avez-vous seulement participé à sa création (à l'initiative d'une autre personne ou collectivement), ou bien y avez-vous adhéré après sa création ?

Adhérent 4 ans après la création, puis administrateur, puis secrétaire. Aujourd'hui : simple adhérent

Avez-vous été membre d'une autre association avant de créer ou d'adhérer à celle que vous représentez aujourd'hui ? Si oui, pourquoi l'avez-vous quittée ?

J'ai été adhérent de beaucoup d'associations, voire administrateur, mais quand je n'ai plus été adhérents c'est pour des raisons diverses :

limite de capacités à payer les cotisations,

fin de vie de l'association,

démission pour protéger l'association suite à une action pour laquelle je n'étais pas mandaté,

manque de temps pour suivre la vie de l'association (par gestion des priorités).

J'ai été membre de collectifs, pour des raisons purement scientifiques qui sont expliquées dans un document dont la valeur scientifique est irréfutable, bien que toujours pas reconnue par les instances officielles. Ou de collectifs dont la Justice a reconnu l'état de nécessité.

Autre

En qui les personnes EHS ont-elles confiance ? Comment améliorer la confiance vis-à-vis des différents acteurs (scientifiques, agences sanitaires, politiques, etc.) ?

En évitant d'expliquer leur problème d'abord par la psychologie. Je ne dis pas que certains n'affabulent pas. Le jour où on aura un enregistreur de pollution EM selon le cahier des charges qui était étudié par les participants du CDRFS chargé de ça, on pourra faire un bon travail d'objectivation.

Autres points que vous jugeriez utile d'aborder ?

J'attends avec impatience les résultats de l'étude de sensibilité cutanée aux micro-courants.

1 : comme a été interdite la thérapie anti-tumorale par les ondes de Lakowsky. Interdite pour une bonne et de mauvaises raisons. La bonne : elle perturbait les récepteurs radios. Les mauvaises : on ne comprenait pas comment ça fonctionnait au niveau cellulaire parce qu'on n'avait pas les moyens de le comprendre à l'époque. De plus en cas de traitement à un état de vascularisation trop avancé des tumeurs, ça se terminait par la mort par hémorragie au niveau de la tumeur en régression. Il aurait suffi, à l'époque, d'avoir des chambres anéchoïdes plus nombreuses pour traiter plus tôt. Ceci dit, aujourd'hui avec la quantité de glucides que contiennent les patients, il n'est pas certain que cette thérapie suffirait.

En général, il existe des thérapies par les ondes qui ont des bénéfices. C'est la preuve que les ondes (certaines en ELF, d'autres en HF) ont aussi des effets à des niveaux athermiques. Mais quand elles sont utilisées, c'est avec une balance bénéfice-risque. Personne n'a parlé de balance bénéfice-risque pour les antennes relais.

Audition téléphonique de l'association Zone Blanche - 31 mars 2015

Étaient présents :

Experts du Groupe de Travail au téléphone (GT)

Membres de l'Anses (Anses)

Invité par téléphone : Jacqueline Collard (JC)

Anses : Bonjour, madame Collard.

JC : Bonjour à tous. Bienvenue. Nous allons nous efforcer d'être efficaces dans nos propositions.

Anses : Merci d'avoir accepté notre invitation. Nous disposons d'une heure pour l'audition. Avez-vous bien reçu la liste des questions ?

JC : Tout à fait. Nous allons essayer de nous plier à vos demandes et d'avancer sur le projet. Je vous remercie de votre proposition.

GT : Je disais à l'instant que vous étiez trésorière de l'association « Zones blanches » qui a porté le projet, mais vous êtes aussi présidente du SERA.

JC : Tout à fait. À ce titre, je suis membre du comité de dialogue radiofréquences à l'Anses.

GT : Votre association ne se préoccupe donc pas que des personnes hypersensibles aux champs électromagnétiques.

JC : Loin s'en faut ! C'est une des problématiques, mais c'est loin d'être la seule. Nous sommes néanmoins souvent sollicités.

GT : Je le pense, en effet. Pour que vous soyez impliqués à ce point dans le projet, il faut tout de même que cette question vous préoccupe. C'est précisément l'objet de la première question que nous vous avons adressée : « *Depuis quand et pour quelles raisons vous intéressez-vous à ces personnes ?* »

JC : Lorsque j'ai créé l'association – j'ai fait partie des membres fondateurs – en 2007, j'avais très vaguement entendu parler de cette problématique. Aucune personne autour de moi n'avait la malchance d'être touchée. Petit à petit, beaucoup de gens ont adhéré à l'association voyant que nous nous interrogeons sur le problème de l'hypersensibilité chimique. Ils m'ont demandé si nous nous intéressions à l'hypersensibilité physique. J'ai beaucoup travaillé le sujet pour m'en informer, me renseigner auprès de ces personnes, connaître le type de pathologie dont cela relevait et les symptômes. Et surtout, un médecin est entré dans le conseil d'administration qui est lui-même hyper électrosensible. J'ai donc compris très rapidement qu'il s'agissait de quelque chose d'important, qui n'était pas encore vraiment élucidé en France.

GT : Très bien. Nous étions ensemble à Saint-Julien-en-Beauchêne. Vous étiez sensibilisée à tous ces sujets. Vous estimez donc que la question est suffisamment importante pour vous impliquer dans ce projet de zone blanche à Saint-Julien, n'est-ce pas ?

JC : Face au désarroi des personnes concernées par ce problème et en tant que vice-présidente de l'association « Santé environnement France » à Aix-en-Provence, je constate que de plus en plus de personnes font appel à nous et appellent au secours en nous demandant de les accompagner pour savoir qui est en mesure de leur venir en aide sur le plan des soins et de la préservation. D'où le fait que nous ayons investigué pour connaître les moyens de se préserver. Lorsque nous avons organisé, en février, le grand salon Primevère à Lyon, nous avons créé une zone blanche artificielle. J'ai invité les élus, dont le président du conseil régional de Rhône-Alpes à

venir voir la différence en effectuant simplement des mesures avec les appareils que nous possédons.

GT : Quand cette réunion a-t-elle eu lieu ?

JC : Elle a eu lieu les 20 et 21 février. De l'ordre de 300 personnes qui sont passées dans la zone blanche. Il s'agit de gens de tous corps de métier. Des personnes qui travaillent dans le domaine électrique sont venues me voir. Certains connaissaient le problème et sont venus avec leur matériel.

Comme ce salon se situe dans une vraie cage de Faraday, c'est-à-dire avec un renvoi des ondes électromagnétiques sur toutes les parties métalliques, qui sont énormes, les personnes qui sont hyper électrosensibles ont beaucoup de mal à y rester et à tenir le salon. Nous avons constaté ce fait au cours des années précédentes. D'où l'idée de créer, simplement avec du tissu spécifique de préservation, une tente dans laquelle on pouvait entrer. Il était possible d'effectuer des mesures à l'intérieur et à l'extérieur. On voyait bien la différence puisque l'exposition était divisée par dix.

Anses Vous indiquez que vous êtes souvent sollicités. Assurez-vous des permanences téléphoniques au sein de votre association ?

JC : Nous avons 2 000 adhérents et nous recevons environ 300 appels téléphoniques par mois pour l'association, dont un dixième ou un cinquième concernent les champs électromagnétiques. Ce n'est absolument pas la seule problématique. En revanche, on fait de plus en plus appel à nous pour effectuer des interventions scolaires, pour sensibiliser les élèves sur les précautions à prendre. Par exemple, j'ai fait « la journée sans portable » dans un lycée à Villefranche-sur-Saône où, devant 2 500 élèves, sont passés en boucle simplement des indices de prévention. Je crois beaucoup à l'aspect pédagogique, au fait d'essayer de préserver les jeunes qui sont encore plus exposés que nous le sommes, car ils l'utilisent de façon permanente, et sans précaution parce que personne ne lit les notices.

Anses Pouvez-vous préciser ce que vous appelez « indices de prévention » par rapport au portable ?

JC : Il faudrait qu'ils soient arrêtés dans les établissements scolaires, ce qui constituerait déjà une grande avancée. Tout le monde a son portable, soit en mode silencieux soit en mode avion, alors que le mieux, surtout dans un lycée de 2 500 élèves, est qu'il soit arrêté. Cela devrait être indispensable. C'est ce que nous avons demandé à travers la loi « Abeille » et qui n'a pas été entendu. Il faudrait que dans les établissements scolaires, les élèves n'aient pas l'autorisation d'avoir un portable allumé. Une étude menée il y a deux ans a montré que 60 % des élèves regardent leurs SMS en classe. Pensez-vous qu'ils puissent avoir une attitude scolaire intéressante dans ces cas-là ?

Anses : Merci d'avoir précisé cela.

Nous avons de nombreuses questions précises sur le projet de Saint-Julien-en-Beauchêne.

JC : Je suis sortie du projet, mais je souhaitais vous faire part de l'aspect pédagogique que j'entends mener autour de ce domaine.

GT : Quelle est votre formation ?

JC : Je suis professeure de physique-chimie et j'ai été chercheuse en chimie fondamentale. J'ai donc une approche assez facile des élèves et des équipes pédagogiques.

GT : Je comprends très bien votre souci sur les facteurs physico-chimiques dans l'environnement et votre souci pédagogique. C'est dans la logique de votre formation.

Nous souhaitons bien sûr mieux vous connaître, mais ce qui nous intéresse surtout, c'est le projet de zone blanche. Vous avez constaté que nous avons posé de nombreuses questions. Nous avons entendu Mme Rivasi en septembre dernier. J'ai fait un rapport sur les contacts divers que j'ai eus avec celle-ci. J'ai transmis cela à la direction de l'Anses. Je n'ai pas de retour précis à ce

niveau. Nous savions toutefois qu'il y avait un dépôt de dossiers de candidatures à la CAF pour le 31 mars, donc, pour aujourd'hui. Ce dossier a-t-il été déposé ?

JC : Je n'ai pas eu de contact avec les services de Mme RIVASI dernièrement. Je ne peux donc pas vous répondre.

Je n'ai pas eu de contact avec Justine Arnaud aujourd'hui. Je ne sais donc pas si elle a fait le nécessaire, mais je pense qu'elle a été suffisamment vigilante pour avoir déposé le dossier en temps et en heure.

GT : Très bien. Nous souhaitons savoir, si, dans le cas où le projet ne serait pas retenu par la CAF, vous aviez une solution alternative.

JC : Il est prévu que nous en trouvions d'autres. D'autres lieux nous ont été proposés, pour l'instant sans achat de terrain, mais simplement des zones, au moins pour que les personnes en difficultés puissent récupérer un peu. Et ce, en particulier en période estivale, car en période hivernale, on a tout de même besoin d'un hébergement de plus grande qualité.

GT : Ce qui est intéressant à Saint-Julien, c'est qu'il s'y trouve des bâtiments que l'on peut qualifier de magnifiques.

JC : Oui, d'une part, et d'autre part – j'ai eu l'occasion d'en discuter avec le président de la CAF Rhône-Alpes – la CAF des Bouches-du-Rhône vend l'ensemble de son immobilier en raison de grandes difficultés budgétaires.

GT : Il s'agit donc d'une vente, c'est cela ? Mme Rivasi nous avait parlé d'un bail emphytéotique.

JC : C'est ce que m'a indiqué le président de la CAF. Je n'ai pas vraiment regardé de près. Je suis tout de même très occupée, comme vous pouvez vous en douter. Même si j'ai le titre de trésorière, je me suis peu préoccupée des aspects purement financiers. J'ai laissé aux personnes compétentes la capacité d'étudier cela de près. En revanche, je peux confirmer que pour l'instant, on ne m'a rien demandé de signer.

GT : Si le projet est retenu, un calendrier de mise en place est-il prévu ?

JC : Il conviendra de dresser un bilan des travaux à réaliser sur les maisons. Nous souhaiterions – nous vous en avons d'ailleurs parlé dans ce sens, monsieur Marc-Vergnes – créer un mini-centre de santé pour qu'une étude soit menée d'un point de vue à la fois logistique, pour un endroit qui dispose de peu de capacités de soins, et de suivi des personnes présentes.

GT : J'ai reçu il y a quelque temps déjà, de la part de Justine Arnaud, la liste des médecins libéraux, des infirmières libérales et des hôpitaux qui se trouvent dans les environs. Avez-vous eu connaissance de cette liste ?

JC : Non, je ne l'ai pas eue. Je siège à la Commission de prévention de l'agence régionale de santé Rhône-Alpes et je sais que le gros problème est celui des déserts médicaux. Je pense que dans ce secteur, il y a peu de médecins. Il faut surtout essayer de regrouper les spécialités pour que le corps soignant puisse travailler dans de bonnes conditions. De plus, compte tenu du type de malades que sont les hyper électrosensibles, il faut tout de même avoir une grande écoute de leur problématique qui n'est pas celle qu'ils ont l'habitude de côtoyer.

GT : Oui, je le pense aussi.

La liste présente des chiffres, une quinzaine d'infirmières, etc., mais est-ce sur l'ensemble du département ?

JC : C'est certainement sur le département. Il s'agit des Hautes-Alpes et ces départements, comme la Drome, sont souvent en déficit sanitaire.

GT : Vous parlez de mini-centre de santé. Je pense qu'il y a d'abord à faire le bilan précis.

JC : Bien entendu, et cela, avec l'ARS. On ne peut pas envisager de faire cela dans son coin.

Anses : Avez-vous déjà eu des contacts avec l'ARS concernant ce projet ?

JC : Personnellement, non. Autant je travaille beaucoup avec l'ARS Rhône-Alpes, autant il s'agit là de l'ARS PACA. Il faut prendre des rendez-vous en amont. Je ne les ai pas eus, mais j'imagine que les services de Michèle Rivasi ont eu des contacts avec le département des Hautes-Alpes, avec le département de la Drome et avec les services sanitaires.

GT : Lors des réunions qui ont eu lieu à Saint-Julien-en-Beauchêne ou à Valence, un représentant du département a toujours été présent, qui suit le sujet de près.

JC : Oui. Comme dans d'autres actions que nous menons, nous voulons vraiment qu'il y ait une pluralité d'acteurs et une transparence de ce qui est fait afin que tout le monde participe à la hauteur de ses compétences.

GT : Indépendamment de tous ces partenaires, une question se pose immédiatement, que nous avons insérée dans le chapitre « cahier des charges » et qui est la suivante : « *Avez-vous eu l'occasion de vous inspirer d'autres lieux ou bâtiments pour ce projet ?* »

JC : Non, parce qu'il n'y en a pas en France. Il me semble qu'un bâtiment a été monté à Zurich, mais pour les NCS. Par contre, il en existe au Canada. Nous avons un centre à Aix-en-Provence qui travaille beaucoup plus sur les aspects cancérologiques. Nous essayons d'identifier les personnes qui ont monté des projets alternatifs, si je puis dire, c'est-à-dire des projets spécifiques sur une thématique. Sachant qu'en ce qui concerne les ondes électromagnétiques, nous avons autour de nous plusieurs spécialistes en bioélectronique ou en bioélectrique, qui savent comment faire pour rendre un lieu plus apte à ce genre de problématiques.

Anses : Peut-on vous demander qui sont ces personnes ?

JC : Il n'y en a pas tant que cela. André Lefranc est en Normandie. Il y a l'équipe de Rennes... J'en ne me souviens plus du nom. À l'occasion, je vous transmettrai les listes. Je ne les ai pas sous les yeux.

Anses : Ce sont des scientifiques qui travaillent avec vous sur le projet, c'est cela ?

JC : Non, pas sur le projet. Parmi les médecins, nous avons autour de nous le professeur Belpomme, le professeur Collomb à Marignane. Nous avons quelques médecins, mais nous n'en avons pas beaucoup parce que rares sont ceux qui sont en mesure d'y voir un peu clair dans ces problématiques. Ils n'ont pas de formation spécifique sur le sujet, loin s'en faut. Ils ont même souvent du mal à entendre les personnes qui sont malades. Pour ne parler que de mon médecin traitant, qui n'est absolument pas spécialisé sur ce sujet, il m'a indiqué que de plus en plus de patients venaient l'interroger à ce propos. Il s'agit d'un médecin tout ce qu'il y a de plus classique, qui n'a pas de formation particulière, et qui est interrogé par des patients sur le fait de savoir si leur pathologie peut venir de cela. Les actions médiatiques ont été telles que lorsque les gens n'ont pas de solution à leur pathologie, ils envisagent maintenant cette possibilité, mais c'est relativement rare.

Anses : Comme vous le souligniez, les médecins ne sont pas toujours formés pour répondre.

JC : Pour en côtoyer beaucoup, je peux vous assurer que c'est absolument impressionnant. Dernièrement, le professeur Pall, biologiste américain qui donne une signification biochimique à l'hypersensibilité, qu'elle soit chimique ou physique, a participé à une soirée organisée par des médecins. Peu d'entre eux étaient capables de répondre aux questions des malades. Je me sens incapable, n'étant pas médecin, mais je suis à l'écoute de ces personnes, et je me demande comment on peut les diriger vers les personnes compétentes et comment faire en sorte qu'elles vivent mieux.

Il y a deux ans, j'ai accueilli pendant trois mois une amie qui s'est révélée hyper électrosensible. Cette amie est directrice de crèche, avec une antenne-relai installée sur la crèche. Elle habite à côté d'une ligne de TGV, donc avec des caténaires, et à côté d'un stade où étaient posées des antennes relais. Elle s'est rendu compte petit à petit de sa difficulté à travailler, de sa difficulté à beaucoup de choses, jusqu'au jour où elle a envisagé que cela pouvait provenir des antennes relais. Elle a vendu sa maison et fait construire une autre. Ce ne sont tout de même pas des éléments anodins.

GT : Nous sommes très au courant de cela au sein du groupe de travail. Nous avons consulté les sites internet où de nombreuses personnes décrivent leur vie. Lorsque je me suis rendu à Saint-Julien-en-Beauchêne, une dame m'a donné le livre qu'elle a écrit sur la question et que nous avons diffusé au sein du groupe de travail. Nous sommes donc bien informés sur le vécu de ces personnes.

J'aimerais revenir sur un point capital dans votre projet, à savoir la participation des opérateurs. Les contacts dont Mme Rivasi nous avait parlé ont-ils pu être établis ? Quel est le degré d'implication des opérateurs ? Sont-ils favorables, indifférents, hostiles ?

JC : Je n'ai pas eu de contact récent avec Mme Rivasi. Je ne peux donc pas vous répondre de façon précise. Néanmoins, je peux dire que dans le cadre du PRSE 2, j'ai mené une étude sur l'exposition d'une ville aux rayonnements électromagnétiques, quelle que soit la fréquence. Nous avons demandé aux opérateurs de nous donner des informations supérieures à celles qu'ils fournissent sur Cartoradio afin de réaliser des analyses et des modélisations avec le MEDDE CEREMA. Ils n'ont pas voulu les donner. Il est tout de même dommage qu'ils « jouent dans leur cour », minimisant les difficultés que peut occasionner la présence d'antennes. Il est pourtant extrêmement important que cette zone soit préservée, c'est-à-dire que les faisceaux ne soient pas orientés sur ce lieu.

GT : Une intervention récente du Premier ministre en direction des zones rurales, faisait état, parmi les projets et outre la création de maisons de santé, etc., de la couverture totale du territoire par les opérateurs.

JC : Je l'ai entendue comme vous. Cela dit, il faut mettre carte sur table. La téléphonie mobile représente 5 % du PIB en France. Permettre une extension des capacités est profitable à l'État, comme l'a été et l'est encore le tabac. Ce sont des mesures à double tranchant. Comme ces pathologies sont un peu plus à long terme, on n'en verra pas les effets tout de suite, par contre, on maintiendra un niveau de technique qui permettra d'aller plus loin dans la croissance. Je pense qu'il faut être vigilant. Au titre des associations que je représente, j'essaie de réfléchir aussi à ce que cela soit compatible avec la vie de tous et avec égalité. Je ne suis pas sûre qu'au fond de la zone que nous avons ciblée, on ait besoin d'installer une PME qui travaille en direct avec les informations numériques, ou alors par satellite. Les problèmes ne sont en effet pas les mêmes avec le satellite.

GT : Pour nous, à l'Anses, dans la crédibilité du projet, il y a le problème de la participation, disons de l'absence d'hostilité de la part des opérateurs.

JC : J'entends bien.

GT : Nous souhaitons donc savoir où vous en étiez dans ces discussions.

JC : Pour constater ce qui se passe au comité de dialogue radiofréquences, je peux dire qu'il est tout de même fort difficile d'avoir une écoute objective de leur part. Ce sont moqueries et réflexions ridicules qui sont souvent assez insupportables. Par exemple, le comité comprend des personnes des collectifs hyper électrosensibles et ils ne veulent pas éteindre leur portable en réunion.

GT : J'ai l'expérience du comité de dialogue où je constate le dialogue de sourds entre les associations et les opérateurs.

JC : Je le constate comme vous. Je trouve cela assez insupportable pour les personnes qui sont déjà malades.

GT : Justement, vous me permettez d'opérer la transition. Nous avons vu les premières questions. D'autres questions nous préoccupent qui portent sur les malades proprement dits. Nous avons inscrit les points : public visé, organisation et durée du séjour. Quels devraient être, selon vous, les critères d'éligibilité pour pouvoir séjourner dans la zone blanche ?

JC : Je n'imagine pas un séjour à long terme, mais au moins dans les phases les plus critiques, lorsque les gens ne savent plus où aller, ou qu'ils sont en grande difficulté – mais comment évaluer cette difficulté ? Là est le problème – qu'on puisse les accueillir. Si des médecins, habitués

à rencontrer ces personnes, étaient présents sur le lieu, ils pourraient déterminer si les personnes en ont besoin ou non sur la base des aspects physiques, physiologiques et psychiques.

GT : Parmi les candidats qui se présentent, vous pensez donc qu'un tri médical serait nécessaire, c'est cela ?

JC : Peut-être n'en aurons-nous pas besoin, peut-être y aura-t-il peu de demandes, mais nous n'en savons rien. Pour l'instant, c'est à l'état de projet. Nous n'avons même pas la capacité de savoir qui est vraiment malade pour la bonne raison que les personnes malades se coupent de la société. Dresser le bilan des personnes malades est donc difficile. Parallèlement, c'est aussi une discrimination. Nous sommes donc pris dans des feux difficiles. J'essaie d'être objective par rapport à la difficulté d'avoir de nombreuses personnes malades.

GT : Selon vous, il est donc très difficile de se prononcer quant aux effectifs, n'est-ce pas ?

JC : Oui, je pense que pour l'instant, c'est difficile.

GT : Partagez-vous la position de Mme Rivasi qui souhaite qu'il s'agisse de séjours relativement brefs ?

JC : Je pense que cela devrait être fait par tranches – par exemple, tranches d'un mois, reportées trois mois, reportées six mois – et essayer, pendant ce temps de voir si l'on a pu trouver des alternatives. Mettre les gens dehors s'ils sont malades n'est pas acceptable. Les mettre dehors s'ils n'ont pas d'autre alternative n'est pas acceptable. J'essaie d'avoir une vision de santé publique.

GT : Je pense que l'évaluation n'a pas été faite. Mme Rivasi l'avait prévue tout d'abord au printemps, puis elle l'a reportée à l'automne. Elle souhaitait une étude de faisabilité en quelque sorte avec des personnes qui auraient décrit leurs troubles avant d'accéder à la zone blanche.

JC : Je n'ai pas eu l'occasion de rencontrer récemment Mme Rivasi. J'ignore donc où elle en est. Nous n'avons pas repris contact dernièrement. J'ai un peu de mal à vous répondre. Il conviendrait de vous adresser à elle directement, car je ne voudrais pas vous dire de bêtises. Je sais qu'elle a essayé de rencontrer les instances nationales, les instances européennes. Elle a eu à plusieurs reprises des contacts avec le commissaire européen à la santé, sachant que cette problématique est prise en compte dans d'autres pays que la France, en particulier dans les pays nordiques. Elle était plutôt sur cette vision très large en vue d'essayer d'associer le plus grand nombre d'institutions dans ce projet.

GT : J'entends bien. Un point sur lequel nous ne sommes pas encore arrivés au bout de notre réflexion est le problème des zones blanches ou des bâtiments de type Zurich, ce qui n'est pas du tout la même chose. Cela ne pose pas les mêmes problèmes. Il est possible que des informations européennes à ce sujet, le fait de savoir comment s'est décidé et a été créé le bâtiment de Zurich, soient intéressantes. Le porteur du projet est un « chimico-sensible », si je peux m'exprimer ainsi, mais le bâtiment a été conçu également pour héberger des électrosensibles.

JC : C'est en effet ce que j'avais cru comprendre. Je pense que cela existe aussi au Canada et dans l'ouest des États-Unis. J'ai lu des articles relatifs à des hôpitaux spécialisés dans ces domaines. Lorsqu'on se trouve aux États-Unis ou même dans les pays nordiques, vu la densité de population, on peut trouver des zones blanches. En France, vu l'urbanisation galopante que l'on connaît, il y a de moins en moins de zones blanches, d'autant que, comme vous le souligniez, la notion de couverture générale a été édictée depuis un certain temps et que cela fait partie de la croissance de la France que d'installer le numérique partout.

Le problème est qu'aucune réflexion de « plan B » n'existe. C'est pour moi quelque chose de très grave. J'ai fait de la recherche. Lorsqu'on met en application des données scientifiques, qu'on les transcrit dans une production industrielle, on doit envisager un plan B. On ne peut pas se permettre de n'avoir qu'une possibilité. La fibre optique constitue, à la limite, un plan B, mais qui n'est pas développé à la hauteur des enjeux. Bien sûr, au sommet du Mont Blanc, on n'a pas besoin d'avoir la fibre optique, même si l'on a envie de disposer d'une connexion internet.

GT : Vous avez signalé que vous connaissiez, tout au moins par la presse générale ou plus spécialisée, un établissement dans l'ouest des États-Unis. Avez-vous de la documentation sur ce sujet ?

JC : J'ai énormément de documentations. Il faudrait que je la retrouve. Au fur et à mesure que des éléments sont proposés, j'essaie d'en prendre connaissance et de les noter. Je ne l'ai pas sous les yeux, mais j'essaierais de la trouver.

GT : « Membre de l'Anses », nous n'avons pas de documentation sur ce point, n'est-ce pas ?

Anses : Non. Nous ne sommes pas réellement renseignés et nous n'en avons pas vraiment. Nous sommes donc preneurs.

GT : Je poserais la même question pour ce qui concerne le Canada.

JC : Très bien. Vous pouvez consulter Santé Québec, Santé Canada et vous trouverez énormément de documentations. Cela fait partie de mes pistes de recherches lorsque j'ai besoin d'informations, car je sais que les Canadiens sont beaucoup plus en avance que nous, bien que cette avance soit en train de diminuer parce qu'ils disposent de moins de fonds pour la santé publique. Je connais un certain nombre de médecins de santé publique qui vont suivre leur dernière année de spécialité au Canada précisément pour cette raison, particulièrement en matière de sensibilité chimique.

Certains états des États-Unis, l'Allemagne, le Canada et la Belgique, me semble-t-il, sont en train de revenir sur les Linkys à cause de cela. Ils ont constaté que le Linky constituait une nouvelle fois une imprégnation d'un local d'habitat avec du CPI alors qu'on n'en a pas besoin en permanence. S'il ne s'agit pas d'effectuer un contrôle des individus, mais seulement pour effectuer des mesures, il n'est pas nécessaire d'avoir du CPL.

GT : Quelle est votre position sur les risques de séjour en zone blanche ? Je veux parler du risque d'enfermement – nous avons employé le terme de « ghettoïsation » – de désocialisation, c'est-à-dire la perte de contact avec les proches.

JC : Bien souvent, les personnes ont déjà perdu ce contact. Un élément qui m'a vraiment intimidée au départ est le fait que ces gens n'étaient pas entendus de leur famille ni de leur médecin, et se mettaient en situation de désocialisation parce qu'ils n'avaient personne autour d'eux pour les entendre.

GT : J'avais posé la question à Saint-Julien et il m'avait été répondu qu'au contraire, pour les personnes qui étaient vraiment très isolées, dans des lieux reculés, etc., c'était un moyen de resocialisation.

JC : Je suis tout à fait de votre avis. Je pense que le fait de se retrouver entre personnes souffrant des mêmes problèmes, pouvant s'écouter et échanger est une resocialisation.

GT : Pensez-vous qu'une zone blanche devrait comprendre un service social (conseiller ou assistante sociale) pour permettre aux personnes de revenir dans leur contexte ? C'est un des gros enjeux au regard de ce qui transparait de nos lectures et du témoignage que j'ai entendu à Saint-Julien quant à ce problème de désocialisation. Pensez-vous qu'au-delà de la resocialisation sur le site, il faut mettre en place un projet de resocialisation réelle ?

JC : Je pense que la présence, pas nécessairement quotidienne, d'une assistante sociale pourrait être bienfaitrice. Il ne faut peut-être pas aller très au-delà. Je pense que les gens vont venir là pour se ressourcer et qu'ils vont reprendre ensuite plus ou moins leur activité. Malheureusement ou heureusement, les personnes qui en arrivent là sont des personnes qui ont un certain niveau intellectuel. Pour mener l'analyse, pour comprendre soi-même quel est le problème, essayer de s'en sortir par soi-même ou alerter, il faut déjà être en mesure de le faire. Nous avons donc beaucoup de gens qui sont certainement clochardisés, qui en sont au même niveau, mais qui ne sont pas en capacité de nous le dire. En tous les cas, c'est de cette façon que je le perçois. J'ai remarqué que les personnes qui sont dans ces difficultés ont une auto-analyse et une capacité à essayer de comprendre leurs problèmes supérieures à la population générale.

GT : Au-delà même du problème sanitaire, il y a là un enjeu important. S'il s'agissait de recréer – je caricature, les mots dépassent grandement ma pensée – les léproseries du Moyen-âge, ce serait tout de même une mauvaise chose.

JC : Je ne le vois pas du tout de cette façon. Je le vois comme un passage obligé dans des moments de grand handicap et pour savoir comment se protéger ensuite. J'ai été très surprise par exemple de l'importance de ce tissu et de sa capacité à limiter l'exposition. Plusieurs personnes qui n'étaient pas hyper électrosensibles nous ont dit : « Que l'on est bien ici ! C'est incroyable ! » Cela m'a surprise.

GT : Nous avons donc traité l'aspect relatif à la population. Quelle est votre position par rapport à une composante, qui est celle par laquelle Michèle RIVASI nous a contactés, qui est de prévoir des travaux de recherche scientifique ?

JC : Je pense que c'est indispensable. La France est tout de même bien à la traîne dans ce domaine comparativement à ce qui est mis en place dans certains pays. Ce que je dis n'est pas péjoratif. Je connais les raisons pour lesquelles nous en sommes là. J'ai fait moi-même de la recherche et je vois bien ce que veut dire à l'heure actuelle la recherche fondamentale.

GT : J'allais dire que la situation est tout de même actuellement privilégiée en France puisqu'une somme non négligeable est consacrée à la recherche sur les effets sanitaires des radiofréquences et qui est gérée par l'Anses. Notre groupe d'experts n'est pas directement concerné. On nous indique simplement que tel projet a été retenu. Nous savons donc que des recherches sont menées dans telle ou telle direction. Il existe un système qui garantit la qualité scientifique, qui attribue des crédits pour des recherches. On ne peut pas dire qu'en France, actuellement, on se désintéresse de cette question.

JC : Je n'ai pas dit qu'on s'en désintéressait, mais on voit bien vers quoi sont dirigés les projets ANR par exemple. On est devant une situation où l'on privilégie certains axes au détriment d'autres. On privilégie les axes qui seront pourvoyeurs de croissance. C'est au moins ce que l'on croit. On va promouvoir des productions qui vont produire tout de suite sur le marché un effet positif. J'entends bien, mais il existe tellement de choses qui pourraient produire les mêmes effets positifs et qui ne sont pas envisagées que c'est un peu alarmant.

GT : Ce n'est pas à l'ANR qu'il faut soumettre des projets de recherche sur les effets sanitaires des radiofréquences. Néanmoins, je vous répète que des sommes sont attribuées et gérées au niveau de l'Anses, avec un comité scientifique spécial. Cela ne peut donc pas être rejeté. Il existe la possibilité, pour les personnes qui veulent effectuer une recherche sérieuse, bien argumentée, d'obtenir des crédits. Il n'y a pas d'obstacle à ce niveau. Il faut être clair sur ce point. D'après les discussions que j'ai eues avec la direction générale, je peux dire que l'Anses est prête à financer des projets.

JC : Oui, mais l'Anses a une ouverture qui est appréciable d'année en année. J'entends bien.

GT : La situation de la France est tout à fait exceptionnelle à cet égard. Il n'existe plus, en Angleterre et en Allemagne, comme c'était le cas il y a quelques années, des programmes nationaux. La France a un programme national, qui est confié à l'Anses. De plus, l'agence supplée à certains manques au niveau des recherches, en particulier les projets d'investigation exploratoire qui ont été préparés avec le comité de dialogue.

JC : Une réunion s'est tenue hier sur ce projet. Malheureusement, je n'ai pas pu me libérer.

Tant mieux. Plus on parviendra à avoir de projets qui peuvent vraiment mobiliser les chercheurs en amont des difficultés, mieux ce sera. Mais par exemple, quand on a lancé le Linky, aucune étude préalable de cette utilisation n'a été menée. Quand on a lancé le Wi-Fi dans les établissements scolaires et universitaires, aucune étude n'a été faite au préalable. Ce qui me gêne, c'est que de tels projets ont certes des intérêts économiques et sociaux, mais ils comportent aussi des risques potentiels qui n'ont pas été pris en compte lorsqu'on les a mis sur le marché et que de surcroît, cela est passé par décret.

GT : Bien sûr, mais c'est un aspect sur lequel l'Anses n'a aucun pouvoir.

JC : L'Anses est tout de même une émanation des ministères.

GT : L'Anses peut financer certaines recherches à condition qu'on les lui soumette.

GT : « Membre du GT : » est, comme moi, un ancien directeur d'unité de recherche. Le fait que les organismes bailleurs de fonds aient des priorités affichées ne date pas d'aujourd'hui. Il y a trente ou quarante ans, le même genre de problèmes se posait.

GT : Je pense que ces sujets de recherche sont prématurés dans l'état actuel du projet de zone blanche. Néanmoins, il me semble qu'une question doit être réfléchie : pensez-vous que dans l'ensemble, les personnes qui pourraient être intéressées par des séjours dans la zone blanche seraient freinées par la perspective d'entrer dans des protocoles de recherche ?

JC : Je n'en suis pas sûre dans la mesure où on leur explique réellement le bien-fondé de recherches de qualité qui permettraient d'améliorer la prise en charge et leurs difficultés. Je pense que tout est dans la pédagogie. Si l'on passe en force devant un projet, il n'est pas sûr qu'il soit bien accepté. Si l'on explique le bien-fondé et les intérêts de ce projet, c'est tout à fait différent.

GT : La nécessité d'un dialogue à ce niveau est évidente, mais dans votre expérience, avez-vous connaissance de sujets qui sont évoqués par les personnes, et qui pourraient faire l'objet de projets de recherche ? Au-delà des problèmes thérapeutiques pour lesquels les progrès sont très empiriques. De nombreux progrès ont été le fruit du hasard.

JC : L'étude qui a été menée à l'Ineris par René de SEZE sur l'exposition des rats à la 2G est un peu rétrograde. Nous en sommes à la 4G, bientôt à la 5G. Ce qu'il a montré était extrêmement intéressant. Je ne conteste absolument pas la qualité de son travail ni sa compétence, mais il faut s'adapter à la demande. Une étude est-elle menée sur le problème de l'utilisation des tablettes Wi-Fi, des jeux vidéo en Wi-Fi ? Or, ce sont les enfants, qui sont les plus fragiles, qui utilisent ces matériels. Qui a réalisé une analyse de la réalité de l'exposition à l'intérieur des maisons avec la domotique ? Ces appareils sont-ils nécessaires ? N'existe-t-il pas d'autres possibilités qui offrent les mêmes avantages sans en avoir les inconvénients ?

Au nom de la sécurité, au nom de la liberté, au nom de l'individualisme, on fait passer beaucoup de choses qui sont particulièrement problématiques à mon avis. Je pense qu'il y a un manque d'anticipation sur la réalité de la finalité des objets qui nous sont proposés. J'entends bien que certains objets sont intéressants. Je ne nie pas la capacité de certaines choses. Par exemple, dans les crèches, on ne sait pas ne pas utiliser les babyphones. On les pose parfois contre la tête du bébé.

GT : Ce que j'avais à l'esprit en posant cette question sur les travaux scientifiques est le point suivant. Quels types de recherches pourraient être menées, à votre avis ou d'après les échos que vous avez pu entendre, sur le site même de la zone blanche ? Le reste représente un champ immense et je suis d'accord avec vous sur le fait qu'il pourrait y avoir des projets multiples.

JC : Je pense plutôt à des travaux d'ordre sanitaire. Si l'on n'a pas de radiation sur ces lieux-là, on ne pourra pas réaliser les mêmes analyses que celles que l'on pourrait mener dans des lieux exposés.

GT : Justement, il s'agit de savoir ce qui peut être fait. Quelles seraient les idées des personnes qui viendraient y séjourner et qui souffrent d'une problématique particulière ? Qu'elles utilisent ces lieux comme un refuge en priorité, je comprends. Cela dit, Mme Rivasi, pensait que cela pourrait être un lieu de recherche, profitant de l'absence d'exposition aux radiofréquences. C'est une question intéressante à réfléchir pour un organisme de recherche. Nous y réfléchirons de notre côté.

JC : L'assemblée générale de mon association doit se tenir la semaine prochaine. Je peux lancer un questionnaire auprès des gens qui se sentent concernés et leur demander ce qui serait envisageable ou les intéresserait dans ce genre de lieux privilégiés.

GT : Nous vous en remercions par avance.

JC : Je peux jouer ce rôle d'intermédiaire en toute clarté et pour l'intérêt des personnes concernées. Si vous considérez que de telles choses peuvent être faites, je veux bien y participer.

GT : Nous aurons un comité de dialogue le 26 juin.

Anses : Un séminaire méthodologie a lieu le 9 avril.

GT : Dans notre programmation sur l'hypersensibilité électromagnétique, nous n'aborderons ces questions de zones blanches ou de bâtiments qu'en fin de travail et certainement pas avant ces réunions du comité de dialogue.

JC : Certainement. Comme je suis en train de préparer cette assemblée générale qui représente un gros travail, je ne suis pas vraiment investie auprès de Michèle Rivasi alors que la date approchait. J'avoue que je n'avais même pas noté que nous étions déjà le 31 mars. Mais je vais reprendre contact avec elle afin de voir comment apporter des éléments supplémentaires à votre questionnement.

GT : Le point suivant porte sur la reconnaissance de l'électrosensibilité comme handicap, selon la définition de la classification internationale des handicaps. Quels sont selon vous les arguments en faveur d'une telle reconnaissance ?

JC : Le problème est que ces personnes sont souvent soumises à telle pression physique qu'elles ne sont plus en mesure d'exercer leur métier. De ce fait, elles se coupent de toute capacité de travailler. Ce sont tout d'abord des problèmes de comportement. Pour mes amis qui sont dans cette problématique, il s'agit d'incapacité à travailler, à se concentrer. Intellectuellement, ces personnes n'ont donc plus la capacité d'exercer leur métier dans de bonnes conditions. Je pense que cela correspond tout à fait aux critères du handicap.

J'ai pu le constater avec l'amie que j'ai hébergée pendant quelque temps. Quand elle est bien, c'est une personne très ouverte à tout point de vue ; quand elle est mal, elle ne peut plus se supporter elle-même. Elle ne peut donc pas non plus faire son travail. Le fait d'avoir une reconnaissance de handicap ou au moins un pourcentage de handicap me semble indispensable, ne serait-ce que pour que ces personnes puissent s'isoler et reprendre un peu d'énergie, car c'est une perte d'énergie. Le professeur Pall explique très bien qu'il s'agit d'une problématique de fuite de calcium. Le corps ne peut plus assimiler correctement son environnement à cause de la présence de ces rayonnements.

GT : Quelles seraient les autres actions à entreprendre selon vous ? Nous avons évoqué les recherches. En termes d'encadrement législatif et réglementaire, la loi Abeille est passée. Vous nous avez indiqué que vous regrettiez certains aspects.

JC : Disons qu'elle n'est pas allée suffisamment loin, mais c'est déjà une première. De toute façon, on ne peut pas tout avoir dès la première fois. Cela faisait tout de même trois fois qu'elle était présentée. Elle est passée au bout de la troisième fois, avec de nombreux points qui ont été retirés, ne serait-ce qu'au niveau de la préservation des enfants. Je pense qu'avant l'âge de 15 ans, on ne devrait pas avoir de portable.

J'interviens souvent dans les écoles d'infirmières, dans les établissements scolaires. On me dit – en particulier des adultes – qu'on ne peut pas vivre sans portable. Je rappelle qu'auparavant, on a tout de même élevé des enfants sans cela. Les parents pensent avoir une certaine tranquillité parce que leur enfant a un portable. Le parent doit être responsable de ce que fait l'enfant ou le jeune.

J'entends que la vie n'est pas facile et qu'il s'agit soi-disant d'un outil de simplification, mais c'est un outil d'exposition pour les jeunes.

GT : Vous souhaiteriez donc un élargissement ou un renforcement de l'encadrement législatif ou réglementaire, c'est cela ?

JC : Oui, et surtout en milieu scolaire. J'ai fait passer des examens pendant un certain temps, à tous les niveaux, de l'agrégation au brevet. Je peux vous dire que je serais en mal de le faire aujourd'hui avec les outils dont disposent ceux qui font passer les examens.

GT : C'est donc une mesure de protection qui vous paraît souhaitable.

JC : Oui, dans tous les sens, d'un point de vue égalitaire comme d'un point de vue sanitaire. Je pense que vous serez d'accord avec moi sur le fait qu'un enfant qui consulte ses SMS pendant les cours n'est pas attentif à ce qu'explique le professeur.

GT : Je ne pratique pas les salles de classe. Je ne peux donc pas vous répondre.

JC : Il en va de même en milieu universitaire. J'ai enseigné aussi en université. Je peux vous dire que si les étudiants pianotent sur leur portable pendant que l'on fait une présentation, ils ne sont pas attentifs.

GT : Actuellement, la plupart des étudiants qui assistent à des cours sont derrière leur ordinateur portable. On ignore ce qu'ils font. On ne sait pas s'ils écoutent, s'ils prennent des notes, s'ils consultent autre chose.

JC : Je suis d'accord avec vous. Selon moi, il faut voir les deux aspects. Pour les collégiens et les lycéens, et plus encore pour les enfants des écoles primaires, je pense que ce n'est pas indispensable. Je ne dis pas qu'ils ne doivent jamais être connectés ni qu'ils ne doivent jamais rien faire avec l'ordinateur, mais il faut qu'ils l'utilisent d'une façon intéressante et que les professeurs eux-mêmes soient formés.

GT : En ce qui concerne l'information, je sais que vous êtes très impliquée. Pensez-vous que les pouvoirs publics devraient s'impliquer beaucoup plus ?

JC : Pour moi, c'est une évidence. À travers les pouvoirs publics et à travers la capacité d'information, j'aimerais aussi que soient vraiment réfléchis l'utilisation et le dispositif Linky ainsi que le fait de ne pas l'installer n'importe où. Ce problème n'est absolument pas soulevé, ou très peu. En revanche, au Canada, dans certains états des États-Unis et en Allemagne, on revient sur son utilisation.

GT : C'est un grand débat, qui a surtout été abordé, je pense, sur le plan économique.

JC : Oui, uniquement. J'ai un appartement dans une résidence secondaire, dont le compteur eau se trouve dans le placard d'une chambre. On m'oblige à avoir un Linky eau.

GT : Nous arrivons au terme de notre entretien. Nous avons abordé les questions sur le plan européen. Il reste un dernier point, qui nous intéresse, car nous avons la conviction d'un manque de confiance. Certains membres d'autres associations nous l'ont confirmé, et nous ont même indiqué qu'ils n'avaient pas confiance dans notre travail. Pourtant nous essayons d'établir un dialogue le plus ouvert possible. Qu'est-ce qui fait que les personnes EHS ont confiance ? Je comprends qu'elles ont été déçues et rejetées...

JC : Il s'agit du corps médical dans un premier temps. Il a mis souvent beaucoup de temps – voire n'a aucune capacité – à les écouter et à prendre en compte leurs difficultés. Cet état de fait est vraiment général et je l'ai ressenti auprès de bon nombre de personnes.

GT : Vous savez que désormais, les directives du ministère de la santé font obligation aux consultations de pathologies professionnelles de recevoir et de prendre en charge les électrosensibles.

JC : Oui. Chaque CHU comprend un service. Cela dit, pour connaître ceux qui se trouvent sur la région de Grenoble, je peux dire qu'ils ne sont absolument pas ouverts à une écoute de ces personnes. Je les ai rencontrés. J'ai mené des réunions publiques avec eux. Ils considèrent les gens qui écoutent les personnes malades comme n'y connaissant rien. Nous n'avons pas de diplôme de docteur en médecine, c'est vrai. Mais ils n'écoutent pas les personnes malades et surtout, ils les ignorent, ce qui est encore plus grave.

Je pense que cet échange a été très intéressant. Je l'ai élargi un peu plus que vous l'auriez souhaité. Je suis prête à me prêter à nouveau au jeu lors d'une autre occasion ou peut-être en direct à l'Anses afin de compléter. Je vais essayer d'obtenir des informations complémentaires

auprès de Michèle RIVASI prochainement afin de vous apporter des compléments dès le 9 avril.
Cela vous convient-il ?

Anses Oui. Merci beaucoup.

JC : Très bien. Nous faisons donc au mieux pour la santé publique en France, qui a bien besoin d'aide afin d'être en réaction avec ce que perçoivent certaines personnes.

GT : Merci beaucoup. Bonne fin d'après-midi.

JC : Merci beaucoup à tous. Bon après-midi.



Hypersensibilité électromagnétique ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques

Auto-saisine n° 2011-SA-0150

Réponses aux commentaires recueillis lors de la consultation publique

**Comité d'experts spécialisé
« Agents Physiques, nouvelles technologies et grands aménagements »**

**Groupe de travail
« Radiofréquences et santé 2 »**

Décembre 2017

Le tableau ci-dessous regroupe l'intégralité des commentaires reçus lors de la consultation publique organisée par l'Anses entre le 27 juillet et le 15 octobre 2016 portant sur le rapport pré-définitif « Hypersensibilité électromagnétique ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques » (cf. Annexe 17 du rapport final), ainsi que les réponses apportées par l'Anses.

Les modalités de prise en compte des commentaires reçus pendant la consultation sont présentées au § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** du rapport d'expertise. Les commentaires ont été classés en sept catégories, chacune appelant à un type de réponse différent (cf. Annexe 17 du rapport final).

L'identité (sauf demande d'anonymat), l'organisme du contributeur, le paragraphe du rapport mis en consultation publique concerné par le commentaire, le commentaire formulé et, le cas échéant, les références bibliographiques fournies constituent les 4 premières colonnes du tableau. Le type de réponse ainsi que la réponse apportée par l'Anses au commentaire sont rassemblées dans les deux dernières colonnes.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	Présentation des intervenants	Contributions extérieures : il serait souhaitable de connaître précisément quelles parties du texte du rapport et de ses annexes correspondent à la contribution d'experts extérieurs. Ceci est fait pour la contribution de Y. Barthe mais pas clairement indiqué, par exemple, pour celle du Dr Mirabel-Sarron dont on pourrait penser qu'elle a contribué à l'entièreté du chapitre 7,6 sur les composantes psychiques, ce qui n'est sans doute pas le cas étant donné la disparité « stylistique » des différentes parties de ce chapitre. En clair, a-t-elle contribué à la partie 7.6.3.2 Effet nocebo ?		B	La section du rapport rédigée par un expert extérieur est clairement identifiée. En l'absence d'une telle indication, la rédaction est le fruit collectif du groupe de travail, nourri des interventions extérieures sollicitées par le groupe, sous la forme d'auditions ou de contributions écrites obtenues en réponse à une liste de questions.
Association – ONG		Auditions sociologiques : Maël Dieudonné a été auditionné mais cela n'est pas mentionné.		D	Le rapport d'expertise a été complété.
Association – ONG	Présentation des intervenants	Auditions associations : remplacer (partout dans le rapport) le terme « collectif des électrosensibles de France » ou « collectif EHS » par « Electrosensibles de France/Priartem » . En effet, le collectif des électrosensibles de France a changé de nom lorsqu'il a fusionné avec Priartem en 2014. NB : l'opération visibilité, dont les témoignages ont été analysés par Y. Barthe, ayant été conduite antérieurement, le vocable « collectif des électrosensibles de France » se justifie dans les paragraphes consacrés à cette opération.		F	Le rapport d'expertise a été modifié.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	1	Il est dommage que l'étude ait été pilotée par deux chercheurs qui affichaient préalablement leur scepticisme sur cette pathologie (l'un de façon tonitruante, l'autre plus discrètement). Il est légitime d'avoir une opinion ; mais nous avons tendance à ne garder que les éléments qui confortent la nôtre et à rejeter les éléments en sens contraire. Dès lors, il aurait été plus adéquat, pour un meilleur traitement de l'information, de composer un binome équilibré.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Association – ONG	1	P 24 Lignes 20-21-22-23 : il serait bon, dès ce paragraphe, de rappeler les recommandations en matière de réduction des expositions prônées par l'ANSES depuis 2009		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Association – ONG	1	coquille sur Kosciusko-Morizet		F	Le paragraphe concerné du rapport d'expertise a été modifié
	1.3	Les dispositifs mis en place ne concernent que l'interdiction du wi-fi dans les crèches et sa limitation dans les écoles, ce qui représente très peu. Nécessité d'interdire le wi-fi dans tous les lieux publics et privés : administrations, hôpitaux, commerces, espaces verts, transports etc.... pour permettre l'accès aux services publics et l'insertion des E HS, et pour protéger toute la population, car le wi-fi est nocif pour tout le monde et non indispensable		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	1.2	<p>“Depuis près de 30 ans” ferait débiter les études vers 1986. Cependant on trouve beaucoup d'études plus anciennes, principalement dans les pays de l'ancien bloc de l'est (un résumé de A.S. Presman a été traduit sous le titre : Electromagnetic Fields and Life-Plenum Press 1970) et aux USA(1), (2) (La limitation du champ des références à 500 caractères nous oblige à nous limiter à ces 2 références). Elles étaient motivées par les risques liés à l'exposition des techniciens militaires aux radars, par la recherche d'effets médicaux bénéfiques, puis par l'exposition du grand public aux fuites des fours à micro-onde. Il y eut aussi des études plus fondamentales visant à la compréhension des réactions physiologiques aux radiations non ionisantes. A noter que les radars de l'époque de la deuxième guerre mondiale fonctionnaient dans les longueurs d'ondes centrimétriques et décimétriques, et avaient une puissance beaucoup plus faible que les radars militaires actuels. Les références citées reprennent des compilations d'études, avec des listes de publications. On peut noter, dans le rapport écrit pour la NASA(2), table 11 p30, que la liste des symptômes évoqués par des travailleurs exposés aux micro-ondes présente beaucoup de points communs avec les symptômes cités par les personnes qui se disent aujourd'hui électrosensibles. Les niveaux d'exposition cités dans la table 14 (exemple : 30 microwatts/cm², soit 10,6 V/m) peuvent être largement inférieurs aux normes actuelles.</p>	<p>(1) Glaser, Zorach R. : Bibliography of Reported Phenomena ("Effects") and clinical manifestations attributed to microwave and radio-frequency radiation. Naval Medical Research Institute. Bethesda, Maryland, USA. 4 October 1971. (2) Raines, Jeremy K. Electromagnetic field interaction with the human body : observed effects and theories. Report prepared for National Aeronautics and Space Administration. April 9, 1981.</p>	D	<p>Le paragraphe concerné a été modifié, et une note de bas de page a été ajoutée pour compléter la rédaction initiale. Les deux publications communiquées ont été prises en compte et sont citées.</p>

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	1.2	La liste des symptômes n'est pas complète. Il manque des symptômes plus critiques, tels que hypertension, tachycardie (ou bradycardie) ou arythmie, entre autres, parmi les réactions à court terme. Ces symptômes, ainsi que d'autres apparaissant à court ou à long terme, sont cités dans l'« appel de Fribourg » de 2002, dont on peut trouver une traduction en français sur le site de Robin des Toits (1). A noter que les médecins qui ont lancé l'appel font explicitement référence aux modifications de l'environnement électromagnétique de leurs patients liées à l'apparition (et éventuellement à la disparition) de leurs symptômes : « Etant donné que nous connaissons l'environnement résidentiel et les habitudes de nos patients, nous apercevons toujours plus souvent – après un interrogatoire à but précis – une relation claire dans le temps et dans l'espace, entre l'apparition de ces maladies et le début de l'extension de l'irradiation par des ondes radio, par exemple : - l'installation d'une antenne relais de téléphonie mobile dans les environs du domicile du patient, - l'utilisation intensive d'un téléphone portable, - l'utilisation d'un téléphone sans fil des standards DECT dans la maison du patient ou dans le voisinage. »	(1) http://www.robindestoits.org/l-Appel-de-Fribourg-Freiburg-09-10-2002_a66.html	B	Des listes de symptômes répertoriés dans la littérature sont présentées en Annexe 1, au §3.1.3 et au 6.1.1.
Société française de radioprotection - Association – ONG	1.2	Suggestion : ajouter entre autre (« vise, en autre, à modérer... »)		D	La phrase concernée a été modifiée.
	1.2	"Depuis 30 ans..." "Dans les années 60, l'armée est déjà confrontée aux problèmes causés par les ondes. Les troubles fonctionnels liés aux CEM sont déjà étudiés par l'armée de l'air dans une étude citée dans le "Guide à l'usage du médecin du travail Champs électriques Champs magnétiques Ondes électromagnétiques 1995 " page 95."(...) et 10% présentait des signes cliniques authentifiés, force est de constater qu'il existe indiscutablement une sensibilité individuelle à l'action des RF et HF. On remarque donc que, soumises à une même exposition, certaines personnes peuvent présenter des troubles cliniques, d'autres non."	" Champs électriques Champs magnétiques Ondes électromagnétiques Guide à l'usage du médecin du travail et du préventeur 1995 " page 95. Edition INRS ED 785	D	Le paragraphe concerné a été modifié, et une note de bas de page a été ajoutée pour compléter la rédaction initiale. Des références ont été ajoutées.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	1.2	Historique : depuis plus de 30 ans : on peut faire remonter la problématique à beaucoup plus loin. Genuis 2011 évoque la période 1950 concernant les radaristes, Hecht a produit un rapport sur les études russes de 1960 à 1996, l'INRS 1995 cite une étude de 1960 sur les militaires français (Miro 1960), la première mention pouvant remonter à 1932 (Schliephake) et même avant si on se réfère aux troubles rapportés par Tesla dans son autobiographie publiée en 1919.	Schliephake E, 1932 – Arbeitsergebnisse auf dem Kurzwellengebiet – Vortrag von der Berliner Medizinischen Gesellschaft am	D	Le paragraphe concerné a été modifié, et une note de bas de page a été ajoutée pour compléter la rédaction initiale. Des références ont été ajoutées.
Association – ONG	1.2	Historique suite	Miro 1960 - Rapport sur les troubles cliniques et les modifications hémato-	D	Le paragraphe concerné a été modifié, et une note de bas de page a été ajoutée pour compléter la rédaction initiale. Des références ont été ajoutées.
Association – ONG	1.2	Historique suite	Hecht K et Balzer HU - Biologische Wirkungen Elektromagnetischer Felder im Frequenz-	D	Le paragraphe concerné a été modifié, et une note de bas de page a été ajoutée pour compléter la rédaction initiale. Des références ont été ajoutées.
	1.1	n'est-il pas étonnant, alors que l'ANSES vient de publier ses recommandations concernant les enfants de parler des normes réglementaires comme si tout allait bien. Il faudrait dès cette présentation problématiser les deux questions : accélération du développement des technologies mobiles et normes réglementaires		B	Le paragraphe de contexte expose les dispositions réglementaires en vigueur actuellement, ce qui ne préjuge pas de la valeur du référentiel utilisé.
	1.2	Le lien de causalité entre le champ et les effets déclarés devient évident quand la personne EHS voit ses troubles totalement disparaître quand le champ devient < 0,0100 V/m mais réapparaît, après un temps plus ou moins long selon le type de fréquence et l'intensité du champ. Chaque EHS a une sensibilité propre et certains souffrent à une intensité inférieure.		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	1.2	<p>Notons l'absence d'études sur certaines questions : une étude spécifique des effets des stations de base (par opposition aux téléphones mobiles) citée sur le site de Powerwatch(1) a été envisagée en 2002, dans le cadre du programme MTHR (Mobile Telecommunications and Health Research) , mais n'a pas été réalisée à notre connaissance. Le projet d'étude s'intitulait : « Human volunteer studies : general and special populations. Human Exposure to Base Station Signals Source Specification » Le document préparatoire était signé : Simon Mann, NRPB. 10 October 2002. (NRPB = National Radiological Protection Board)</p> <p>Il faut noter que</p> <ul style="list-style-type: none"> -certains signaux des stations de base leur sont spécifiques (notamment ceux qui servent à la gestion du réseau) -la station de base gère un certain nombre d'utilisateurs, par des techniques qui diffèrent en 2G,3G,4G <p>Par exemple, en 2G, la station de base gère 8 utilisateurs par canal radio, en TDMA (Time Division Multiple Access) ce qui implique une fréquence de répétition des impulsions de 1733 Hz (à comparer à 217 Hz, soit 8 fois moins, pour un terminal mobile, qui utilise une tranche de temps sur 8).</p> <ul style="list-style-type: none"> -en 4G, le multiplexage en fréquence est différent en uplink et downlink 	(1) http://www.powerwatch.org.uk/science/pulse.asp (référence citée en fin d'article)	B	Le document cité proposait des spécifications pour des études devant être réalisées dans le cadre du programme de recherche anglais sur les effets des radiofréquences sur la santé (MTHR, 2002). Il ne s'agit pas d'un article scientifique et n'a pas été publié dans une revue scientifique.
Association – ONG	1.2	Historique les premières descriptions de troubles fonctionnels attribués aux CEM remontent aux années 1960 (les russes, voir rapport Hecht 1997, Miro 1960, et même 1932 Schliephake), voir notre remarque et références p25		D	Le paragraphe concerné a été modifié, et une note de bas de page a été ajoutée pour compléter la rédaction initiale. Des références ont été ajoutées.
Ballet - Association – ONG	1.4	Veuillez trouver la 3ème référence ci-dessous	(3) <i>World International Encyclopaedia of Neuroscience</i> , Third Edition, B. Ross Adey.	B	La référence communiquée est un ouvrage général, qui ne correspond pas aux critères établis pour la prise en compte des publications dans ce rapport d'expertise.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	1.4	<p>Un lien peut être fait entre les RF et les ELF quand les RF sont pulsées (ou modulées) en basse fréquence (1), ce qui est bien le cas des ondes des systèmes de communications mobiles. A noter que Adey et Bawin citent aussi, dans d'autres publications, des effets biologiques des basses fréquences seules ou des radio-fréquences seules. Pour une bibliographie plus complète, voir (2). Les bandes de fréquence RF utilisées sont spécialement pénétrantes dans le corps humain (réf. Joines). Elles pourraient « introduire » les signaux dans le corps humain, qui décoderait ensuite le signal basse fréquence. Adey (3) suggère de multiples possibilités de démodulation du signal BF : « In accordance with principles of radio physics, extraction of ELF modulation information from an amplitude-modulated signal requires a nonlinear element in the detection system ([Adey, 2003a]). Such a required nonlinearity in tissues may exist in several ways: 1) A spatial component, as in the changing directions and cross sections of the preferred tissue conduction pathways in the intercellular spaces. 2) nonlinearities related to the intensely anionic electric charge distribution on strands of glycoproteins that form the cell surface glycocalyx. They attract a surrounding cationic atmosphere mainly of calcium and hydrogen ions, with this charge separation creating a Debye layer having a large and probably nonlinear virtual surface capacitance at low frequencies ([Einolf and Carstensen, 1971]). Displacement currents induced in this region by ELF modulation of an RF field may then result in demodulation. 3) Extreme functional nonlinearity within the cell membrane associated transmembrane charge tunneling ([DeVault and Chance, 1966]). These early experimental studies by Chance and colleagues have been extended theoretically ([Moser et al., 1992]) ... » Chez certaines personnes, des effets similaires à ceux observés sous exposition aux radio-fréquences pulsées en ELF (217 Hz pour un mobile 2G, 1733 Hz (soit 8 fois plus rapide, et il faut tenir compte des harmoniques) pour une station base 2G, 100 Hz pour le DECT,...) se manifestent sous exposition à des ampoules fluocompactes économiques (qui émettent des champs électromagnétiques à quelques dizaines de KHz, valeur variable selon le modèle) et les RF pulsées en ELF (217 Hz pour un mobile 2G, 1733 Hz (soit 8 fois plus rapide, et il faut tenir compte des harmoniques) pour une station base 2G, 100 Hz pour le DECT,...)</p>	<p>(1) Bawin SM, Kaczmarek LK, Adey WR : Effects of modulated VHF fields on the central nervous system. Ann NY Acad Sci 247 :74-81, 1975. (2) W. Ross Adey. Biological Effects of Electromagnetic Fields. Journal of Cellular Biochemistry 51 :410-416 (1993)</p>	B	<p>Le rapport "Les radiofréquences - mise à jour de l'expertise" publié par l'Anses en 2009 explique (page 77) pourquoi les antennes relais n'émettent pas d'énergie basses fréquences.</p> <p>S'agissant d'une hypothétique démodulation par le corps humain, ce même rapport indique (pages 77 et 124) que l'intensité des signaux résultant d'une hypothétique démodulation par le corps humain est extrêmement faible et que leur action sur le corps humain apparaît peu vraisemblable.</p>

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	1.4	articles d'effets sur personnes non EHS non prises en compte. C'est dommage, car il se pourrait que le seuil de détection des signaux RF ou EBF, ou les 2, ou la combinaison des 2, des EHS soit plus bas que celui des non EHS, mais que si on augmente l'intensité du signal ou la durée d'exposition, des personnes non considérées comme EHS le deviendraient. Les techniciens radars des années 1940-1960 n'étaient pas considérés comme EHS. Les effets sur les EHS peuvent venir d'une sur-réaction, qui fait que l'effet biologique, qui passe inaperçu chez les non EHS, devient un effet de santé chez les EHS.		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Association – ONG	1.4	Limites du champ d'expertise Les articles sur les effets des EBF et RF autres que ceux portant sur l'EHS n'ont pas été pris en compte : à un moment, il faudra bien faire le lien entre les effets dits biologiques et les effets sanitaires (les EHS étant manifestement atteints dans leur santé). Voir l'annexe 13 qui décrit très bien le syndrome général d'adaptation.		B	Les effets biologiques et sanitaires des champs électromagnétiques basses fréquences et radiofréquences ont été évalués dans les rapports publiés par l'Anses respectivement en 2009 et 2013.
Association – ONG	1.3	Limites du champ d'expertise Les articles sur les effets des EBF et RF autres que ceux portant sur l'EHS n'ont pas été pris en compte : à un moment, il faudra bien faire le lien entre les effets dits biologiques et les effets sanitaires (les EHS étant manifestement atteints dans leur santé). Voir l'annexe 13 qui décrit très bien le syndrome général d'adaptation.		B	Les effets biologiques et sanitaires des champs électromagnétiques basses fréquences et radiofréquences ont été évalués dans les rapports publiés par l'Anses respectivement en 2009 et 2013.
Association – ONG	1.3	lignes 3 à 5 : travailler sur une étude des mécanismes biologiques susceptible d'expliquer l'EHS nous semble tout à fait important. Cette question aurait dû se traduire par une revue large de toute la littérature scientifique susceptible d'éclairer la question mais nous avons noté, sur cette partie, notamment, de grosses lacunes dans la bibliographie. Nous y reviendrons le temps venu. Par ailleurs, n'y a-t-il pas un lien entre cette question et celle qui apparaît plus loin (lignes 13-14) sur les hypothèses explicatives. Voir également nos remarques générales sur le § 3.		B	Les deux questions citées sont peut-être liées ou non, expliquant leur traitement séparé dans le rapport.
Association – ONG	1.4	p. 27, toujours, lignes 37 à 39, nous ne pouvons que féliciter le groupe d'experts pour ce choix en dépit de la tâche et de la complexité supplémentaires que cela entraîne		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
ESCLARMO - NDE - Particulier	1.4	Etant devenue électrosensible, je peux témoigner que les fréquences de 2,4 GHz sont extrêmement nocives, et dangereuses aujourd'hui. Elles provoquent des brûlures e système respiratoire et digestif. Avec brûlures dans la bouche, des difficultés respiratoires et des troubles digestifs graves,notamment apparition d'intolérances alimentaires comme par ex : une maladie rare :la dermatite herpétiforme . IL FAUDRAIT INTERDIRE L UTILISATION DES FREQUENCES 2,4 GHZ		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Ballet - Association – ONG	1.4	hétérogénéité dans l'espace : elle est aussi créée volontairement pour qu'une antenne rayonne préférentiellement dans une direction (gain dans cette direction). On crée un lobe principal, qui contient l'essentiel de la puissance, et des lobes secondaires		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Association – ONG	1.4	bandes de fréquences analysées : Nous sommes très satisfaits de voir enfin apparaître les notions en lien avec la complexité des signaux et de l'exposition. A mettre en lien avec les effets sur l'EEG de sommeil reconnus par ANSES 2013 (modulation à 14Hz par ex). Voir aussi Bioinitiative 2007 mis à jour 2012 chapitre « Evidence for Disruption by the modulating signal» qui pointe également la non-linéarité de certaines réponses.	Rapports Bioinitiative 2007 et 2012 – Chapitre « Evidence for Disruption by the modulating signal» Huber R, Treyer V, Borbély AA, Schuderer J, Gottselig JM, et al. Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and waking EEG	B	Les 2 articles de Huber <i>et al.</i> 2002, 2003 mettent en évidence des effets neurophysiologiques des champs électromagnétique sur l'électroencéphalogramme de veille/sommeil et le débit sanguin cérébral, chez des sujets non EHS, comme l'ont montré ultérieurement d'autres auteurs cités dans le rapport (voir Hypothèse 12, § 7,5,4). Ce commentaire ne nécessite pas de rajout/modification du rapport dans le § 1,4 Limites du champ d'expertise.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	1.4	Suite	Huber R, Schuderer J, Graf T, Jutz K, Borbely AA, et al. Radio frequency electromagnetic field exposure in humans: Estimation of SAR distribution in the brain, effects on sleep and heart rate. <i>Bioelectromagnetics</i> 2003;24(4):262–76	B	Les 2 articles de Huber <i>et al.</i> 2002, 2003 mettent en évidence des effets neurophysiologiques des champs électromagnétique sur l'électroencéphalogramme de veille/sommeil et le débit sanguin cérébral, chez des sujets non EHS, comme l'ont montré ultérieurement d'autres auteurs cités dans le rapport (voir Hypothèse 12, § 7,5,4). Ce commentaire ne nécessite pas de rajout/modification du rapport dans le § 1,4 Limites du champ d'expertise.
NEYRAND - Association – ONG	1.4	en tant que kine, pourquoi cela est difficilement objectivable chez l'animal tout simplement car nous avons une peau recouverte de peu de poils comme les animaux, et cette peau, de meme origine embryologique que le système nerveux, est un bien faible bouclier contre les oem artificielles. Il ya non électrothérapie comme cela pourrait se faire avec des électrodes en contact direct avec la peau mais electro stimulation à distance , au vue de l'electrosmog ambiant dans les lieux de vie. Ainsi le système nerveux réagira par voie réflexe et pourra être à l'origine d'un déséquilibre de l'homeostasie. Selon la penetration de l'onde dans le corps selon sa fréquence, les capteurs sensoriels seront différents à être active, cela pourra passer par la pilosité, les cellules de pacini, les cristaux de magnetite voir d'autres capteurs sensoriels sur corps plus ou moins internes	reflexotherapie et kinesitherapie helyetwardavoir bases neurobiologiques des reflexotherapies J.Bossy therapie manuel des zones reflexes du tissu conjunctif /bindegewebsmassage/Dicke Schlack Wolff	G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Ballet - Association – ONG	1.4	une difficulté majeure est qu'il n'y a sans doute pas « une » caractérisation unique de l'EHS, mais de multiples types d'EHS. Le mécanisme qui cause des picotements de la peau pourrait être fort différent de celui qui cause de l'hypertension et de la tachycardie...		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Ballet - Association – ONG	1.4	nature purement fonctionnelle des symptômes de l'EHS : il faut bien qu'il y ait un (ou plus vraisemblablement plusieurs) substrat(s) biologique(s), reste à le(s) trouver. Il faudrait aussi investiguer en biophysique , puisqu'un signal électromagnétique est l'élément déclencheur.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	1.4	Des études récentes, notamment chinoises, portant sur des rats mais aussi des singes, montrent les effets des microondes sur le métabolisme de cellules du cerveau, et notamment sur les mitochondries, à des puissance parfois faibles(1). : « Wang et al. [26] exposed monkeys to MW radiation with average power densities of 5 mW/cm ² and 11 mW/cm ² for 10 s and 4.68 µW/cm ² for 12 h/d for 30 d cumulatively. Abnormalities in mitochondrial function-related metabolites in urine, such as succinic acid, citric acid and 2-keto-glutaric acid, were induced after a single radiation event of 5 mW/cm ² and 11 mW/cm ² and after a long-term radiation of 4.68 µW/cm ² , revealing by metabolomics the hypersensitivity of mitochondria to MW radiation. » Voir aussi d'autres références sur le site (2)	1. Hao, Y., Zhao, L. & Peng, R. Effects of microwave radiation on brain energy metabolism and related mechanisms. Military Medical Research, 2015; 2:4. doi: 10.1186/s40779-015-0033-6 [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4440565/]	B	Seuls les articles originaux en langue française ou anglaise ont été analysés par le groupe de travail. Le groupe a également pris connaissance des principales revues spécifiques à l'EHS. Hao 2015 et Wang 2011 ne rentrent pas dans les critères de prise en compte de la bibliographie (voir § 2.1.3).
Ballet - Association – ONG	1.4	technologies prises en compte : on généralise les Linkys et objets connectés avant d'avoir étudié l'impact sanitaire sur la partie de la population qui en est déjà équipée...Aux USA, de nombreuses plaintes s'élèvent contre les « smartmeters ». A noter que les sources d'émission seront proches des utilisateurs (alors que l'intensité varie en raison de l'inverse du carré de la distance).		B	L'Anses prend note de l'information communiquée. L'Agence a publié un rapport d'expertise et des avis consacrés à l'exposition aux compteurs communicants (décembre 2016 et juin 2017).
THEVENIAU D - Association – ONG	1.2	La non prise en compte des effets sur les animaux peut être compris dans le mesure où l'EHS reste encore à sortir de la controverse concernant son identification et sa classification. Il n'en reste pas moins que les études sur modèles animaux, voire végétaux, quant aux effets des CEM devraient être prises en compte (même si c'est le cas en partie dans le rapport) notamment en ce qu'elles constituent un argument fort en défaveur d'une approche purement psychologique, voire psychiatrique de l'EHS et donc, notamment d'un seul effet nocebo. Sauf à considérer une psychologie animale élaborée. Il y a donc nécessité de changer de paradigme à ce niveau pour une approche encore plus hippocratique que celle qui apparait dans le rapport.		B	Les études <i>in vivo</i> et <i>in vitro</i> concernant les effets des radiofréquences sur des modèles animaux et végétaux ont été analysées dans le rapport publié par l'Anses en 2013, et celles publiées depuis le seront dans un futur rapport. Le paragraphe considéré explicite et justifie le type d'études considérées dans l'expertise.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Société Française de Radioprotection - Association - ONG	1.4	Le titre pourrait être « Les articles analysés », vu qu'il est précisé dans le texte qu'ils concernent principalement les personnes EHS, mais que des études dans lesquelles il n'y a pas de personnes EHS sont également utilisées pour l'expertise.		F	Le titre a été modifié.
Association - ONG	1.4	P29 articles analysés : étant donné les difficultés à appréhender le phénomène, il serait souhaitable, comme il est d'usage dans le cas de la description de nouvelles pathologies, de susciter de la part des cliniciens la publication d'étude de cas et d'analyser dans le cadre des expertises celles qui existent déjà.		B	Les recommandations formulées par l'Anses depuis 2009 concernant les recherches à mener sur l'électrohypersensibilité invitent à améliorer le recueil des données cliniques.
Association - ONG	1.5	"certains d'entre eux refusent a priori de se prêter à ce type de'examen" tout simplement qu'un certains nombre qui l'ont expérimenté en sont ressorti avec de violentes douleurs.C'est pour cela que de nombreux EHS refusent de passer un tel examen. existe-t-il un bilan apres IRM proposé au patient sur les reactions sensorielles tel douleur, maux de tete, contractures cervicales, epuisement..., cela pourrait permettre de connaitre les divers réactions nocives apres un tel examen.		F	Le chapitre sur l'IRM a été déplacé dans la partie 3 et est devenu le chapitre 3.4. Il a en outre été simplifié et réécrit en partie.
Particulier	1.5	Les commentaires sur l'innocuité des IRM concernent des sujets sains. Pour des personnes E HS, dont certaines sont devenues intolérantes aux champs magnétiques, il paraît évident que les IRM sont très difficilement supportables et aggravent l'intolérance.		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Ballet - Association - ONG	1.4	niveau d'exposition très faible : ce n'est peut-être pas toujours la puissance qui est le critère principal. Ce pourrait être la transition signal off (ou sous le seuil de détection) -signal on qui ferait réagir certains neurones . Il pourrait donc y avoir une sensibilité spécifique aux taux de variation des champs électrique et magnétique. C'est notamment le cas pour le « microwave hearing » (1) (actuellement souvent qualifié d' « acouphènes », par assimilation avec les acouphènes se produisant sans stimuli externe: il faut que le flanc montant de l'onde électromagnétique soit suffisamment raide pour qu'un « son » soit perçu . Cette caractéristique est évoquée dans une autre publication que (1), nous en avons une citation, un auteur (Guy, Arthur W.)mais pas la source.	(1)J.A. Eider and C. K. Chou. HUMAN AUDITORY PERCEPTION OF PULSED RADIOFREQUENCY ENERGY Motorola Florida Research Laboratories. Bioelectromagnetics Supplement 6 :S162-S173 (2003)	B	Ces éléments sont examinés au chapitre 5.2.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	1.5	IRM : l'exposition est temporaire. L'exposition aux stations de base, compteurs Linky est permanente. (L'énergie d'un photon = h(constante de Planck) * fréquence. L'intensité est proportionnelle au nombre de photons.) L'énergie d'interaction est la même sous exposition aux stations de base (et mobiles) et sous IRM (partie radiofréquences). Les interactions sont nombreuses et concentrées dans le temps dans le cas de l'IRM, chroniques dans le cas d'exposition aux stations bases.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Ballet - Association – ONG	1.4	Concernant le CPL : Voici ce qu'en pensait R. Feynman, prix Nobel de physique, dans les années 60 (1) : « .. 50-60 Hz...simple open lines are used...For somewhat higher frequencies –say a few KHz –radiation can already be serious. At higher frequencies, however, the radiation soon becomes intolérable, either because of power losses or because the energy appears in other circuits where it is not wanted ». Le Linky utilise des fréquences de l'ordre de 70 KHz. Les circuits où l'énergie n'est pas souhaitée pourraient être les nôtres ! (de même avec les lampes fluocompactes).	(1) « The Feynman Lectures on Physics » Vol 2 p24-1 Addison-Wesley 1966	B	L'Agence a publié un rapport d'expertise et des avis consacrés à l'exposition aux compteurs communicants (décembre 2016 et juin 2017).

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Société Française de Radioprotection - Association – ONG	1.5	Ce paragraphe semble complexe et long compte tenu de sa place, en tant que note, dans l'introduction du rapport. Il y a des redondances concernant les explications techniques, et quelques incohérences entre le texte et ce qui est mentionné dans l'encadré. Dans l'encadré il est question de champ magnétique radiofréquence, alors qu'il s'agit de électromagnétiques de type radiofréquences pour lesquels le niveau d'exposition maximal ne doit pas excéder une certaine puissance pour ne pas engendrer d'échauffement dû à un niveau d'exposition trop élevé du corps ou d'une partie du corps durant l'examen IRM (l'effet thermique étant connu comme délétère dans cette gamme de fréquence). On ne parle généralement pas de 3 types de champ magnétique mais d'une exposition à des champs magnétiques et électromagnétique de 3 types (magnétique statique, gradients et RF). Noyaux « MR active » est une appellation peu usitée. Suggestion : Note de bas de page n°15 : remplacer « Quand il n'y a pas de champ magnétique... » par : « En l'absence de champ magnétique intense... » (sachant qu'il y a toujours un champ magnétique ambiant sur terre et qu'il faut des puissances énormes pour orienter les spins) Une présentation de la technique d'IRM peut être également trouvée dans le livre « Champs électromagnétiques, environnement et santé » Perrin et Souques, Ed Springer, 2010	« Champs électromagnétiques, environnement et santé » Perrin et Souques, Ed Springer, 2010 (version anglaise actualisée parue en 2012 : Electromagnetic Fields, Environment and Health, Perrin & Souques, 2012)	C	Le chapitre sur l'IRM a été déplacé dans la partie 3 et est devenu le chapitre 3.4. Il a en outre été réécrit en partie et simplifié (l'encadré a été reporté en annexe).
PIERRE BEZ	1.4	Concernant les effets néfastes du CPL dont vous soulignez que les puissances mises en jeu sont très faibles et donc "ne seront pas abordés en tant que tels dans le présent rapport faute de données à l'heure actuelle" Vous citez les travaux du Pr. Leif SALFORD or ses études démontrent que le CPL ouvre la barrière hémato-méningée après un certain temps d'exposition et permet ainsi le passage dans le cerveau de la sérum-albumine avec toutes les conséquences que cela peut avoir.	Leif G. SALFORD, MD, Dept. de neuro chirurgie, Bertil PERSSON, PhD, Lars MALMGREN, D.Eng., Dept. de physique des	B	L'Agence a publié un rapport d'expertise et des avis consacrés à l'exposition aux compteurs communicants (décembre 2016 et juin 2017).

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	1.5	<p>la rédaction de cette partie est extrêmement surprenante, tout comme son emplacement dans le rapport. Que fait ce développement à cette étape du rapport ? La phrase sur la faradisation des appareils laisse supposer que les personnes ne seraient pas exposées à des CEM, ou en tout cas moins que dans leur environnement quotidien. Il est de notoriété publique que les IRM émettent à la fois des champs statiques extrêmement forts et des impulsions radiofréquences, principe du fonctionnement de cet examen. Nous recevons des témoignages variés sur EHS et IRM. Certaines personnes disent avoir basculé dans l'EHS après un examen IRM ; d'autres déjà EHS ayant subi cet examen disent avoir eu une aggravation sur une durée plus ou moins longue de leurs troubles ; d'autres n'ayant pas relevé ce genre d'aggravation.</p> <p>P32 : les contre-indications, considérées a priori comme « bien codifiées » alors qu'il est reconnu qu' »aucun article scientifique ne s'est intéressé directement au problème des IRM chez les sujets EHS » !</p> <p>Les circonvolutions dans la rédaction de l'encadré montrent bien que cette question, sensible certes, mérite d'être posée de manière méthodique et scientifique.</p>		C	Le chapitre sur l'IRM a été déplacé dans la partie 3 et est devenu le chapitre 3.4. Il a en outre été réécrit en partie et simplifié.
Ballet - Association – ONG	1.5	<p>calculons la fréquence de résonance (dans l'eau) du proton (noyau d'hydrogène) dans le champ magnétique terrestre (= 45 microTesla environ en Europe): $42,7 \cdot (10^6) \cdot (10^{-6}) \cdot 45 = 1921,5 \text{ Hz}$ On trouve 1921,5 Hz, ce qui est proche du taux de répétition des impulsions des stations bases (2G 1733 Hz, Bluetooth 1600 Hz (sauts de fréquence), 4G-LTE 2000 Hz (c'est en tout cas la fréquence des timeslots). La fréquence de résonance d'un proton varie aussi un peu avec son environnement (autres atomes proches).</p>		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	1.5	Les circonvolutions dans la rédaction de l'encadré montrent bien que cette question, sensible certes, mérite d'être posée de manière méthodique et scientifique. Quant à la dernière phrase (lignes 33 à 35, p.32), elle ne prouve rien et ne s'apparente, en rien, à une argumentation scientifique. En conséquence, nous demandons une reformulation de cette partie et à ce que ce point soit soulevé comme devant faire l'objet d'une clarification (enquête auprès des EHS, mise en place d'une vigilance sanitaire sur ces dispositifs ; en France et à l'international). Par ailleurs, nous souhaitons que puisse être mis en lumière le plus possibles les moyens de recherche et de diagnostic sur l'EHS les moins invasifs possibles dans un souci d'éthique médicale. De manière connexe, se pose aussi la question des produits de contraste, comme le gadolinium, produit ferromagnétique, ayant tendance à s'accumuler dans le cerveau, le foie, les reins, les muscles, la peau et les os. A relier à nos commentaires sur la contamination de l'organisme par des éléments magnétiques perturbateurs (p 91). L'ANSM vient d'ailleurs de lancer une réévaluation du rapport bénéfice/risque des produits de contraste contenant du gadolinium http://ansm.sante.fr/S-informer/Actualite/Retinoides-produits-de-contraste-contenant-du-gadolinium-retour-d-information-sur-le-PRAC-d-octobre-2016-Point-d-Information	Meilikhov EZ. Is magnetic resonance imaging of human brain is harmful? Med Hypotheses. 2015 Sep;85(3):258-61. doi: 10.1016/j.mehy.2015.05.008. Epub 2015 May 15. PubMed PMID: 26003831. Vijayaaxmi, Fatahi M, Speck O. Magnetic resonance imaging (MRI): A review of genetic damage investigations. Mutat Res Rev Mutat Res. 2015 Apr-Jun;764:51-63. doi:10.1016/j.mrrev.2015.02.002. Epub 2015 Feb 21. Review. PubMed PMID: 26041266	F	Le chapitre sur l'IRM a été déplacé dans la partie 3 et est devenu le chapitre 3.4. Il a en outre été réécrit en partie et simplifié (l'encadré a été reporté en annexe).
Association – ONG	1.5	problématique des métaux en bouche que ce soit des plombages, des appareils métalliques en bouche qui ,soumis aux oem, induisent des courants en bouche et des tensions réactionnelles cervicales, maxillaires, nevralgiques...là je parle en tant que kinesitherapeute comportementaliste, mezieriste, chainiste gds. C'est un constat professionnel.		B	Cette hypothèse n'est pas documentée expérimentalement. Elle est néanmoins évoquée avec l'hypothèse 5 au § 7.1.3.
NEYRAND - Association – ONG	1.6	je regrette que notre association provenciale Poem26 n'est été audition ainsi que moi même masseur kinesitherapeute , j'ai enormement de choses à dire en tant que kinesitherapeute DE depuis 1980 mais aussi personne intolerante aux oem j'ai du faire construire mon local dans mon jardin pour me proteger et permettre l'acces aux soins à tous, EHS compris		G	L'Anses regrette de n'avoir pu auditionner toutes les personnes qui l'auraient souhaité et prend note de ce témoignage.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	1.5	pas étonnant que l'EHS ne figure pas dans les contre-indications puisqu'elle n'est pas reconnue!		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Association – ONG	2	vPriartem-électrosensibles de France p34. Remarques générales : - Nous réaffirmons notre intérêt pour la procédure de consultation publique qui accroît la transparence dans le processus d'expertise et peut favoriser des enrichissements aussi bien que des réévaluations d'un certain nombre de risques comme nous l'a montré le rapport Enfants. Nous remercions donc l'ANSES de s'y être prêtée, pour la seconde fois, en dépit de l'alourdissement de charges que cela entraîne pour l'Agence et ses experts. - Dès la présentation du contexte de l'expertise (p. 24, lignes 9-13), l'ANSES affiche l'importance qu'elle accorde à la compréhension de ce qu'est l'EHS, en se référant, notamment au rapport de 2009 qui a marqué un tournant dans l'appréhension par l'Agence de cette pathologie. - Nous constatons avec satisfaction que le GT n'a pas mis en œuvre lors de cette expertise la méthode d'évaluation du niveau de risque que nous avons contestée parce que non sensible aux signaux même lorsque ceux-ci ne sont plus faibles (2013 et rapport Enfants 2016) - Ceci se traduit par une structure du rapport très différente de la structure habituelle. Cette approche renouvelée constitue sans aucun doute une avancée mais pose, dans l'état actuel du pré-rapport un certain nombre de problèmes qui en rendent la lecture difficile.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	2	<p>- Le second problème concerne le plan du rapport. La construction retenue, qui se veut innovante, se traduit par de nombreuses redites. Les mêmes études sont analysées plusieurs fois (ce qui n'est pas un problème en soi, un même résultat pouvant avoir des implications et des interprétations multiples) mais sans que cette répétition soit mentionnée, d'une part, et surtout sans une plus-value nouvelle. Ce problème de plan apparaît dès le sommaire où l'on voit, par exemple, l'effet nocebo apparaître dans quatre parties différentes, ce qui se traduit par l'apparition de ce vocable à 62 reprises dans le texte ! Il apparaît également dans les répétitions de certaines références. L'exemple le plus patent est celui de l'étude Van Dongen (2014) citée pas moins de 26 fois à travers le texte (nous y reviendrons un peu plus loin). Nous avons essayé d'analyser les difficultés que nous éprouvons à suivre la construction du rapport. Les remarques et propositions qui suivent sont le résultat de notre réflexion. Elles ne visent pas à remettre en cause le travail fait mais bien à le rendre plus fluide, plus lisible. Manifestement, le pré-rapport est encore marqué par les découpages du travail entre les sous-groupes d'experts à l'intérieur du GT. Une réorganisation/reliassage semble maintenant nécessaire. Elle/il contribuera d'ailleurs à mieux faire émerger les lignes forces qui pourront soutenir le travail d'évaluation que nous avons évoqué plus haut.</p>		B	Suite à la consultation publique, certaines parties du rapport ont été modifiées.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	2	<p>- Le premier problème porte sur le fait que les logigrammes utilisés antérieurement ont été abandonnés (ce dont nous nous réjouissons), mais sans être remplacés par une autre méthode. Nous ne disposons donc plus d'aucun élément d'appréciation par le GT des niveaux de preuve. Reste alors seulement ce qui est dit de chacun des articles analysés. Leur mise en cohérence reste donc encore à construire. Nous ne mésestimons pas la difficulté que cela représente mais sommes convaincues que cette nouvelle construction méthodologique constituerait une avancée considérable. L'analyse sur les études de provocation montre à quel point sans indicateur d'évaluation du niveau de preuve, on demeure dans le flou, une étude positive étant suivie d'une étude négative et ainsi de suite ; cette analyse « à l'unité » étant elle-même suivie d'un développement portant sur les limites des études de provocation, lesquelles limites ne sont absolument pas prises en compte dans l'analyse précédente. Où en sommes-nous donc, à l'issue de cette lecture, sur l'évaluation du niveau de preuve concernant les études de provocation ? Il est bien difficile de le dire. Il en va de même des études portant sur les mécanismes susceptibles d'expliquer tout ou partie de l'EHS. Ceci se traduit d'ailleurs par des phrases à visée conclusive contradictoire ainsi sur l'effet nocebo, confirmé parfois mais relativisé ailleurs. Nous rappelons que, pour notre part, nous sommes attachés à ce que, sur cette maladie émergente, tous les signaux soient pris en compte et que, en conséquence, la méthodologie d'évaluation qui, nous en sommes convaincues, sera construite, soit la plus sensible possible à ces signaux.</p>		B	<p>Les logigrammes n'ont pas été utilisés parce qu'ils reposent sur la comparaison des études réalisées chez l'homme à celles réalisées sur des modèles animaux. Mais, ils ont bien été remplacés par une méthodologie construite et adoptée par le GT et le CES à l'issue d'une réflexion collective tenant compte des nombreuses incertitudes, aussi bien biophysiques que médicales, que recouvre le terme EHS. . La description de la méthodologie utilisée a été complétée dans le chapitre 2. Concernant les études de provocation, leurs limites intrinsèques sont discutées au § 6.2.3. L'apport global de l'ensemble des études de provocation analysées au § 6.2.1 dans l'étude de la causalité de l'EHS est discuté dans la conclusion au § 6.2.4.</p>

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	2	<p>Donc voici quelques propositions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ° Pour notre part, nous considérons qu'une expertise scientifique doit, avant tout, porter sur une analyse des résultats scientifiques. Nous pensons donc que le corps du rapport est constitué de la partie 6 actuelle, laquelle apparaît donc bien tard dans le rapport. Nous proposons donc une nouvelle présentation des chapitres qui vont de 3 à 8. ° Dans le chapitre 3 actuel, il nous semblerait logique que le GT mette en avant les travaux de recherche qu'il a lui-même initiés dans le cadre de la réalisation de l'expertise. Ainsi, à côté du travail de Yannick Barthe sur les témoignages des EHS (nous développerons ultérieurement) qui s'y trouve déjà (3.1) pourrait être associé, dans ce chapitre le travail du CSTB sur l'évaluation des dispositifs anti-ondes. Ces questionnements nouveaux sont à mettre au crédit de cette expertise et à valoriser en tant que tels. <p>Au premier chantier, celui de Y. Barthe, pourraient être rattachées logiquement la partie 3.6 qui complète l'analyse de Barthe ainsi que, comme c'est le cas actuellement, des données sociodémographiques (3.2) et des données ou plutôt des questionnements sur la prévalence de la maladie (3.5). En revanche, les points 3.3, 3.4 , 3.7 et 3.8, nous semblent devoir être rattachées au chapitre dédié à l'analyse des articles scientifiques impliquant des sujets EHS (actuel chapitre 6). Ainsi, en particulier, les éléments issus des auditions des scientifiques et médecins peuvent, très opportunément, être réintégrés et mobilisés comme autant d'apports dans les différentes analyses scientifiques et pour étayer la grille des symptômes et pour approfondir des pistes d'interprétation.</p> <ul style="list-style-type: none"> ° Chapitre 4 actuel : nous proposons soit d'en faire une annexe soit de le reporter après le chapitre 8 (prise en charge). ° Le chapitre 5 actuel sur les mécanismes d'interaction gagnerait à être rattaché à l'analyse sur la « recherche de mécanismes pour expliquer tout ou partie des EHS » de façon à ne pas être déconnecté de l'analyse de ceux-ci. ° Nous proposons que le chapitre 6 actuel, cœur de l'expertise, suive immédiatement les travaux originaux présentés au chapitre 3 et devienne donc chapitre 4. Celui-ci mérite également des éclaircissements et une réorganisation interne. 		B	<p>Le plan qui a été adopté est explicité au paragraphe 1.3. Tous les choix peuvent être critiqués. Ce plan obéit à l'objectif principal de présenter les différents points de vue sur la question de l'EHS et les différentes approches dont le GT eu connaissance, tout en évitant les amalgames.</p>

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	2	<p>La partie 6.1.1 devrait être enrichie des éléments issus du point 3.4 actuel sur le diagnostic. Une partie 6.1.1. pourrait reprendre le point 3.3 actuel. Le point 3.8 actuel, sur la proximité EHS et autres syndromes d'intolérance environnementale, pourrait devenir 6.3 La construction de la partie actuelle du 6.2, portant sur les études de provocation pose problème. Il semble étonnant d'analyser ces études pour ensuite mener une réflexion sur leurs limites (6.2.4) sans avoir du tout alimenter leurs analyses à l'aide des critères d'exigence de qualité qui ressortent de cette réflexion. Il nous semble donc nécessaire de partir des critères d'exigence de qualité avant d'analyser les différents articles scientifiques. Ceci aurait peut-être permis de relativiser la valeur de certains articles. Nous avons noté précédemment le fait que l'article Van Dongen et al. (2014) ait été cité 26 fois. C'est faire bien d'honneur à une publication de faible qualité qui pose des problèmes de biais qui paraissent rédhitoires. Ainsi en va-t-il du biais d'échantillonnage puisqu'il nous est dit que le recrutement des volontaires c'est fait en leur promettant une récompense ! Cet article est suivi de près, dans la course à la citation, par les travaux tout aussi problématiques d'une autre équipe, Szemerszky et al.. Là, c'est encore mieux : les volontaires, des étudiants, sont récompensés par des points pour leur évaluation ! Nous sommes surprises d'observer que de telles méthodes d'échantillonnage n'aient pas semblé troubler le GT, pourtant, souvent, très sourcilleux sur la qualité des études. Nous rappelons que nous avons versé une réflexion sur les conditions qui devraient être réunies dans ces études pour s'adapter aux spécificités de la pathologie EHS, lors de notre audition par le GT. Nous la reversons en annexe de notre contribution. Nous regrettons que peu de ces éléments aient été pris en compte dans l'analyse actuelle même si nous apprécions, dans la partie 6.2.4 actuelle, un certain nombre de notations nuancées qui tranchent avec les expressions retenues dans certains rapports étrangers.</p>		B	cf Réponse au commentaire n° 289.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	2	<p>Cette partie 6.2 nous semble le bon endroit pour rassembler les sous-parties éparpillées concernant l'effet nocebo et pour poser la question de façon globale. Nous proposons donc une première partie critique (au sens premier du terme, c'est à dire évaluative) consacrée aux études de provocation qui serait suivie de l'analyse de ces dites études. Rappelons qu'à la base, les études de provocation sont théoriquement élaborées pour évaluer l'impact de l'exposition à court terme sur des sujets EHS ou non-EHS et étudier les différents facteurs d'expositions sur l'apparition de sensations subjectives ou de réactions objectivables (HRV, EEG par exemple). Devraient donc être réintégrées, dans cette analyse, les études qui correspondent à des études de provocation (études en laboratoire évaluant les effets à court terme d'une exposition limitée dans le temps aux CEM) qui ont été évaluées en 7.4 SNA , 7.5.4 Activité électrique et métabolisme du cerveau, 7.5.5 Sommeil, 7.5.6 Cognition. Sur cette base, le corpus ainsi évalué permettrait de dégager plus clairement le niveau de preuve de l'impact de l'exposition sur des sujets EHS ou non-EHS et les éventuelles différences entre EHS et non-EHS. ° L'annexe 13 est improprement reliée dans son titre à la notion d'effet nocebo (il est dit lignes 8 à 10 que « Tout récemment, l'attribution causale a été évoquée comme pouvant être un mécanisme pouvant générer un effet nocebo, sans nécessiter une réaction de stress. Pour l'instant, cette dernière hypothèse est insuffisamment argumentée. »). En tant que texte consacré aux mécanismes du stress, du conditionnement, cette annexe nous paraît essentielle et mérite de figurer dans le cœur du rapport. En effet, elle pose clairement la problématique des CEM comme stimuli (cf également les études sur l'EEG), occasionnant comme tout stimulus un stress et une réaction de l'organisme selon le syndrome général d'adaptation décrit par Selye, et ouvre sur les possibilités de renforcement / potentialisation à long terme et sensibilisation périphérique et centrale liés à la répétition de ce stress. Cette façon d'aborder le problème permet de le poser avec méthode et de le relier à des domaines connus en neuro-immuno-endocrinologie, à relier au chapitre sur les mécanismes possibles. Sur cette base, la plausibilité d'un effet nocebo se doit d'être interrogé.</p>		B	<p>cf Réponse au commentaire n° 289. Le rapport d'expertise a été modifié. Les différents éléments relatifs à l'effet nocebo (dont l'ancienne annexe 13) ont été rassemblés dans le § 7.7.</p>

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	2	° Le chapitre 7 actuel deviendrait le chapitre 5. Il serait enrichi de l'actuel chapitre 5 et deviendrait un chapitre sur les causes (mécanismes) et les effets induits. En effet, se trouvent mélangés dans ce chapitre des mécanismes possiblement explicatifs et des effets. C'est particulièrement le cas des migraines et des troubles du sommeil par exemple, pour lesquels d'ailleurs les rapporteurs posent la question cause ou effet. C'est encore plus le cas des fonctions cognitives qui en aucun cas ne peuvent être considérées comme des mécanismes susceptibles d' « expliquer tout ou partie des symptômes des EHS » mais bien comme des effets ressentis.		B	cf Réponse au commentaire n° 289.
Association – ONG	2	- Nous continuons à constater des manques importants dans la bibliographie. Nous avons versé, lors de notre audition, une liste bibliographique de près de 400 articles. Nous constatons que peu d'entre eux ont été repris et souhaitons connaître les bases de la sélection qui a été établie. En effet, les manques sont particulièrement criants sur le SNC et encore plus précisément sur l'EEG et le sommeil, c'est à dire sur les éléments susceptibles d'accroître la compréhension de la maladie. Travailler sur une étude des mécanismes biologiques susceptibles d'expliquer l'EHS, comme annoncé dans le pré-rapport, nous semble tout à fait important. Cette question aurait dû se traduire par une revue large de toute la littérature scientifique susceptible d'éclairer la question. Et pourtant, nous avons noté, sur cette partie, notamment, de grosses lacunes dans la bibliographie. Nous repropsons donc une liste constituée de ce qui nous paraît essentiel, enrichie de publications récentes susceptibles de faire avancer la connaissance sur cette maladie et, plus globalement, sur les effets des ondes sur l'organisme (voir nouvelles publications sur le BHE par exemple)		B	Le GT a réalisé une recherche bibliographique la plus exhaustive possible de la littérature scientifique internationale sur le thème de l'EHS. Les articles complémentaires transmis par les membres du Comité de dialogue et lors de la consultation publique ont été inclus lorsqu'ils répondaient aux critères de sélection décrits au chapitre 2 qui a été précisé en conséquence.
Association – ONG	2.1	Typologie des documents expertisés : il est dommage de ne pas prendre en compte les proceedings des conférences sous l'égide de l'OMS comme ceux de 1998 et 2004		B	Il est difficile de juger la qualité des <i>proceedings</i> de conférences, il ne s'agit pas d'articles originaux soumis à un processus de révision critique. Ces documents n'apportent donc pas le même niveau de preuve.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	2.1	p 35 références proposées par le comité de dialogue Il y a de nombreuses références que nous avons proposées qui semblent pourtant rentrer dans les critères et qui n'ont pourtant pas été prises en compte (environ les 2 tiers). Sur quels critères ont-elles été éliminées ?	Carrubba S, Friot C 2nd, Chesson AL Jr, Marino AA. Evidence of a nonlinear human magnetic sense. Neurosci. 2007 Jan 5;144(1):356-67. Epub 2006 Oct 25. PubMed PMID: 17069982. Biera	B	Le groupe de travail a réalisé une recherche bibliographique la plus exhaustive possible de la littérature scientifique internationale sur le thème de l'EHS. L'ensemble des références transmises par le Comité de dialogue ont été examinées selon les critères de sélection des articles présentés au chapitre 2 et rappelés au § 2.1.5.
Association – ONG	2.1	références proposées par le comité de dialogue (suite)	Bell GB, Marino AA, Chesson AL, Struve FA. Human sensitivity.	B	cf Réponse au commentaires n° 351.
Association – ONG	2.1	In 2013 Conrad & Friedman filed expert testimony with the Maine Public Utilities Commission consisting in part of a Smart Meter Health Effects Survey and Report [1st link in the Bibliography section]. Other testimony relevant to the current solicitation may be found at the 2nd link. Probably the most important finding of the survey was that 42% of the over 200 respondents began for the first time suffering symptoms associated with RFR exposure or, pre-existing symptoms increased to moderate or severe, after a wireless digital "smart" meter was installed BUT BEFORE they became aware their meters had been switched [see Question 17]. This is not to imply in any way the other 58% of respondents had a psychological origin for their symptoms but only that since these people knew when the smart meters were installed we could not eliminate this variable. This was a well-designed study and while not yet published, was accepted into evidence by the state of Maine. The survey results provide excellent evidence that physiological changes do occur when some people are exposed to the low-level RFR transmissions from smart meters and that the meters can definitely cause harm.	http://www.mainecoalitionstosmartmeters.org/wp-content/uploads/2013/02/Exhibit-D-Smart-Meter-Health-Effects-Report-w-AppendicesV3-1-9Reduced-Appendices.pdf http://www.mainecoalitionstosmartmeters.org/?p=267	G	L'Anses prend note de ce commentaire, néanmoins la référence citée ne peut être retenue car elle n'a pas fait l'objet d'une publication scientifique.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
NEYRAND - Association – ONG	2.3	est-il possible d'être encore auditionnée? je ne vois aucun paramédicaux qu'ils soient kinésithérapeute, infirmière, sage femme...interpelés par le sujet et/ou intolérant aux ondes témoignés ... nous sommes en train de constituer un collectif de thérapeutes EHS diplômés d'état français qu'ils soient médecins, kinés, infirmières, pharmaciens, sage femme, psychologues... tous sont soit intolérants soit EHS. Ceci afin d'alerter sur cette grave problématique sanitaire, mais oui les médicaux sont aussi concernés par l'irradiation des ondes, nous sommes tous concernés!	a	G	L'Anses regrette de n'avoir pu auditionner toutes les personnes qui l'auraient souhaité et prend note de ce commentaire.
DUPAS - Académique, recherche	2.3	Dr Dupas Lieu d'exercice : rajouter Consultation de Pathologie professionnelle et environnementale avant CHU de Nantes		D	Le rapport d'expertise a été complété.
	2.4	Il faut souligner que cette enquête met en évidence la disparité des EHS, les EHS les plus touchés étant les moins représentés dans les études et enquêtes, n'ayant pas accès à Internet ni même au téléphone pour certains, isolés, en errance, submergés revenir par leurs difficultés quotidiennes pour survivre. Il ne faut donc pas réduire le problème aux EHS les plus « visibles ».	Ces remarques et les suivantes sont issues de mon expérience personnelle, de mes échanges avec de nombreux EHS et de mes recherches sur le sujet	B	La remarque est pertinente, les questionnements soulignés sont abordés aux § 3.7 et 6.2.3. Les études de la sévérité de la symptomatologie n'ont été abordées que dans deux articles au § 3.5.2. Le recrutement des participants représente en effet l'une des conditions limitantes des études sur l'EHS.
Société Française de Radioprotection - Association – ONG	2.4	Le contexte du projet de zone blanche peut-il être brièvement présenté ici ? Suggestion : Dans ce même paragraphe, P37, L 37 : remplacer « conçu comme un lieu de recherche » par « envisageable (ou envisagé) comme un lieu de recherche » dans la mesure où c'est actuellement un projet dont la trame, les chercheurs ou les organismes impliqués ne sont précisés ou référencés.		D	Des précisions ont été apportées en note de bas de page au § 2.4.2 et la formulation de la phrase en question a été modifiée.
NEYRAND - Association – ONG	2.4	merci pour la correction suivante: Prévention Ondes Electromagnétiques Drome (POEM26)		F	La modification du rapport a été effectuée.
	2.4	La gravité de l'atteinte à des conséquences totalement différentes : les plus touchés subissent : l'exclusion, la très grande solitude, l'errance, le désespoir... et leur vie est en danger.		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Société Française de Radioprotection - Association – ONG	3	<p>La première remarque concerne, et c'est essentiel, la définition de l'EHS. Le rappel des 3 critères retenus par l'OMS (perception par les sujets de symptômes fonctionnels divers non spécifiques / absence d'évidence clinique et biologique permettant d'expliquer ces symptômes / attribution de ces symptômes par les sujets à des champs électromagnétiques diversifiés) devrait être accompagné du rappel de l'absence de preuve expérimentale de causalité entre l'exposition aux CEM et les symptômes également souligné par l'OMS dans son aide mémoire. En effet, bien que ceci soit précisé en page 26 du présent rapport, il s'agit là du premier paragraphe du bilan des connaissances établi par ce rapport, les paragraphes précédents explicitant la méthodologie de travail de l'ANSES. La lecture rapide qu'en feront la majorité des lecteurs doit permettre de saisir d'emblée la difficulté de la question dès l'essai de « définition » de l'objet. Plutôt qu'une définition, il s'agit plutôt de « marques d'identification » retenues par commodité. Notons que l'OMS pose la question qu'est-ce que l'hypersensibilité électromagnétique, mais ne propose pas une définition. C'est d'ailleurs bien pour éviter les confusions autour de cette « définition » inhabituelle dans sa forme que l'OMS avait assorti sa description de cette précision. Témoigne de cette imprécision de la définition, la grande variation de la prévalence de l'hypersensibilité, qui varie entre 1,5% et 13,3% (pages 53-56). Ceci pose la question de la validité de son diagnostic positif et de son diagnostic différentiel en l'absence confirmée de tout critère objectif. Il nous semble aussi important, puisque ce paragraphe prend appui sur les travaux de l'OMS (OMS 2006), d'en retranscrire le plus fidèlement la teneur, en citant ce passage : « L'IEI est un descripteur n'impliquant aucune étiologie chimique ou aucune sensibilité de type immunologique ou électromagnétique. Ce terme regroupe un certain nombre de troubles ayant en commun des symptômes non spécifiques similaires, qui restent non expliqués sur le plan médical et dont les effets sont préjudiciables pour la santé des personnes. » soulignant ainsi la complexité du sujet et le fait qu'il n'y a pas à proprement parler de définition de l'EHS.</p>	<p>http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs296/fr/</p>	E	Le paragraphe en question a été reformulé.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Société Française de Radioprotection - Association – ONG	3	Seconde remarque : dans ce sujet complexe le recul clinique obtenu depuis les premières observations de cas de l'EHS mérite d'être explicitement rapporté. En effet les « épidémies » de réactions notamment cutanées de type hypersensibilité qui avaient suivi les premières introductions d'écrans d'ordinateurs, notamment en Norvège et en Suède, n'ont pas donné lieu à l'apparition d'une pathologie objective et les symptômes se sont amendés progressivement sans mesure thérapeutique particulière		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Bevington	3	(A) Cette définition ne distingue pas entre les deux conditions distinctes (1) réelle physiologique électrosensibilité, parfois causée par des phénotypes génétiques, et (2i) le tout autre Electrophobie ou IEI-CEM qui est psychologique. L'OMS Document d'information 296 confond ces deux conditions. Ils sont clairement différents parce que les adultes ignorent, les enfants et les animaux peuvent présenter des symptômes d'électrosensibilité, mais ils ne peuvent pas montrer des symptômes de Electrophobia, car ils ont pas connu le conditionnement psychologique préalable. L'effet 'Nocebo' peut appliquer seulement s'il y a un conditionnement psychologique avant, où il n'y a pas dans ces exemples de électrosensibilité. (B) L'électrosensibilité peut être asymptomatique et seulement subliminale symptomatique, car il a été démontré que 40% des adultes souffrant d'états inflammatoires chroniques sont techniquement électrosensibles (Marshall TG, 2016). (C) Cet avis bénéficierait d'une plus large reconnaissance de l'étude de électrosensibilité depuis sa découverte et première description en 1932. (D) Il devrait y avoir une section sur les effets établis des symptômes conscients et inconscients électrosensibilité d'événements géomagnétiques, qui ont été convaincante et constamment montré pendant plusieurs décennies.	Abdel-Rassoul G et al Neurotoxic 2007 PMID 16962663. Bevington M "Electromagnetic Sensitivity and Electromagnetic Hyper-Sensitivity" 2013 ISBN 9781872072210. Borkiewicz A et al Med Pr 2004 PMID 15620045. Budzinski BI et al Neue Zeitschr Verwaltungsrecht 2015. Carpenter DO Alt Ther Health Med 2014 PMID 25478802. Carpenter DO Rev Envir Health 2015 PMID 26556835. Chiu CT et al J Formos Med Assoc 2014 PMID 25115529. Chou R Y S et al Clin	B	Le groupe de travail a pris connaissance des études citées, qui n'impliquent pas de modification du rapport.
Bevington	3	comme pour la ligne 1	Ikeda K et al Envir Health Prev Med 2014 PMID 24347468 . Johansson	B	Le groupe de travail a pris connaissance des études citées, qui n'impliquent pas de modification du rapport.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Bevington	3	comme pour la ligne 1	Schaap K et al Occup Environ Med 2014 PMID 24714654 . van Nierro LE	B	Le groupe de travail a pris connaissance des études citées, qui n'impliquent pas de modification du rapport.
Bevington	3	comme pour la ligne 1	Eger H et al Um-Med Gesellschaft 2010 www.electrosensitivity.com Mechanis	B	Le groupe de travail a pris connaissance des études citées, qui n'impliquent pas de modification du rapport.
Bevington	3	comme pour la ligne 1	Navarro E et al Electromagn Biol Med 2003. Oberfeld G et al 2002 Paill	B	Le groupe de travail a pris connaissance des études citées, qui n'impliquent pas de modification du rapport.
Bevington	3	comme pour la ligne 1	Tresidder A et al "Electrosensitivity: Sources, Symptoms, and Solutions" in Rosch	B	Le groupe de travail a pris connaissance des études citées, qui n'impliquent pas de modification du rapport.
Association – ONG	3	Définition OMS La définition actuelle de l'EHS par l'OMS (fact sheet n°296) repose sur la notion d'attribution par le patient de ses symptômes, qualifiés de non-spécifiques, à l'exposition aux champs électromagnétiques, en l'absence de toute autre pathologie pouvant les expliquer. Cette façon de poser le problème le confine nécessairement à une approche uniquement subjective et à l'auto-diagnostic. Cette définition évacue également les patients dont les symptômes pourraient potentiellement être générés ou aggravés par les champs électromagnétiques, s'ils sont diagnostiqués pour une autre pathologie ou bien s'ils n'attribuent pas d'eux-mêmes leurs symptômes aux champs électromagnétiques. En conséquence, cette définition ne permet pas d'appréhender le rôle potentiel des champs électromagnétiques sur d'autres pathologies, ni d'établir les facteurs de risque de cette intolérance environnementale en terme de comorbidité		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
MONET	3	Bonjour, J'ai été pendant 5 ans ehs. Ce fut une grande souffrance. J'ai pu me libérer de cette pathologie et des autres associées comme vous pouvez le lire dans mon témoignage ci-dessous. Mais je reste fragile et dois me tenir dans une hygiène alimentaire (régime paléolithique) et une hygiène de vie sévères. Je ne ressens plus les rayonnements électromagnétiques physiquement, mais parfois je peux constater des troubles importants : la présence par exemple dans un appartement du compteur linky (et le cpl en général) me prive totalement de sommeil. Voici mon témoignage qui date de 2010 : http://www.agirsante.fr/temoignage-melodie-8-juin-2013.html	http://www.taty.be/topos/index.htm http://www.ateliersante.ch/candida.htm http://www.curenaturalica.ncro.com/fr/tag/candida/ (voir les vidéos) http://www.francelyme.fr/symptomes.html	G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Association – ONG	3.1	Constitution d'un corpus de lettres de personnes se déclarant EHS : Merci de préciser : « Le corpus de lettre que des personnes se déclarant EHS ont adressées à l'ANSES suite à une opération du collectif des électrosensibles de France.		F	Le rapport d'expertise a été modifié.
Dieudonné - Académique, recherche	3.1	Cette position « pragmatique » est effectivement majoritaire parmi les travaux concernés, mais elle est aussi contestée par certains auteurs. Il serait peut-être intéressant pour les lecteurs du rapport d'en mentionner certains (Greco [2012] par ex.) ?	Greco M., 2012, The classification and nomenclature of "medically unexplained"	D	Une note de bas de page a été ajoutée au rapport.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	3.1	<p>Corpus de lettres : A propos des limites, outre celles qui concernent les biais de recrutement, il faut y ajouter les limites liées au contenu. Il est fréquent que les sociologues soient amenés à travailler sur des données non spécifiquement collectées pour l'usage qu'ils souhaitent en faire. Ceci réduit forcément la richesse de l'analyse qui en ressort car il peut manquer des informations non essentielles pour le producteur de données mais nécessaires à l'analyse que le chercheur veut mener. Dans certains cas, ces inconvénients sont « compensés » par l'ampleur des données qui permet la mise en œuvre de méthodes statistiques que le chercheur devra adapter non seulement aux limites des données dont ils disposent mais également aux questions auxquelles elles sont susceptibles de répondre. Donc travailler sur des données non spécifiquement construites et collectées dans le cadre d'une recherche représente toujours un défi. Donc bravo à Yannick Barthe d'avoir eu le courage de relever ce défi, d'autant que l'échantillon sur lequel il a travaillé ne lui permettait aucune approche statistique. Cependant, et cela revient à plusieurs reprises, on ne peut pas vraiment considérer que le fait que « ces témoignages ne sont pas complètement « ouverts » ait pu constituer un frein à la richesse des données fournies, «qu'il ait influencé les réponses... » (p. 41, lignes 28 à 30) En effet, dans son appel à témoignages, le Collectif des électrosensibles a proposé des thèmes à aborder, ce qui se fait traditionnellement dans les enquêtes sociologiques hormis dans le cadre d'entretiens totalement non directifs, et non des types de réponses à apporter, ce qui aurait effectivement faussé les données. Je comprends la frustration du chercheur. Une analyse sociologique sur un matériau de ce type part souvent des données socio-démographiques, ne serait-ce que pour vérifier la représentativité ou non des données analysées. Ici, elles sont très parcellaires, à trou, comme le dit Yannick Barthe. Et donc peu utilisables. L'angle d'analyse choisi nous paraît très pertinent : p.42, ligne 21 : rechercher, à travers la diversité des situations les thèmes récurrents.</p>		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
NEYRAND-Association – ONG	3.1	je peux confirmer que le parcours de l'intolérant ou de l'ehs est un parcours du combattant je suis aussi maman d'une jeune de 25 ans qui a déclenché des symptômes depuis l'âge de 14 ans, sa jeunesse n'est pas à envier:les 1eresannées multiples medecins, psycho, psychiatre sans amelioration aucune de son etat seule l'eviction totale des oem artificielles ameliorait son etat elle a reussi à faire des etudes de toxicologies environnement à Paris Diderot: l'environnement etait tellement pollué que sa responsable de fac lui a permis de passer ses epreuves dans son apartement et de terminer son stage à distance à notre domicile elle est depuis reconnue par la mdph de la drome handicape tt ceci pour dire que par ignorance méconnaissance aucun traitement chimique , aucune psychotherapie ne viendra à bout des ondes quand vous etes irradiés et ehs ,vous subissez des douleurs intolerantes qui ne peuvent que destructurer le corps et l'emotionnel		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Particulier	3.1	Le discours des E HS et forcément un contre discours car c'est une maladie émergente, dont les médecins ne sont absolument pas informés : on doit donc justifier en permanence nos douleurs et nos symptômes		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Particulier	3.1	Les témoignages de personnes EHS en grande souffrance justifient une prise en charge de toute urgence		G	L'Anses prend note de la remarque formulée. Le rapport d'expertise final comprend des recommandations en matière de prise en charge des personnes EHS.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	3.1	, « un contre-discours ». Il ne nous semble pas que le matériau dont il dispose permette à l'auteur de conclure à un « contre-discours » dont l'objectif serait « d'écarter la thèse psychogène ». Il peut, c'est tout à fait son droit, le retenir comme une hypothèse mais pas comme relevant de l'analyse des données dont il dispose. Nous ajouterons que qui a assuré des permanences téléphoniques recevant des appels d'EHS sait comment spontanément dans la description qu'ils font de leur mal être ils soulignent ces deux notions d'avant et d'après et il est bien difficile d'en déduire qu'il s'agit là d'un discours construit afin de convaincre ? Cette notion de rupture avant/après transparait également dans les travaux de Dieudonné 2016 et A. Ouillon, du moins chez un certain nombre de personnes.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Particulier	Remarques générales	je confirme les symptômes : très grosses fatigues toujours accompagnées de maux de tête avec très grande gêne au niveau des yeux cela, durant 24 heures environ. Les sources sont en premier le WIFI (effet immédiat et très lourd) , les ALARMES sans fil (habitations et commerces) (effet immédiat et lourd) , les portables, tout spécialement dans les voitures (idem).et l'ordinateur au bout d'une heure environ		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	3.1	<p>tableau 3 liste des symptômes : ajouter : -hypertension (qui disparaît avec éloignement des sources d'ondes) -sensation de "serrements-tiraillements" dans la poitrine et dans la tête (différent d'une migraine classique) (idem) -acouphènes : les perceptions de sifflements, ou bourdonnements (souvent perception "dans la tête" et pas dans les oreilles) ont été étudiées aux USA suite à des plaintes de techniciens radars, et ont été baptisées "microwave hearing" par A. Frey, le premier à les avoir étudiées.(1) De nombreuses études ont suivi, défendant des théories contradictoires quand à l'explication du phénomène (interaction directe avec le système nerveux, ou expansion thermo-élastique des tissus du cerveau) . Par exemple:(2): « The human auditory response to pulses of radiofrequency (RF) energy, commonly called RF hearing, is a well established phenomenon. RF induced sounds can be characterized as low intensity sounds because, in general, a quiet environment is required for the auditory response. The sound is similar to other common sounds such as a click, buzz, hiss, knock, or chirp. Effective radiofrequencies range from 2.4 to 10 000 MHz, but an individual's ability to hear RF induced sounds is dependent upon high frequency acoustic hearing in the kHz range above about 5 kHz. »</p> <p>L'effet est reconnu mais pas considéré comme nocif (pourtant les acouphènes peuvent être invalidantes !): (2) : « The potential for human exposure to pulsed fields that could induce RF hearing raises two questions with regard to the significance of the effect. One, what is the psychological impact of RF sounds? Two, aside from the perception of sounds, what is the physiological significance of exposure to pulsed RF energy at intensities at and above the threshold for hearing? The hearing of RF sounds at threshold exposure levels is considered to be a biological effect without a health effect and, therefore, is not an adverse effect1. » Il semblerait que les dites « acouphènes » soient perçues à proximité de stations de base.</p>	<p>(1) Frey, Allan H. Human auditory system response to modulated electromagnetic energy. General Electric Advanced Electronics Center. Cornell University . J. Applied Physiol.. 17(4):689-692. 1962- (2)J.A. Elder and C.K. Chou. Motorola Florida Research Laboratories, Ft. Lauderdale, FL, USA.Auditory Response to Pulsed Radiofrequency Energy. Bioelectromagnetics Supplement 6:S162^S173 (2003)</p>	B	Le tableau 3 présente une liste des symptômes répertoriés dans les courriers étudiés, elle n'est donc pas exhaustive

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	3.1	le tableau : peut-on présenter les symptômes selon leurs fréquences d'apparition dans les témoignages. Même si l'échantillon n'est pas représentatif statistiquement, la présentation par occurrences est intéressante, d'autant qu'elle peut être comparée aux résultats d'autres recherches.		B	Le matériau examiné dans ce chapitre est de nature qualitative et ne se prête pas à un traitement statistique pertinent.
Dieudonné – Académique, recherche	3.1	Pour que l'EHS constitue véritablement point de départ, il faudrait que sa découverte précède l'apparition des premiers symptômes. Cela ne semble pas être le cas ici, et les trajectoires étudiées semblent plutôt se distinguer par la rapidité avec laquelle elles aboutissent à l'EHS. Il est possible que la reconnaissance de leur état apparaisse rétrospectivement évidente aux personnes EHS, sans l'avoir été sur le moment. L'insistance sur cette évidence joue parfois aussi le rôle d'argument en faveur de la réalité de leur sensibilité. Plus globalement, on peut considérer que la reconnaissance de l'EHS marque à la fois une arrivée (en tant qu'attribution d'un sens à des problèmes de santé plus ou moins anciens) et un départ (en tant qu'elle ouvre de nouvelles possibilités d'actions). De Graaff & Bröer [2012] sont parvenus à la même conclusion sur ce point, à l'aide d'une enquête qualitative réalisée aux Pays-Bas en 2008-2009. Leur article est malheureusement très mal référencé (je n'en ai eu connaissance qu'après la publication du mien, qui a conduit l'un des auteurs à me contacter). C'est sans doute aussi pourquoi il n'est pas inclus dans la bibliographie du rapport ?	Graaff M.B. de, Bröer C., 2012, "We are the canary in a coal mine": Establishing a disease category and a new health risk, Health, Risk & Society, 14, 2, 129-147	D	Les différentes hypothèses sur les modalités d'installation de l'EHS ont été complétées et sont présentées au § 3.7.1.
Gabay - Entreprise ou fédération d'entreprises	3.1	Plutôt que de parler de "découverte" de l'EHS, il me semblerait plus précis de parler d'"invocation" de l'EHS.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Gabay - Entreprise ou fédération d'entreprises	3.1	Plutôt que de parler de "découverte" d'une possible intolérance aux champs électromagnétiques, il me semblerait plus précis de parler d'"invocation" d'une possible intolérance aux champs électromagnétiques.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Gabay - Entreprise ou fédération d'entreprises	3.1	Plutôt que de parler de "découverte" de l'EHS, il me semblerait plus précis de parler d'"invocation" de l'EHS.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Association – ONG	3.1	la découverte de l'EHS : Il serait intéressant d'étudier plus précisément les deux typologies l'EHS comme point d'arrivée / EHS comme point de départ » selon le type de source qui semble être à l'origine des premiers troubles. Empiriquement, nous constatons effectivement ces deux cas de figures. Nous avons le sentiment que souvent le premier cas correspond à des personnes sensibilisées d'abord aux ELF, parfois sur de longues années, beaucoup ayant résidé très près d'un transformateur électrique (et développant assez souvent dans un second temps une sensibilisation aux RF) et le second cas correspond plutôt à des personnes se sensibilisant aux RF (wifi, antennes, portables...). Ceci nécessiterait une étude selon des critères scientifiques. Ces deux typologies sont également constatées par Dieudonné 2016.		C	L'Anses prend note de ce commentaire, et souligne que l'insertion de la référence à Graaff M.B. de, Bröer C., 2012, en note de bas de page (cf. 3.1.4.2), permet d'y répondre partiellement.
Association – ONG	3.1	P. 46, ligne18 : il serait intéressant de savoir combien de personnes ont cité cette protection. Id, il serait intéressant de chiffrer le nombre de personnes qui ont déclaré avoir changé d'habitudes alimentaires, opté pour des médecines alternatives...		B	Le matériau examiné dans ce chapitre (le corpus de lettres a été limité en nombre) est de nature qualitative et ne se prête pas à un traitement statistique pertinent.
Association – ONG	3.1	P. 46, ligne 39, plutôt que « leur désir d'être pris au sérieux » dire « leur désir que leurs souffrances soient prises au sérieux » ; Dans l'analyse, on ne voit pas apparaître les notions d'exclusion sociale et/ou professionnelle même si l'idée se trouve exprimée autrement et mélangées aux difficultés liées à la gestion de la maladie (p. 46, lignes 48 à 50). Nous proposons que les deux registres de difficulté soient distingués car l'exclusion fait partie aussi des caractéristiques de cette maladie. Il ne s'agit pas d'une dimension parmi d'autres mais d'un élément essentiel qui doit interpeller les pouvoirs publics.		E	La formulation "pris au sérieux" est une citation issue de l'analyse des courriers reçus. Il n'est donc pas possible de la modifier. Les notions d'exclusion sociale et/ou professionnelle des sujets se déclarant EHS n'ont pas été abordées spécifiquement au cours de l'expertise.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	3.2	P48 description des caractéristiques socio-démographiques des sujets EHS Age moyen : S'agit-il de l'âge du sujet au moment de l'enquête ou de l'âge auquel les troubles sont apparus ? Le second serait plus riche d'enseignement pour décrire l'histoire de la maladie. Professions : une enquête précise serait nécessaire : nous avons dans nos membres de nombreuses personnes dans l'informatique ou l'infographie, des enseignants...		D	La précision concernant l'âge moyen des personnes EHS, pris au moment de la réalisation des études, a été apportée dans le rapport d'expertise.
Association – ONG	3.2	p 48 Sources considérées comme cause : l'EHS a été décrite sur les militaires ou par les russes avant de l'être sur les personnes travaillant sur écrans cathodiques (cf nos remarques sur la partie historique) P. 48, lignes 30-31, à propos de populations professionnelles plus spécifiquement exposées, il faut ajouter que cette dimension ne ressort pas tout simplement parce qu'elle n'a jamais été étudiée. On ne peut trouver que ce que l'on a cherché.		D	Une note de bas de page a été ajoutée dans le §1.2 concernant l'historique de la problématique .
LEGER - Particulier	3.4	Légende : les valeurs en gras sont celles correspondant à la source la plus citée de l'étude. : Il faut impérativement interdire le WI-FI 2,4GHz et les dispositifs numériques basés sur les fréquences voisines. Noter qu'il est invraisemblable de se limiter (loi) aux crèches et garderies en omettant le monde de la petite enfance et prénatal en sachant les dégâts relatés dans le monde des adultes.	Travail effectué par vous-mêmes.	A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
	3.3	J'ai 70 ans .Quand les tel portables sont arrivés j'ai constaté avec surprise qu'en toucher un et l'allumer me declenchait des maux de tete pour des jours ! Donc je ne peux les utiliser ni tolerer quelqu'un qui en utilise à coté de moi.Idem pour rentrer dans une maison où il y a la Wlfi qui fonctionnell ya une zone en ville ou je sais qu'y passer va avoir les memes consequences		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Fortin - Association – ONG	3.3	Une étude allemande d'un district de la Bavière (Oberfranken, 2005) a permis de relier les symptômes de 356 patients à leur niveau d'exposition aux micro-ondes, exprimée en microwatts par mètre carré ($\mu\text{W}/\text{m}^2$).	www.powerwatch.org.uk/news/20050722_bamberg.asp	B	Aucune publication scientifique n'a été retrouvée en lien avec la référence citée, qui provient d'une lettre ouverte écrite par un médecin à l'attention du Premier ministre de Bavière.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	3.3	P. 49 dans le tableau une erreur de date. L'étude de Dieudonné a été publiée en 2016 et non en 2006		F	La correction a été effectuée.
Ballet - Association – ONG	3.4	Propositions de diagnostic Des chercheurs russes du RCNIRP (notamment Oleg Grigoriev) ont émis l'hypothèse que les personnes ayant un fonctionnement spécifique du système nerveux central, se signalant par « low to moderate alpha rythm in EEG for open and closed eyes » (1), seraient plus susceptibles d'être EHS (des publications sont citées dans la vidéo)	(1) Radiation Research Trust meeting June 2015 with Professor Oleg Grigoriev http://www.youtube.com/watch?v=82z1dbOIKN2	G	L'Anses prend note de l'hypothèse formulée, qui nécessite d'être mieux documentée.
Association – ONG	3.4	p.50, lignes 31 à 45 et tout particulièrement ligne 45 : nous ne trouvons pas vraiment que les études analysées dans la partie 7.4, rendent l'hypothèse de Von Klitzing sur la modification du SNA peu crédible. Nous versons en outre des références bibliographique pour la partie 7.4 SNA qui sont susceptibles d'apporter des éclairages complémentaires		B	L'hypothèse développée par Von Klintzing est à ce jour non étayée et non vérifiée (voir §3.5.1 et analyse détaillée de l'article de Tuengler et al. 2013 au § 6.2.1.2.3), et le rapport a été reformulé en ce sens.
Association – ONG	3.4	: Directive autrichienne : lignes 25-27 : nous versons à la connaissance du groupe d'experts, les directives Europaem 2016, toutes récentes, largement inspirées de la directive autrichienne mais mettant à jour l'approche diagnostic et de prise en charge.	Belyaev I, Dean A, Eger H, Hubmann G, Jandrisovits R, Kern M, Kundi M, Moshhammer H, Lercher B	C	L'article Belyaev et al. 2016 a été publié après la rédaction du pré-rapport. Il a été résumé dans le nouveau chapitre 3.5.1 de la version définitive, cependant, il comporte trop d'imprécisions pour être utilisé.
Association – ONG	3.5	P53 Estimations de pourcentages dans différents pays p.53 ligne 42: La question de l'étude Van Dongen 2014 : « Croyez-vous... ? » C'est ce qu'on appelle une question neutre !		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
DUPAS - Académique, recherche	3.5	Je m'étonne du nombre de cas très faible (15) en 2015 dans le RNV3P ; il y a certainement une erreur. Etant donné l'absence de code CIM 10 pour l'EHS, peut-être la recherche n'a t-elle pas retrouvé tous les cas? Nous utilisons désormais le code U 09 et rien qu'à Nantes, nous avons vu 25 cas.	requête réseau RNV3P	C	Pour la version du rapport d'expertis mmis en consultation publique, la requête sur les données du RNV3P portait uniquement sur le début de l'année 2015, ce qui explique le faible nombre de cas rapportés. Les données ont été actualisées pour les années 2015 et 2016.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Jolivet - Particulier	2.5	<p>Bonjour, j'ai pour la première fois été pris de sensation de "tête serrée" alors que j'étais depuis seulement 15 minutes dans deux lieux précis. (région toulousaine) Ingénieur, ayant remarqué dans ces deux endroits un relais téléphonique gsm visible, je suis revenu avec un ami possédant un appareil de mesure "gigahertz solution" adapté à ces bandes de fréquence sur ces lieux. Le niveau mesuré était de 1 à 3 milliwatt par metre carré dans ces deux lieux. Comme dans mes lieux de vie habituel, il n'y a pas de wifi ni dect, peut-être mon exposition soudaine à de forts niveaux (du point de vue de cet ami) a t elle déclenché cette sensation nette, et réversible dès le départ des sites.</p> <p>Par ailleurs, toujours sur les conseils de cet ami, il a mesuré dans mon lieu de sommeil les champs électriques 50 hz. Un fil mural passait proche de ma tête, générant un champ électrique de 50 V/m. Ayant placé un écran conducteur relié à la masse sans trop croire à ses conseils, je dors désormais 6 heures d'affilée alors qu'avant je me réveillais fréquemment ! Etant ingénieur, j'espère que mes témoignages bruts que je vous livre, qui relie des mesures physiques à des manifestations physiologiques nettes et réversibles dès le retrait de la perturbation, vous seront utiles. Cordialement DJ</p>		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
ANDRIANOME - Autre	3.5	(Commentaires de Selmaoui Brahim et Andrianome Soafara) Suite à la consultation publique sur le rapport relatif à l'hypersensibilité, nous pensons qu'il est important de rajouter quelques travaux d'une étude française qui a été omis d'être citée dans le rapport. Cette étude a été réalisée sur une population française volontaires. Ceci concerne en premier lieu, une enquête par questionnaire pouvant enrichir les connaissances sur les données françaises.	Andrianome S, De Seze R, Braun A, Selmaoui B. Self-reported symptoms in a French population hypersensitive to electric and magnetic fields. A	B	À la date de validation du rapport d'expertise, cette étude n'a pas encore fait l'objet d'une publication, et les données contenues dans l'abstract n'apportent pas d'information sur la prévalence de l'EHS dans la population française.
Association – ONG	3.5	p54 : données françaises : comment est structuré le rnv3p sur cette question, sa base de données est-elle fiable ? Nous avons plusieurs témoignages de personnes EHS ayant été classées dans les pathologies anxio-dépressives et non en IEI-CEM. N'y a-t-il pas des recommandations à faire sur cette question ?		C	La note de bas de page n°29 a été complétée. L'amélioration de la base de données RNV3P fait l'objet de recommandations.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	3.5	P55 Données internationales : Il serait souhaitable d'apporter un éclairage sur ces chiffres en tenant compte de l'évolution temporelle. Il semblerait en effet que la prévalence tende à augmenter dans le temps, à mesure que les technologies se développent et se démocratisent. Un exemple, Hallberg O 2006. + Hillert thèse 2001 : 17% dans une entreprise de télécommunication + Miro 1960 : dans l'armée de l'air française 10% de personnels avec des troubles sanguins avérés, 30% avec un syndrome neuro-végétatif	Hallberg O, Oberfeld G. Letter to the editor: will we all become electrosensitive? Electromagn Biol Med. 2006;25(3):189-91. PubMed PMID: .	D	Un graphique de l'évolution temporelle selon les études de prévalence publiées a été ajouté dans le rapport dans le chapitre 3.6.2. Les références proposées ne répondent pas aux critères d'inclusion présentés au chapitre 2 pour les articles à analyser.
Association – ONG	3.5	Données internationales (suite)	Baliatsas C, van Kamp J, Bolte J, Keifkens G, van Dijk C, Spreeuwenberg P.	B	L'étude de Baliatsas 2016 n'apporte rien sur la prévalence de l'EHS, il s'agit d'une analyse complémentaire de l'étude publiée par les mêmes auteurs en 2014.
Association – ONG	3.5	p56 : prévalence moyenne à 5% ; cette moyenne ne tient pas l'analyse si on se réfère à la période la plus récente (cf nos remarques p 55). L'analyse de l'évolution temporelle donne simplement lieu à un commentaire « ne semble pas monter au cours du temps » sans analyse réelle de données comparables. A noter que les données de prévalence donnent un ordre de grandeur des personnes atteintes mais ne renseignent pas sur le taux de personnes susceptibles de développer le syndrome		C	Le rapport a été complété sur la base d'une analyse de l'évolution temporelle des données de prévalence rapportées dans les études disponibles.
Association – ONG	3.6	Evolution naturelle de l'EHS p. 56, ligne 35 : titre étrange pour une maladie qui est tout sauf « naturelle »		E	Le terme "Histoire naturelle" est le terme consacré, en médecine, pour désigner la description des différentes phases d'une maladie, depuis ses premières manifestations cliniques jusqu'à sa fin qui peut-être la guérison, la chronicisation ou l'aggravation et la mort. Le terme "Evolution" a été corrigé.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Dieudonné - Académique, recherche	3.6	Pour éviter tout malentendu : la thèse défendue dans l'article est que les propriétés des rayonnement ne semblent pas déterminantes *d'un point de vue cognitif*. Puisque des symptômes de toute nature peuvent être attribués à des rayonnements de tout type à l'issue du processus d'attribution, la connaissance de celui-ci n'est d'aucune aide pour préciser le tableau clinique de l'EHS. À la limite, la généralité du processus d'attribution devient un facteur de confusion.		D	La précision mentionnée a été intégrée dans le rapport au chapitre 3.7.1.
Ghirardi - Particulier	3.6	L'immense majorité des EHS a en effet fait le lien avec les ondes électromagnétiques et leurs symptômes inexplicables après des mois, voire des années, aggravant ainsi leur électro sensibilité		G	L'Anses prend note de l'expression communiquée et remercie son auteur.
Association – ONG	3.6	P. 57 lignes 22-23, le commentaire sur Dieudonné 2016 n'est pas très compréhensible et on ne comprend pas à quoi il se réfère par rapport à la publication originelle		E	La phrase a été reformulée pour plus de clarté.
Association – ONG	3.6	P. 57 ligne 28 : « il manque un suivi sur le long terme des populations EHS ». Eu égard aux difficultés concédées par l'INVS sur cette question, en réponse à notre demande de 2013, il semblerait qu'il y ait un champ de recherche et de réflexion méthodologique préalable à ouvrir. Nous en profitons pour nous étonner que, dans le cadre de l'appel à projet de l'ANSES, un projet se rapprochant de cette question aussi sensible ait pu être financée alors que la responsable scientifique de l'étude est notoirement partisane de l'origine psychogène de l'EHS et militante active contre la thèse organique.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses. Les recommandations de recherche n'étaient pas soumises à la consultation publique.
Association – ONG	3.6	P. 57, lignes 33-45 Dans l'étude de Rösli et al (2010) on ne sait pas si les changements de catégorie sont liés à des modifications dans leur environnement ou leur mode de vie.		B	La rédaction du rapport est conforme au contenu des articles. Les auteurs de l'article Rösli et al. 2010 décrivent une évolution, mais ne disent rien sur les facteurs, médicamenteux ou autres, pouvant l'expliquer.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Neyrand - Association – ONG	3.5	effectivement pour l'avoir vécu en ce qui concerne ma fille Mailys, et de nombreuses personnes adherentes aussi à poem26 ou que nous avons rencontré sont rejetés par l'entourage ou la famille car c'est hors entendement par notre société que ces ondes puissent blessées. Tant que l'on n'a pas vécu soi meme dans sa chaire l'experience, il est tres difficile d'entendre cette cause je peux juste temoigner que nous, intolerant ou ehs, aimerions vivre comme tt un chacun sans douleur physique et se preoccuper de se premunir vis à vis de l'electrosmog ambiant. Notre souhait unique est de VIVRE.		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Ballet - Association – ONG	3.6	évolution favorable des EHS: nous ne connaissons pas d' EHS qui soit dans cette situation, sauf s'il est parvenu à s'éloigner des sources! (amélioration due à un changement d'environnement, mais rechute rapide en cas de ré-exposition)		G	L'Anses prend note de l'information communiquée et remercie son auteur.
Association – ONG	3.6	P. 58 lignes 1-6 Dans l'étude de Kowall et al. (2012) on ne sait pas si les changements de catégorie sont liés à des modifications dans leur environnement ou leur mode de vie.		D	La rédaction du rapport est conforme au contenu des articles. Comme dans l'article de Röösl, les auteurs de l'article Kowall et al. 2012 décrivent une évolution, mais ne disent rien sur les facteurs, médicamenteux ou autres, pouvant l'expliquer.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	3.6	p 58 : 3.6.2 Durée et évolution de la maladie : Hagström 2013 décrit très bien une phase aiguë d'EHS. Ce point est cohérent avec un certain nombre de témoignages reçus (voir aussi analyse de Yannick Barthe). L'évolution de l'EHS semble très dépendante de la possibilité d'une prise en charge adaptée et précoce (directives médicales autrichiennes, recommandations Europaem 2016). L'hypothèse d'un cercle vicieux lié à l'anxiété créé par la recherche de l'évitement ne résiste pas à l'analyse des témoignages : les personnes les plus atteintes sont généralement celles qui ont été contraintes de s'exposer fortement et/ou longtemps après l'apparition des premiers troubles ; ceux qui témoignent d'une amélioration de leur condition sont souvent des personnes ayant pu réduire leurs expositions assez rapidement après l'apparition des premiers troubles. Ces témoignages sont concordant avec la littérature, notamment Hagström 2013 et celle indiquant la nécessité d'une prise en charge précoce, et l'éviction comme première intention (directives médicales autrichiennes, recommandations Europaem 2016).	Belyaev I, Dean A, Eger H, Hubmann G, Jandrisovits R, Kern M, Kundi M, Moshammer H, Lercher P, Müller K, Oberfeld G, Ohnsorge P, Pelzmann P, Scheingraber C, Thill R. EUROPEAN EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. Rev Environ Health. 2016 Sep;1-31(3):363-97. doi:	D	L'article de Hagström 2013 est analysé au paragraphe 6.1.1.1 et le paragraphe 3.7.1 a été modifié en conséquence. Concernant l'article Belyaev et al. 2016 cf réponse au commentaire 382.
NEYRAND	3.7	Nous avons des familles d'electrosensibles avec ainsi des enfants EHS ou intolerants il est urgent de faire des etudes avec une anamnese precise, considerant les habitudes comportementales de l'enfant, de son exposition quotidienne dans ses lieux de vie: maison (wifi, dect, tel portables, tablettes numeriques, radio reveil, rallonge sous el lit, lampe basse conso...), ecole, college, lycée, fac; dans les moyens de transports, dans les lieux publics, ou religieux....et de tenir compte de ses sensations sensorielles.		G	L'Anses prend note de l'expression communiquée et remercie son auteur.
Gabay - Entreprise ou fédération d'entreprises	3.7	Il est ici fait mention de l'usage du téléphone mobile (les bons ou les mauvais usages) par les enfants et non de l'exposition aux radiofréquences. Cela semble donc en dehors du champ du rapport.		E	Une précision a été apportée dans le paragraphe concerné.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	3.7	<p>Les conséquences de l'usage intensif d'appareils connectés sont sans rapport avec l'hypersensibilité électromagnétique, les enfants n'attribuent pas de symptômes aux ondes. Ils ne cherchent pas à se mettre à l'abri de sources de champs électromagnétiques. Passer de ces études chez l'enfant à l'hypersensibilité est un raccourci difficile à comprendre. Certes, les effets possibles rapportés dans le rapport ANSES 2015 sur les enfants nécessitent de conduire des études pour mieux connaître les conséquences des usages de ces équipements chez les enfants, mais cette recommandation de recherche nous paraît hors sujet dans le cadre du rapport sur l'hypersensibilité. Suggestion : supprimer les lignes 29 à 37, page 59, ou bien : expliquer en quoi les études citées dans ce passage ne peuvent être extrapolées à des études de provocation et apporter tout élément utile permettant d'éviter une confusion chez les lecteurs et des inquiétudes inutiles chez les parents.</p>		E	Une précision a été apportée dans le paragraphe concerné.
Association – ONG	3.7	<p>p 59 EHS chez les enfants : Quelques témoignages d'EHS chez des jeunes et des enfants sont remontés à notre association. Les conséquences sur la scolarité sont extrêmement importantes. Certains doivent poursuivre leurs études par correspondance. Certains ont pu obtenir une reconnaissance du handicap et la presse rapporte l'aménagement pour certains de leurs conditions d'examen : ex : http://france3-regions.francetvinfo.fr/midi-pyrenees/haute-garonne/toulouse/toulouse-le-chemin-de-croix-de-melody-electro-hypersensible-pour-passer-le-bac-756381.html En complément du rapport ANSES 2016 sur les enfants ayant mis en lumière un impact possible sur le bien-être et la cognition : réf à compléter : Schoeni 2015 En complément de Hedendahl 2015, Buchner et Eger 2011 notent également un cas d'un enfant de 9 ans électrosensible. Dans cette même étude, les personnes malades chroniques et les enfants présentent des réponses plus importantes, alors que les adultes sains ne présentent pas d'effets.</p>	<p>Schoeni A, Roser K, Rössli M. Memory performance, wireless communication and exposure to radiofrequency electromagnetic fields: A prospective cohort study in adolescents. <i>Environ Int.</i> 2015 Dec;85:343-51. doi: 10.1016/j.envint.2015.09.025. Epub 2015 Oct 30. PubMed PMID: 26474271 Buchner, K.; Eger, H. 2011. "Chances of Clinically Important</p>	D	Les références aux articles de Buchner et al (2011) et de Schoeni et al. (2015) ont été ajoutées au chapitre 3.8 "l'EHS chez les enfants". L'article de Buchner 2011 est également analysé dans le rapport au § 7.5.2.1.2.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	3.7	p. 59 ligne 20-21 à propos de l'étude de Hedendahl et al (2015) sur deux cas de garçons EHS) et surtout les limites qu'y trouve le groupe d'experts, cette appréciation peut être revue si on considère que l'effet n'est pas forcément lié à la dose surtout pour l'EHS. Des phénomènes non-linéaires, des effets-fenêtre... sont en effet de plus en plus suspectés dans ces domaines.		E	La phrase concernée a été supprimée.
Association – ONG	3.7	L'EHS chez les enfants		E	La phrase concernée a été précisée.
Académique, recherche	3.8	C'est un point de détail, mais Beard concevait la neurasthénie comme une maladie exclusivement organique. Le basculement vers une conception psychogénique est dû à ses successeurs, et s'est accompagné d'un fort déclin de son diagnostic [Wessely, 1990].	Wessely S, 1990, Old wine in new bottles: neurasthenia and "ME", Psycholo	D	Le paragraphe concerné a été modifié et la référence à Wessely a été ajoutée au rapport final.
TAYOL - Association – ONG	3.8	L'association SOSMCS a réalisé en juin 2016 une enquête auprès de ses adhérents pour réaliser un bilan sur le quotidien des hypersensibles chimiques. Il s'avère que 42% des enquêtés déclarent être atteints de troubles EHS.	Question réalisée pour le compte de l'association SOSMCS "MCS"	G	L'Anses prend note de l'information communiquée et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
LINDECKER - Administration ou institution publique	3.8	<p>Bonsoir Madame, Monsieur,</p> <p>Je viens juste de recevoir la lettre de l'ANSES numéro 51 par courrier électronique. J'y découvre le document de travail sur les EHS. De plus, je me rends compte que l'on peut y apporter une contribution. Je ne sais si mon commentaire va vous être utile!? Dans le passage rapporté page 61, ligne 13 à 19 :</p> <p>"Pr Cathébras : 3 caractéristiques communes :</p> <p>1 -autodiagnostic, après un long itinéraire médical et l'aide d'internet</p> <p>2 - la non reconnaissance par une large majorité du corps médical</p> <p>3 - et par voie de conséquence,les mauvaises relations avec ce dernier, mal formé à la prise en charge de ces patients, mal à l'aise face à eux et leur tenant parfois des propos jugés blessants"</p> <p>Je souffre du Syndrome d'Intolérance aux Odeurs Chimiques. Ceci a été déclenché à la suite d'un troisième accident du travail, lié à mon activité dans le domaine de la prévention des risques chimiques, dans la région des voies aériennes supérieures. A force d'irritations par expositions à des substances chimiques odorantes, ce syndrome s'est déclenché. Il faut dire que cela fait presque 30 ans que je travaille dans le domaine de la chimie (baccalauréat de chimiste, doctorat en sciences des matériaux et 15 ans de recherche). Vu les symptômes relevés lors de cet ultime accident de travail (2 heures à respirer des vapeurs de peintures contenant de la MEKO), j'ai eu un parcours médical parfaitement maîtrisé : médecin généraliste très impliqué (Docteur MICHAUD, Orsay) et que j'ai été très opiniâtre. Je me suis directement déplacée dans les divers hôpitaux (Longjumeau puis Centre Hospitalier Intercommunal de Créteil). Dans ce dernier hôpital, il y a un "super" service dédié aux pathologies professionnelles. Par ce témoignage, je tiens à dire qu'il faut, malheureusement, persévérer dans la démarche jusqu'à trouver LE professionnel de santé à l'écoute. Cela a été mon cas. Dans un premier temps, j'avais consulté un ORL (docteur Brunaud, Les Ulis) qui m'indiquait que tout était Normal! Au bout d'une journée, voyant que mon état ne s'améliorait pas, j'ai décidé, sur les conseils de mon Médecin de Prévention, d'aller consulter le Dr MICHAUD qu'il me conseillait. Bravo à lui et Merci au CHIC de Créteil : structure à soutenir et à multiplier au niveau national. Merci pour votre lecture</p> <p>Catherine LINDECKER</p>		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	3.8	3.8. l'EHS et les autres M2E Sur la thèse de Cathébras, voir nos remarques p 198.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Association – ONG	3.8	P. 61, lignes 43-49, tel que rédigé ce paragraphe sur Eltiti et al (2007) est difficilement compréhensible. En effet la fatigue chronique, les maladies ostéo-articulaires, notamment sont des symptômes souvent associés à l'EHS. Ceci nous renseigne donc peu sur les associations avec d'autres maladies dans la troisième partie de l'étude analysée. Cela pose la question du rôle des RF dans l'étiologie de ces maladies.		F	Le résumé de l'article d'Eltiti 2007 a été complété pour le rendre plus compréhensible.
Ballet - Association – ONG	3.8	acouphènes ou microwave hearing?		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Société Française de Radioprotection - Association – ONG	3.8	Suggestion : remplacer « lieux de protection » par « lieux d'accueil ou de vie dédiés », et remplacer maison de Zurich par Immeuble de Zurich. Par ailleurs, il semble utile de distinguer l'immeuble de Zurich qui existe et n'est donc plus un projet, de la zone blanche de Saint-Julien-en-Beauchêne dont les contours restent à ce stade imprécis à notre connaissance, ce secteur n'étant de plus pas exempt d'ondes et d'antennes de téléphonie à ce jour.		E	La phrase concernée a été reformulée.
Association – ONG	3.6	P63: Analogie avec le MCS. Sur les symptômes figurant uniquement dans le QEESI, nous confirmons que les témoignages d'EHS rapportent bien certains de ces troubles, notamment raideurs musculaires, difficultés à prendre des décisions, besoin d'uriner fréquemment, ...		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
NEYRAND - Association – ONG	3.8	<p>Fibromyalgie : l'hypothèse d'une neuropathie des petites fibres se précise Chez les personnes atteintes de fibromyalgie, des biopsies ont montré une plus faible densité des petites fibres nerveuses de la peau, rapporte une étude américaine publiée dans la revue Arthritis & Rheumatology.....Ils ont mené cette étude avec 41 personnes atteintes de la maladie et 47 en santé. Elles ont subi une biopsie de la peau sur la cuisse et près de la cheville. L'hypoesthésie, qui est une diminution de la sensibilité à la stimulation, était également mesurée. Toutes les personnes atteintes de fibromyalgie présentaient des signes d'hypoesthésie. Ce qui concorde avec le fait qu'elles avaient une plus faible densité des fibres nerveuses de la peau (moyenne de 5,8 comparativement à 7,4 pour la cheville et 9,3 comparativement à 11,3 pour la cuisse).... Une etude sur le tissu cutané devrait etre réalisé chez l' EHS afin de voir al concentration des cellules sensorielles tel les cellules de pacini sensible aux vibrations du 30 au 1500Hz. "Volumineux (1 à 2 mm), ils sont situés dans l'hypoderme de la peau épaisse (paumes des mains et plantes des pieds) et de la peau avec poils."</p> <p>pour ma part en tant que kine reflexologue, il ya une hyperstimulation neuro sensorielle vibratoire excitant notre capteurs sensoriels. Il ya electrification des corps entrainant par voie reflexe des informations anormales sensorielles au niveau des metameres,de la moelle, au systeme nerveux centrale (réticulaire, limbique, thalamique...) systeme enterique, systeme para et ortho sympatique. La permanence de l'argession électrique entrainera un message sensoriel anormal à l'origine de perturbations fonctionnelles, organiques, physiologiques... aboutissant à la longue à un dysfonctionnement du cerveau, des sens, des organes , de la biomécanique du corps se manifestant alors par des troubles diverses et variés comme tous ceux nommés par les intolérants ou ehs. (troubles et douleurs cutanées, musculaires, articulaires, constipation, nombreuses réactions histaminiques, palpitations, insomnies, épuisement, trouble cognitifs, du comportement....)</p>	<p>http://neurobranches.chez-alice.fr/systnerf/systsens/somesthesie1.html http://www.coursmedecine.com/histologie/cours-histologie/organes-des-sens-recepteurs-sensoriels-de-la-peau/ kinesithérapie Heiyett Wardavoir ed frison roche</p>	D	<p>L'hypothèse d'une neuropathie des petites fibres nerveuses de l'épiderme dans l'EHS a été émise, par analogie avec la fibromyalgie, dans le nouveau chapitre 5.3.2, pour expliquer une éventuelle sensibilité particulière des nerfs périphériques aux champs électromagnétiques basse fréquence. Les sites internet cités en référence ne rentrent cependant pas dans les critères de sélection des publications retenues pour analyse par le groupe de travail.</p>

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
NEYRAND - Association – ONG	3.8	chez de nombreux patients intolérants ou EHS, on observe des tensions des muscles temporaux et des masséters qui peuvent par voies réflexes provoquer un déséquilibre statique. Ses muscles se contractent par effet de protection du crâne et du cerveau. Les tensions peuvent être telles qu'elles entraînent un déséquilibre ostéopatique et peuvent entraîner des acouphènes. L'environnement vibratoire mesurable avec des appareils de mesure (tes92, cornet) peut être aussi agressif pour l'oreille elle-même par les vibrations permanentes de l'électrosmog. En défense l'oreille manifeste des acouphènes.		G	L'Anses prend note de ce témoignage et remercie son auteur.
Association – ONG	3.8	p 65 : acouphènes. Ligne 6 Sur l'intéressante note à propos de l'hypothèse de Jasteboff et Azell 1993 : à noter des témoignages d'hyperacousie chez des personnes EHS, ainsi que quelques pertes d'audition parfois brutales. p.65, lignes 12-13, à propos des acouphènes, ce serait bien de connaître les tendances d'évolution.		B	L'Anses prend note de ce témoignage et remercie son auteur. Les articles ayant étudié les acouphènes chez des personnes se déclarant EHS ne se sont cependant pas intéressés à l'évolution de ce symptôme.
TAYOL - Association – ONG	3.8	L'association SOSMCS tient à confirmer la priorité à entreprendre des études comparatives entre MCS et EHS. Les travaux de Martin Pall confirment ces analogies.		B	La recherche d'analogies entre l'EHS et d'autres maladies ou syndromes inexplicables est reprise dans les recommandations du rapport d'expertise.
Association – ONG	3.8	L'EHS ne serait pas suffisamment caractérisée, sur le seul motif qu'elle présente des caractéristiques communes avec d'autres pathologies. Cela ne suffit pas pour l'écarter. Ce qui fait la spécificité de l'EHS, ce sont moins les symptômes que leur déclenchement par l'exposition aux champs électromagnétiques.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
THEVENIAU D - Association - ONG	3.8	Il apparait, dans les témoignages et dans les études, que ce sont les mêmes symptômes qui sont cités et avec souvent des fréquences voisines, dans des pays aussi différents qu'éloignés. Ce fait pourrait être mieux pris en compte, et donc souligné ici, pour une approche de la définition du syndrome EHS. Il y aurait lieu alors d'orienter des recherches sur une meilleure approche de la spécificité de la symptomatologie, notamment en ce qui concerne des symptômes généraux comme la fatigue qui, pour les électrosensibles, se différencie très nettement d'un ressenti de fatigue lors d'une maladie virale ou d'un état dépressif (plus proche d'une importante asthénie au sens vraiment étymologique du terme, c'est-à-dire manque de force).		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Ballet - Association - ONG	3.8	l'EHS n'est sans doute pas un syndrome unique, mais chaque EHS a ses propres caractéristiques (avec des intersections)		B	L'Anses prend note du témoignage communiqué qui est en accord avec plusieurs articles analysés dans le rapport.
Société Française de Radioprotection - Association - ONG	3.8	La conclusion du chapitre ne semble pas prendre en considération l'ensemble du chapitre 3.8 dans lequel il apparait une association très significative de l'EHS avec l'intolérance aux odeurs, mais aussi avec le syndrome du bâtiment malsain et avec l'intolérance au bruit présente (Palmquist et al, 2014, analysé p62, L30 à 38). En conséquence les études comparatives proposée pourrait englober aussi ces aspects et pas seulement la fibromyalgie et la sensibilité chimique multiple.		C	Le nouveau chapitre 3.9 reprend l'ensemble des relations entre l'EHS et d'autres syndrômes, mais du fait des travaux disponibles, la priorité a été accordée à la fibromyalgie. La conclusion de ce chapitre a été modifiée.
Association - ONG	3.8	P.66, lignes 9-10, la conclusion ne semble pas découler de ce qui vient d'être étudié dans les pages précédentes. Enoncer que l'EHS ne peut pas être considéré comme un syndrome isolé ne me semble pas ressortir des pages précédentes et, notamment de la remarque de la page 64 sur des tableaux cliniques spécifiques à chacun des syndromes.		E	La conclusion de ce chapitre a été reformulée.
NEYRAND - Association - ONG	4.1	les gps sont effectivement des recepteurs mais d'ondes radio et il ya un effet de rebond dans la voiture qui est une cage de faraday. En tous les cas les ehs ou intolerants peuvent etre gravement indisposés quand ils sont actifs. ce serait à mesurer par des experts.		B	Les récepteurs GPS n'émettent pas, et ne réémettent pas, d'ondes radio liées à leur fonction de géolocalisation (les émissions proviennent de satellites).

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Société Française de Radioprotection - Association - ONG	4	Suggestion : remplacer « certains effets » par « certains sujets » ou « certaines pathologies », ce qui distingue la connaissance que peut en avoir le médecin de l'existence ou non d'une relation de causalité avec l'agent incriminé dans des pathologies liées à l'environnement.		C	La phrase en question a été reformulée.
Dieudonné - Académique, recherche	4.1	Les travaux menés par une équipe de l'université de Liverpool fournissent, je crois, de premières pistes. Par ex., Ring et al. (2005) montrent que les généralistes tendent à répondre préférentiellement sur le registre somatique aux plaintes de leurs patients, même lorsqu'ils éprouvent des difficultés à les expliquer et qu'elles sont accompagnées de « signes psychosociaux » reconnaissables. Ils contribuent ainsi à « somatiser » ces plaintes.	Ring A., Dowrick C.F., Humphris G.M., Davies J., Salmon P., 2005, The somatising effect of clinical consultation: what patients and doctors say and	D	Une note de bas de page a été ajoutée au rapport.
SFRP - Association - ONG	4.1	L'appel du Pr Belpomme n'est pas une étude scientifique mais un appel lancé au cours d'un colloque militant. Cette phrase (L43 à 45) placée juste après des enquêtes réalisées pour mieux comprendre le positionnement des médecins sur l'hypersensibilité n'est pas en rapport avec ce qui est dit dans ce paragraphe.		F	La phrase concernée a été modifiée (§ 4.1.1.3).
	4.1	Cela montre l'urgence à former médecins et professionnels de santé pour éviter l'errance médicale et des examens médicaux coûteux et inutiles.		G	L'Anses prend note de cette expression et remercie son auteur.
Association - ONG	4.1	p 69 Positionnement des médecins : la relation patient-médecin est aussi rendue difficile par le fait que les médecins sont peu informés et démunis de solutions. La promotion des directives médicales autrichiennes et des recommandations Europaem 2016 pourraient initier un début de qualification médicale sur la pathologie et sa prise en charge.	Belyaev I., Dean A., Eger H., Hubmann G., Jandrisovits R., Kern M., Kundi M., Moshammer H., Lercher P., Müller K.	G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Association - ONG	4.1	p. 69, lignes 19-21 : Il serait bon de revoir la formulation de ce paragraphe de deux phrases où la seconde semble découler de la première alors qu'elles sont sans lien. Manquerait-il un bout de raisonnement.		F	Le rapport a été modifié : la seconde phrase concernée a été supprimée.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Société Française de Radioprotection - Association - ONG	4.1	Suggestion : signaler que la Directive Européenne impose des limites d'exposition des travailleurs aux champs électromagnétiques fondées sur les effets avérés des champs électromagnétiques sur l'humain observés à partir d'un certain niveau d'exposition (les effets de stimulations des tissus excitables et les courants induits en basse fréquence, et les effets thermiques dus à l'échauffement pour les radiofréquences)	http://lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32013L0035	F	La note de bas de page concernant la Directive européenne n° 2013/35/UE a été mise à jour.
Association - ONG	4.1	P70 consultations CPP : A signaler la Décision du 21 octobre 1997 concernant le réseau de consultations de pathologie professionnelle liée aux champs et ondes électro-magnétiques qui ne s'est jamais concrétisée à notre connaissance http://social-sante.gouv.fr/fichiers/bo/1998/98-16/a0161064.htm Les prémisses de ce réseau ont été exposés par Luis Miro à Nîmes en 1997 lors d'un colloque sur le effets biomédicaux, avec d'intéressantes constatations sur l'implantation des appareils IRM. Lors de ce même colloque, U. Bergqvist a signalé trois études réalisées sur 300 personnes montrant que 10% des personnes éprouvaient des troubles dont 2% étaient graves. Il concluait que ceci était en faveur d'une hypersensibilité des personnes. Il serait intéressant d'interroger les protagonistes de ce colloque pour connaître les références de ces études. Cf CR colloque : INRS DMT 73TD88 http://www.electrosensible.org/b2/media/blogs/BlogEHS/documents/medecine_travail/INRS_Effets_biomedicaux_des_CEMs_et_medecine_du_travail.pdf La publication de l'INRS Guide à l'usage du médecin du travail et du préventeur de 1995 ED785 devrait faire l'objet d'un examen attentionné du GT, notamment des références bibliographique tout à fait intéressantes qu'elle recèle sur les expositions accidentelles ou de longue durée.	Décision du 21 octobre 1997 concernant le réseau de consultations de pathologie professionnelle liée aux champs et ondes électro-magnétiques. INRS DMT 73TD88 Effets biomédicaux des champs électromagnétiques et médecine du travail. Notes de colloque, Nîmes 27-28 sept. 1997. INRS Guide à l'usage du médecin du travail et du préventeur de 1995 ED785	F	Le § 4.1.2.1 a été légèrement modifié pour préciser l'historique de la prise en charge des personnes EHS au sein des Centres de consultations de pathologies professionnelles.
Ballet - Association - ONG	4.1	tester le microwave hearing		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
	4.1	Erreur de syntaxe : "Le groupe de travail a tenu à auditionner plusieurs médecins accueillAnt des patients EHS" (et non pas "accueillEnt").		F	La coquille a été corrigée.
Association – ONG	4.1	P 71 : Académie de médecine : le paragraphe est assez confus car il laisse entendre que la prise de position de 2012 (note 50) est un communiqué de l'Académie alors qu'il s'agit d'une information signée par le Pr André Aurengo, ce qui serait en partie corrigé par la note de bas de page. Notre association a réagi à cette prose douteuse qui, pour étayer son argumentation s'était entre autre basée sur une fausse citation d'un rapport de l'ANSES – la fameuse page 308 ! (sic). http://www.electrosensible.org/documents/presse/Communique_d_e_presse_Garantie_de_la_deontologie_pour_l_%C3%A9tude_EHS_300_312_pour_site.pdf A notre connaissance, l'Académie n'a pas pris de position officielle sur l'EHS qui serait basée sur un travail scientifique, collégial et respectueux des règles déontologiques que l'Institut s'est données à elle-même.		C	La phrase a été modifiée en conséquence.
	4.2	Ce n'est pas une solution acceptable car des zones blanches uniquement privées n'ont pas l'assurance de ne pas être irradiées un jour par une antenne relais		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Société Française de Radioprotection – Association – ONG	4.3	Les travaux de Borraz et al. pourraient être cités dans ce paragraphe : Borraz O., Devigne M., Salomon D., Controverses et mobilisations autour des antennes de téléphonie mobile	Borraz O., Devigne M., Salomon D., Controverses et mobilisations autour des antennes de téléphonie	D	Une note de bas de page a été ajoutée au rapport pour citer la référence.
Association – ONG	4.2	p 73 : EHS et pouvoirs publics : TCI : à signaler également un récent jugement en Bretagne du 30 juin 2016 (TCI de Rennes) A noter que le Comité médical Supérieur (fonction publique) a eu à connaître au moins un cas en 2015 et a préconisé la mise en place d'un télétravail, dans le cas d'une fonctionnaire reconnue travailleuse handicapée pour cause d'EHS		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	4.3	p 74 Leurs actions : Electrosensible de France organise une rencontre annuelle depuis plus de 5 ans. Note 57 : pour ce qui concerne notre association, les rapports des autorités sanitaires sont critiqués lorsqu'il y a matière à critique, sur la base d'un argumentaire approfondi		D	L'information citée en première partie du commentaire a été ajoutée au rapport.
NEYRAND - Association – ONG	4.3	de nombreux conseils sont donner notamment en debranchant le wifi, en remplaçant le dect par un tel filaire, en otant tt ce qui est électrique dans la chambre, dans le bureau... et la personne experimente là ce n'est pas psychologique mais bien physique, quand il n'y a aucun pollution électrique, magnétique , électromagnétique, le corps se retrouve dans un environnement sain pour lui, ttes ses fonctions biomécaniques , sensorielles, organiques, physiologiques peuvent fonctionner normalement les troubles dont il se plaignait n'apparaissent pas .C'est empirique certes mais la santé le vaut bien.A la science maintenant d'expliquer, c'est son rôle.		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
	4.3	C'est l'inverse qui est vrai : c'est parce que les ondes électromagnétiques sont omniprésentes et que les EHS en souffrent qu'ils adhèrent à des associations pour demander conseils et soutien.		E	L'intérêt du travail des associations n'est pas remis en cause, mais un phénomène de pérennisation a été signalé dans différents témoignages. Le paragraphe concerné a été reformulé.
Association – ONG	4.3	Dénigrement inacceptable des associations : "rien ne montre que l'adhésion à une association garantisse une amélioration durable de l'état du patient". Alors que ces associations font, sur le terrain, un travail de soutien inestimable. Rapprocher page 8 : l'adhésion à une association est souvent un facteur de pérennisation de la maladie. C'est confondre cause et effet.		E	L'intérêt du travail des associations n'est pas remis en cause, mais un phénomène de pérennisation a été signalé dans différents témoignages. Le paragraphe concerné a été reformulé.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	4.3	P 75 : Le paragraphe concernant le rôle prétendument négatif de l'adhésion à une association se devrait d'être nuancé. Il ne correspond pas du tout à l'approche de notre association ni, objectivement, aux résultats obtenus concrètement. Par notre action (mise à disposition d'informations spécifiques, écoute lors de permanences téléphoniques, création de réseaux d'échanges, rencontres...), nous contribuons dans un certain nombre de cas à permettre aux personnes atteintes de faire valoir leurs droits administratifs et médicaux (reconnaissance au titre de la RQTH, contentieux, accès aux soins, intervention en cas d'hospitalisation psychiatrique...) et à retrouver courage et mieux-être. Par ailleurs, il est notable que Van Dongen 2014 trouve le taux de névrotisme le plus bas dans le groupe d'EHS recruté via une ONG, groupe qui ne montrait pas moins d'optimisme que les autres groupes		E	L'intérêt du travail des associations n'est pas remis en cause, mais un phénomène de pérennisation a été signalé dans différents témoignages. Le paragraphe concerné a été reformulé.
	4.3	Cette opinion n'est pas seulement le fait des associations, mais de toute personne EHS : les souffrances sont bien physiques ! De plus, de très nombreuses études ont été faites sur le syndrome des micro ondes.		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Association – ONG	4.3	P 76 Mécanismes explicatifs proposés : Les récentes avancées sur l'impact des CEM sur l'EEG conduisant à dégager un consensus scientifique sur cette question, devrait conduire à nuancer la terminologie « non encore connue », s'agissant de l'hypothèse d'une réaction du corps humain aux CEM.		E	Le paragraphe concerné a été reformulé.
Association – ONG	4.3	Mécanismes explicatifs proposés (suite)	Voir notamment : Roggeveen S, van Os J, Lousberg R (2015) Does the Brain Detect 3G Mobile Phone Radiation Peaks? An Explorative In-Dentis Analysis of	B	Cf réponse au commentaire 423. L'article de Roggeveen 2015 ne traite pas spécifiquement de l'EHS et a été réalisé chez des sujets sains. Cette étude pourrait être analysée dans une éventuelle mise à jour des connaissances sur les effets biologiques et sanitaires liés aux CEM.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	4.3	<p>p 77 Soins et protection : Nous nous félicitons du travail demandé par l'ANSES au CSTB concernant l'efficacité des matériels de protection, basés sur des principes physiques (faradisation) dont les conclusions rejoignent les positions que nous tenons depuis plusieurs années. Concernant les dispositifs dont les principes de fonctionnement ne sont pas connus ou non documentés par les fabricants, et pour compléter nos réserves à ce sujet, nous avons été alertés par une mise en garde émanant de la CRIIRAD relative à la radioactivité potentielle de certains dispositifs. Il nous semble qu'une mise en garde et des recommandations à ce sujet devraient être faites. En soutien aux demandes de la CRIIRAD, nous demandons à ce qu'un recensement et des actions sur ce sujet soient menés pour permettre la protection de la population, et notamment des électrosensibles qui sont tout particulièrement visés par ce type d'offres commerciales.</p> <p>http://www.criirad.org/objets-radioactifs/2015-12-01-pendents-volet-3.pdf http://www.criirad.org/objets-radioactifs/2015-11-20_lo_dgcrf.pdf</p>		D	Une note de bas de page précisant les suites données à l'alerte de la Criirad a été ajoutée au rapport.
Association – ONG	4.2	En prenant en compte les caractéristiques affirmées de l'EHS avec un potentiel croissant de personnes en susceptibilité d'être exposées, la reconnaissance de cet handicap devrait être mieux appréhendé du monde de la santé au travail pour des aménagements de poste potentiel		B	Une recommandation à destination des professionnels a été proposée.
Association – ONG	4.3	L'isolement forcé des personnes est un enjeu à prendre en compte si l'on ne veut pas accroître leur mal-être et essayé de limiter les aspects chroniques de la pathologie qui accroît encore le problème; c'est pourquoi la psychothérapie ou le traitement de la dépression devient l'une des solutions qui auraient pu être évitables par une prise en compte plus rapide		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Association – ONG	4.3	p78 : Principe de précaution : les travaux du COMOP puis du COPIC ont montré que pour réduire les niveaux d'exposition tout en conservant la qualité de service il faudrait multiplier le nombre d'antennes. Encore faut-il partager l'objectif de qualité de service (2ème mur), ce qui n'est pas notre position. Nous sommes favorables à un usage modéré et raisonnable des technologies sans fil et au choix des connexions filaires partout où c'est possible.		F	Le paragraphe concerné a été modifié.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	4.3	p79 : protocoles de recherche et interprétation des résultats : « Ils plaident également pour que les expertises tiennent davantage compte des études présentant des résultats positifs, au-delà de leur qualité méthodologique [Sophie Pelletier, Collectif EHS]. » Cette formulation ne correspond pas à la position que nous défendons : Nous plaillons pour que, d'une part, les études montrant des effets ne soient pas expertisées selon des critères plus sévères que celles n'en montrant pas et d'autre part, que les critères de méthodologie et de faisabilité des projets de recherche ne contribuent pas à créer une situation de prédominance d'une école de pensée ou de vision dogmatique. En cela, nous sommes en phase avec les récents avis rendus par le comité de déontologie de l'ANSES	COMITÉ DE DÉONTOLOGIE ET DE PRÉVENTION DES CONFLITS D'INTERETS Avis n° 2014-1 relatif à l'indépendance du processus de sélection des projets de recherche du Programme national de recherche Environnement-Santé-Travail (PNR-EST) en	E	La phrase concernée a été reformulée.
	4.3	Une information objective des professionnels de santé sur l'EHS devrait se faire par le biais des ARS, c'est leur rôle, comme pour toute autre pathologie. De même qu'une information sur cette maladie environnementale pour médecins et services d'urgence		B	Ce commentaire a partiellement été pris en compte dans les recommandations du rapport.
Société Française de Radioprotection - Association – ONG	4.4	La transcription de l'audition annexée au rapport AFFSET 2009 concernant les problèmes de santé attribués aux wifi dans les bibliothèques de Paris pourrait être citée en complément d'information sur ce sujet.	https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2007et0007Ra.pdf	D	Le rapport d'expertise a été modifié : une note de bas de page a été ajoutée.
Particulier	4.4	Les très nombreux témoignages d'EHS depuis plusieurs années et partout dans le monde qui font l'expérience concrète et répétée du lien entre ondes électromagnétiques et symptômes sont une preuve suffisante qu'il existe bien des effets des ondes électromagnétiques sur le corps humain.		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
	4.4	Au contraire, c'est par ce qu'on n'est pas assez au courant de la nocivité des ondes électromagnétiques qu'on ne fait le lien que très tardivement avec des symptômes qu'on peut avoir		B	Les hypothèses concernant les modalités d'installation de l'EHS sont décrites au § 3.7.1.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Société Française de Radioprotection - Association – ONG	4.4	Le rôle de l'information et des médias dans le développement de l'EHS ou comme contribution à l'effet nocebo a été rapporté dans plusieurs études (y compris celle de Dieudonné 2016 lors de la phase de découverte de l'EHS, ce qui n'est pas précisé nous semble-t-il). Cette question est abordée à plusieurs reprises dans le rapport (p 146, L31-46 ; p 200, L4-6 et L35-36 par exemple). Dès lors, au paragraphe 4.4.5, p85, il paraît étrange que prendre en compte l'effet des médias soit jugé comme une « vision simpliste » relevant d'un « procédé peu pertinent », voire dépassé. Ceci minimise la portée potentielle des résultats expérimentaux cités précédemment. Il nous semble en effet important de ne pas négliger cette dimension qui fait également partie des pistes de réflexions sur l'EHS et sur les mécanismes sous-jacents de cette pathologie. Plus spécifiquement sur l'EHS, les résultats des travaux de Eldridge-Thomas B, Rubin GJ (2013) et de Huiberts (2013), cités (p85, L35) mériteraient d'être analysés de façon plus approfondie dans le rapport et mis en perspective avec les résultats portant sur le rôle de l'information.		E	La phrase concernée a été reformulée.
Association – ONG	4.4	p85 : il est notable qu'à contrario, la majorité des grands médias dépendent directement ou indirectement (annonceurs) des industriels du secteur. Ajoutons également Dieudonné 2016, pour qui le rôle des médias ne doit pas être surestimé		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Association – ONG	4.4	La médiatisation susciterait l'association entre troubles et exposition aux ondes. En clair, la médiation, que les auteurs traitent comme si elle était massive alors que le sujet est confidentiel, serait cause du phénomène ! Alors que c'est l'inverse : c'est parce qu'un phénomène existe que les journalistes s'y intéressent. Encore une inversion cause-effet.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Société Française de Radioprotection - Association – ONG	5	Concernant le chapitre 5 sur les mécanismes d'interaction avec les champs électromagnétiques dans le monde vivant. Il nous semble utile de mettre en perspective les résultats obtenus chez les animaux avec les résultats des études de provocation chez les humains, notamment dans la conclusion (§ 5.4) où il est question de construire de nouveaux indicateurs adaptés aux personnes EHS.		B	Le chapitre 5 propose des mécanismes d'interactions entre les ondes électromagnétiques et le corps humain, susceptibles d'expliquer la « sensibilité » de certains sujets à ces ondes. Actuellement il n'existe pas de modèle animal applicable à l'être humain pour l'EHS et la transposition des résultats d'études sur l'animal à l'Homme doit être réalisée avec prudence.
Association – ONG	5	P 87 § 5	Binhi VN. Magnetobiology: Underlying Physical Problems. San Diego: Academic Press, 2002:1-473	B	Les références dans le paragraphe relatif à la magnétopercption ont été citées à titre d'exemple. Ce chapitre n'a pas pour but de réaliser une revue exhaustive de la magnétopercption dans le monde animal.
Association – ONG	5.1	P 88 les systèmes de magnétopercption : Il est intéressant de noter que Lefeldt et al 2014 ont montré l'implication du système trigéminal dans la magnétopercption chez le pigeon. Il nous paraît intéressant de creuser la question du nerf trijumeau et de sa sensibilisation (voir remarques sur les mécanismes), eu égard aux similitudes des douleurs décrites par les EHS (névralgies faciales, migraines, douleurs à la nuque tout particulièrement). Voir l'intervention du Dr Lanteri-Minet : http://campus.neurochirurgie.fr/richmedias/rmp.php?congres=200703_nice&cible=21_list_trait_cp_cc_stimu_sc Voir également la récente publication Marino 2016 ainsi que Vanderstraeten 2012	Lefeldt N, Heyers D, Schneider NL, Engels S, Elbers D, Mouritsen H. Magnetic field-driven induction of ZENK in the trigeminal system of pigeons (Columba livia). J R Soc Interface. 2014 Nov 6;11(100):20140777. doi: 6.11/1100-20140777. doi:	B	Les personnes se déclarant EHS se plaignent plutôt de céphalées que de névralgies faciales, qui, elles, impliquent la zone trigéminal. C'est une hypothèse intéressante qui pourrait être analysée dans le cadre des effets des ondes sur le vivant. Dans le cadre spécifique de l'EHS, aucune étude sur ce sujet n'a été publiée à ce jour.
Association – ONG	5.1	Les systèmes de magnétopercption (suite)	Marino AA, Kim PY, Frilot J, C. Trigeminal neurons detect cellphone radiation.	B	Cf. réponse au commentaire précédent (n° 440)
Association – ONG	5.1	Les cryptochromes (suite)	Engels S, Schneider NL, Lefeldt N, Hein CM, Zapka M, Michalik A, Elbers D, Kittel	B	Cf. réponse au commentaire n° 444

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	5.1	Les cryptochromes (suite)	Schwarze S, Schneider NL, Reichl T, Dreyer D, Lefeldt N, Engels S, Baker N	B	Cf. réponse au commentaire n° 444
Association – ONG	5.1	Les cryptochromes (suite)	Malkeper EP, Eder SH, Begall S, Phillips JB, Winkhofer M, Hart V, Burda	B	Cf. réponse au commentaire n° 444
Ledent - Académique, recherche	5.1	L'hypothèse des cryptochromes en lien avec les champs statiques et les champs EBF est également discutée dans Vanderstraeten et al., 2015.	Vanderstraeten, J., Burda, H., Verschaeve, L., De Brouwer, C. "Could Magnetic Fields Affect	B	Les références dans le paragraphe relatif à la magnétoperception ont été citées à titre d'exemple. Ce chapitre n'a pas pour but de réaliser une revue exhaustive de la magnétoperception dans le monde animal.
Ballet - Académique, recherche	5.1	Le champ magnétique terrestre associé un champ à 15 nT oscillant à la fréquence de Larmor provoque une désorientation des oiseaux . Si on double le champ magnétique fixe (dans une enceinte expérimentale), il faut aussi doubler la fréquence du champ oscillant pour avoir le même effet de désorientation à 15 nT. On a donc un phénomène de résonance.(1)	(1) Thorsten Ritz e.a. Magnetic Compass of Birds is Based on a Molecule with Optimal Directional Sensitivity	G	L'Anses prend note de cette expression et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	5.1	<p>P 90 : les cryptochromes Il est étrange de parler de détection des radiofréquences concernant l'hypothèse cryptochrome. Cela laisse sous entendre que les cryptochromes auraient pour finalité (entre autres) de « détecter » les radiofréquences. D'un point de vue de l'évolution, cela semble assez peut probable, les radiofréquences étant des fréquences artificielles qu'on peut considérer comme absentes dans l'environnement naturel natif, en tous cas, sans signification biologique évidente pour les êtres vivants, contrairement au champ magnétique terrestre. Par contre, rien n'empêche ces fréquences d'interférer avec les systèmes de magnétoréception. L'impact des radiofréquences sur l'orientation d'oiseaux migrateurs a d'ailleurs été montré par Engels et al 2014 ainsi que par Schwarze et al 2016 qui a d'ailleurs montré que c'est le bruit magnétique de faible amplitude sur une large gamme de fréquence (gamme 2KHz–9 MHz) qui provoquerait la perturbation du compas magnétique, beaucoup plus efficacement que des niveaux forts sur des gammes de fréquences étroites. D'autre part, les troubles liés à l'EHS sont également liés à d'autres gammes de fréquences (ELF), qu'il convient donc d'examiner aussi quant à leurs interactions possibles avec les systèmes biologiques liés aux cryptochromes (géomagnétisme, rythmes biologiques). Ce point conduit à se poser des questions fondamentales sur le paradigme des études sur les CEM et ainsi que sur l'impact de ce qu'on appelle la « dirty electricity », dans des gammes de fréquences qu'on retrouve dans la technologie Linky, les lampes fluocompactes et les parasites introduits par les systèmes électroniques et électriques... On trouve également des impacts chez la drosophile (Fedele 2014). Malkemper et al 2015 ont montré, chez un mammifère, que son orientation est perturbée par l'apposition d'un faible (100nT) champ magnétique radiofréquence (0.9 to 5 MHz) et conclut à l'émergence des premiers éléments de preuve d'un mécanisme de pair-radical chez un mammifère.</p>	<p>Fedele G, Green EW, Rosato E, Kyriacou CP. An electromagnetic field disrupts negative geotaxis in <i>Drosophila</i> via a CRY-dependent pathway. <i>Nat Commun</i>. 2014 Jul 14;5:4391. doi: 10.1038/ncomms5391. PubMed PMID: 25019586; PubMed Central PMCID: PMC4104433</p>	B	<p>L'hypothèse de détection de radiofréquences par les systèmes cryptochrome humain est valable, mais, à l'heure actuelle, aucune étude n'a mis en évidence leur fonctionnalité dans le contexte physiologique humain.</p>

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	5.1	A noter que le cerveau n'est pas seul concerné par la présence de magnétite	Grassi-Schultheiss PP, Heller F, Dobson J. Analysis of magnetic material in the human heart, spleen and liver. <i>Biometals</i> , 1997.	B	Effectivement, mais le cerveau est l'organe où la concentration est la plus forte et la plus susceptible de créer des problèmes, compte tenu de la relation connue entre le métabolisme du fer et les maladies neurodégénératives.
Le Calvez / Pelletier-Association - ONG	5.1	Dans la même veine que notre remarque concernant l'interférence des RF avec les cryptochromes, la question qui devrait être posée n'est-elle pas plutôt celle de l'interaction potentielle des champs artificiels (ELF, RF) avec les systèmes humains susceptibles de connaître de telles interférences, à savoir : - présence d'origine naturelle (hémoglobine par exemple, magnétite naturelle...) ou - contamination par des éléments ayant des propriétés magnétiques - interaction avec les systèmes cryptochromes impliqués à la fois dans les cycles circadiens et la magnétoréception. D'ailleurs, il serait nécessaire de faire un lien plus fort entre cette partie et celle sur les rythmes circadiens puisque ce sont les mêmes protéines qui interviennent et que tout cela est lié.		B	Des études en lien avec le rythme circadien et les cryptochromes seraient intéressantes, mais cependant, aucune de ces études n'est en lien avec l'EHS actuellement.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ledent - Académique, recherche	5.1	<p>Dans ses conclusions, Vanderstraeten (2013) décrit deux mécanismes qui pourraient expliquer l'interaction des CM ELF avec les cryptochromes rétiens: "[] Le premier fait appel à une modification de la proportion des formes redox respectives de ces cryptochromes, avec possible perturbation consécutive de la fonction chronobiologique de ces cryptochromes. Il pourrait être effectif dès < 100 µT, soit donc pour des intensités inférieures à celles (> 1 mT) pour lesquelles des mécanismes d'interaction sont actuellement identifiés et reconnus pour les CM ELF. Le deuxième mécanisme implique l'existence d'un sens directionnel basé sur les cryptochromes rétiens. Dans cette hypothèse, les CM ELF pourraient interagir avec ce sens dès < 10 µT d'intensité. Ceci pourrait alors concerner les cas de leucémie infantile exposés à ≥ 0,4 µT d'intensité moyennée dans le temps, à tout le moins dans certaines circonstances de temps et de lieu. Il n'est cependant pas évident qu'un tel mécanisme soit à même d'interférer avec la fonction chronobiologique des cryptochromes. Le cas échéant, il pourrait alors constituer le mécanisme causal de la relation, toujours inexpliquée, entre CM ELF et leucémie infantile. Toutefois, ceci pourrait n'être le cas que dans la mesure où les maxima d'intensité (+ 1 à 2 SD) jouent un rôle dans cette relation. " Vanderstraeten et al (2012) revisite l'hypothèse d'une intervention d'un sens magnétique dans les effets des champs magnétiques EBF sur la mémoire spatiale et la sécrétion de mélatonine.</p>	<p>Vanderstraeten, J., Burda, H. 2012. "Does magnetoreception mediate biological effects of power-frequency magnetic fields?" <i>Science of the Total Environment</i> 417-418:299-304</p> <p>Vanderstraeten, J. 2013. "Analyse de l'hypothèse de la perturbation des rythmes par les champs magnétiques d'extrêmement basse fréquence Mécanismes possibles, impact en santé publique, protocoles de mise à l'épreuve." PhD Diss, Bruxelles, Université Libre de Bruxelles.</p>	B	<p>Ces articles ne traitent pas spécifiquement de l'EHS mais pourraient être pertinent dans une éventuelle mise à jour des connaissances sur les effets biologiques et sanitaires liés aux CEM.</p>
Association – ONG	5.4	<p>L'étude reconnaît que les principales molécules à la base des systèmes de perception des champs électromagnétiques chez l'animal existent aussi chez l'être humain. Pourtant pge 97 on conclut à l'abandon de l'idée selon laquelle l'être humain peut percevoir les CEM. Contradiction entre le texte et la conclusion.</p>		B	<p>L'expertise montre que les principaux systèmes moléculaires existent, mais rien n'indique dans la littérature scientifique que l'Homme perçoit réellement les CEM.</p>

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	5.1	En tout état de cause, la phrase p 92 ligne 36 « Dans ce cas, les variations enregistrées sont si faibles qu'on n'en a pas conscience. Ainsi, la magnétoperception de l'être humain, si elle existe réellement, a sans doute un impact extrêmement modéré et ne peut en aucun cas être considéré comme un « 6ème sens », tel qu'il est parfois décrit chez d'autres espèces animales. » apparaît d'une part comme spéculative et d'autre part, faut-il avoir conscience d'un phénomène pour que celui-ci se manifeste et / ou ait des effets délétères ? Là encore, les récentes avancées sur l'impact sur l'EEG devraient être considérées. (entre autre, Roggeveen 2015). Nous notons à ce propos que des études sur l'EEG ont trouvé des résultats différents selon que les sujets avaient les yeux ouverts ou fermés (Ghosn 2015) Y-a-t-il un lien avec le fait que les réactions radicalaires au niveau des cryptochromes sont dépendantes de la lumière ? Pour alimenter cette question, voir bibliographie complémentaire.	Sant'Ovaia H, Marques G, Santos A, Gomes C, Rocha A. Magnetic susceptibility and isothermal remanent magnetization in human tissues: a study case. <i>Biometals</i> . 2015 Dec;28(6):951-8. doi: 10.1007/s10534-015-9879-z. Epub 2015 Sep 15. PubMed PMID: 26373856. Meilikhov EZ. Is magnetic resonance imaging of human brains	B	Ce paragraphe, qui ne concerne que la magnétoperception, ne fait pas référence à des effets délétères biologiques ou sanitaires. Les études sur l'EEG sont effectivement intéressantes, néanmoins à l'heure actuelle, elles ne sont pas reliées à l'EHS.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	5.1	suite biblio	Maher BA, Ahmed IA, Karloukovski V, MacLaren DA, Foulds	B	Les 2 articles cités ne traitent pas spécifiquement de l'EHS.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	5.1	suite biblio	Mirsadeghi S, Shانهsazzadeh S, Atyabi F, Dinarvand R. Effect of PEGylated superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPIONs) under	B	L'étude de Tabatabaei <i>et al.</i> , 2015 concerne l'effet thermique des ondes utilisées en thérapeutique, mais ne concerne pas directement l'EHS. L'étude de Mirsadeghi <i>et al.</i> , 2016 ne concerne pas spécifiquement le sujet de l'EHS (il s'agit d'une étude <i>in vitro</i> sur la nucléation des fibres amyloïdes).
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	5.1	suite biblio	Størmer FC. Is blue light, cryptochrome in the eye, and magnetite in the	B	L'article cité ne traite pas spécifiquement de l'EHS.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	5.1	Dans tous les cas, la question de la sensibilité de l'être humain au champ magnétique terrestre devrait être complétée par les travaux de Thoss et Bartsch, dont un seul article a été cité et par d'autres travaux parus sur ce sujet. Une sensibilité, à un paramètre variable au niveau géographique et temporel (Scholkman 2016) pose d'ailleurs des questions concernant les difficultés à répliquer certaines études. Il s'agit manifestement d'un champ de recherche à développer.	Thoss F, Bartsch B, Fritzsche B, Telsch D, Thoss M. The magnetic field sensitivity of the human visual system shows resonance and	B	Les références dans le paragraphe relatif à la magnétopercption ont été citées à titre d'exemple. Ce chapitre n'a pas pour but de réaliser une revue exhaustive de la magnétopercption.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	5.1	suite biblio	Caswell JM, Singh M, Persinger MA. Simulated sudden increase in	B	Cf. réponse au commentaire précédent (n° 301)
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	5.1	suite biblio	Scholkman F, Miscio G, Tarquini R, Bosi A, Rubino R, di Mauro L, Mazzocco	B	Cf. réponse au commentaire n° 301
DUPAS - Académique, recherche	5.2	Erreur de syntaxe dans le titre du paragraphe : liens éventuels entre les réponses [...] et quoi???		E	Le titre a été reformulé.
Ballet - Association - ONG	5.2	graphiques : la fréquence des bursts des stations base est différente de celle des mobiles! Les graphiques ne sont pas assez lisibles pour voir à quoi ils correspondent .Importance de la vitesse de montée du "flanc montant" dans le mw hearing, et dans les réactions des neurones en général. Il y a plus de variations de puissance en 4G qu'avec les autres technologies. (Des taux de répétition des bursts de 1KHz à 2 KHz correspondent à des fréquences audibles) Les enveloppes se situent à 2 niveaux, haut et bas. Il doit bien y avoir une source d'énergie pour passer du niveau bas au niveau haut!		B	L'impact de la forme d'onde des signaux sur le corps humain n'est pas écarté et reste un sujet de recherche à privilégier. Le mécanisme de "démodulation", s'il existe, reste donc à découvrir.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	5.2	Le titre est bizarre : réflexion entre les réponses biologiques et quoi ?		E	Le titre a été reformulé.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	5.2	Hypothèse 1 : démodulation et hypothèse 2 : caractère modulé et non-linéarité : Compléments de bibliographie	Bibliographie citée dans Rapport BioInitiative 2007 et 2012 (section 15) Belvaev IY, Grigoriev YG. Problems in assessment of risks from exposures to	B	Les références dans ce paragraphe, qui n'a pas pour but de réaliser une revue exhaustive, sont citées à titre d'exemple. Les études proposées concernent les effets d'une exposition aux radiofréquences, étudiés par ailleurs dans les expertises publiées par l'Anses en 2009 et 2013.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	5.2	suite biblio	Bawin, S. M. and Adey, W. R. Sensitivity of calcium binding in cerebral tissue to	B	Cf. réponse au commentaire n° 307.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	5.2	suite biblio	Campisi A, Gulino M, Acquaviv a R, Bellia P, Raciti G, Grasso R, Musumec	B	Cf. réponse au commentaire n° 307.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	5.2	suite biblio	Franzellitt i S, Valbonesi P, et al Transient DNA damage induced by high-	B	Cf. réponse au commentaire n° 307.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	5.2	suite biblio	Giorgi G, Marcantio P, Bersani F, Gavoçi E, Del Re B. Effect of extremely	B	Cf. réponse au commentaire n° 307.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	5.2	suite biblio	Tsybulin O, Sidorik E, Brieteva O, Buchynsk a L, Kyrylenko S	B	Cf. réponse au commentaire n° 307.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	5.2	voir les possibilités de démodulation citées par Adey. (discuté p 27 34)		B	Aucun mécanisme de démodulation qui aurait pu faire un pont entre le domaine des radiofréquences et celui des extrêmement basses fréquences n'a pu être démontré dans le corps humain à ce jour ; on peut citer en particulier l'étude négative relative à la recherche de réponses non linéaires dans les cellules de Kowalczyk et al. (2010), ainsi que celle de Davis (2010) (Davis and Balzano 2010, Kowalczyk et al. 2010).
Ballet - Association – ONG	5.2	il est vraisemblable que les 2 aspects du signal jouent un rôle ,le fréquentiel et le temporel. Le taux de répétition (ou la fréquence de répétition) des "bursts" pourrait jouer un rôle (cela semblerait le cas dans le "microwave hearing"), ainsi que les montées en puissance très rapides, à "flan raide". A noter que les montées sont plus rapides dans les signaux émis par les stations de base que dans les signaux émis par les terminaux mobiles.		B	L'impact de la forme d'onde des signaux sur le corps humain n'est pas écarté et reste un sujet de recherche à privilégier. Le mécanisme de "démodulation", s'il existe, reste donc à découvrir.
Le Calvez / Pelletier- Association – ONG	5.2	Pour mémoire, le rapport ANSES 2013 fait état du rôle d'une modulation à 14Hz concernant l'impact sur l'EGG.		B	L'impact de la forme d'onde des signaux sur le corps humain n'est pas écarté et reste un sujet de recherche à privilégier.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	5.2	Sur la question des transitions On/Off, détection par le cerveau, voir bibliographie complémentaire. Hocking 2001 a également trouvé des éléments importants sur l'excitation des fibres nerveuses.	Roggeveen S, van Os J, Lousberg R (2015) Does the Brain Detect 3G Mobile Phone Radiation Peaks? An Explorative In- Depth Analysis of an Experimental	B	Les références dans ce paragraphe, qui n'a pas pour but de réaliser une revue exhaustive, sont citées à titre d'exemple. L'étude de Roggeveen et al., 2015 ne traite pas spécifiquement de l'EHS. L'étude de Carrubba <i>et al.</i> , 2010 est déjà incluse dans le rapport.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	5.2	suite biblio	Frilot C 2nd, Carrubba S, Marino AA. Magnetosensory function in rats: localization using positron emission tomography. <i>Synapse</i> 2009.	B	Les références dans ce paragraphe, qui n'a pas pour but de réaliser une revue exhaustive, sont citées à titre d'exemple. L'étude de Frilot <i>et al.</i> 2009 ne traite pas spécifiquement de l'EHS. L'étude de Carrubba <i>et al.</i> , 2007 est déjà incluse dans le rapport.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	5.2	suite biblio	Marino AA, Kim PY, Frilot li C. Trigeminal neurons detect cellphone radiation: Thermal or nonthermal is not the question.	B	Les références dans ce paragraphe, qui n'a pas pour but de réaliser une revue exhaustive, sont citées à titre d'exemple. L'étude de Marino <i>et al.</i> , 2016 ne traite pas spécifiquement de l'EHS. L'étude de McCarty 2011 est déjà incluse dans le rapport.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	5.2	suite biblio	Hocking B, Westerman R. Neurological abnormalities associated with CDMA exposure. <i>Occup Med (Lond)</i> . 2001 Sep;51(6):410-3. PubMed PMID: 11584121	B	Les références dans ce paragraphe, qui n'a pas pour but de réaliser une revue exhaustive, sont citées à titre d'exemple. L'étude de Hocking <i>et al.</i> , 2001 est un rapport de cas dans lequel les paramètres d'exposition ne sont pas vérifiables. Cette étude n'est pas informative et ne concerne pas spécifiquement l'EHS.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Particulier	5.3	<p>epileptique de naissance ,j'ai arreté mon traitement ,m'estimant guéri. en 2008,a la venu de la 3g,des troubles apparurent,acouphenes, tremblements des jambes ,insomnie,crise ,oeil,photosensibilite. le plus pertubateur furent les dect,ensuite le wifi ,et les telephones portables ,ce dernier produisait une forte decharge avant qu'il sonne.plus on s'eloigne de la ville, plus fort etait la decharge.la reprise du traitement a diminué les troubles.mais je sait quand une personne utilise un telephone en se connectant au wifi et meme un ordinateur au wifi,je sais qu'il ne faut pas que je reste a cote du dect ,mes jambes tremble.ah ,avec ce tephone il y avait aussi mon rasoir electrique qu j'avais,mon oreille souffrait,comme les telephones.le gps ,je l'ai mis a la poubelle ,elle me genait beaucoup.les ampoules fluocompact spirale ,quelle horreur,quand je suis fatigué j'entendais un bruit de marteau piqueur en accelere.meme le dect ,j'entendais un bruit moins rapide et plus espaceé.quelle souffrance ,mes doigts brulait quand j'utilisait un ordinateur portable,mais une fois le wifi desactive plus rien .je dirai que je deviens photosensible je crois ,quandje suis proche d'une source qui émet,decharge.une fois la decharge recu,les troubles commencent a apparaitre,si reste plus longtemps mon etat se degrade ,mes crises apparaissent.j'ai appris a reconnaitre .j'ai soigné des enfants ou le corps medical neurologie a dit de la fille quelle etait tendu ,j'ai voulu aider le corps medical pour aider ces jeunes avec ces troubles ,on m'a pris pour un fou.il aura ete interessant de rescencer les troubles des 2008.aujourd'hui il est trop tard ,trop d'appareil .l'element le plus pertubateur dans les habitations ou j'ai aide les jeunes etait le dect.tete pose a cote.la suisse n'a pas hestié ,le corps medical francais a perdu,les gens iront a l'etranger pour ce faire soigner.il est trop tard.croyes a notre ministre de la santé et nous verrons dans dix ans,comme tchernobyl,je ne le savais pas ,nous le dira t on. patience</p>		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
NEYRAND - Association – ONG	5.3	"hypothese 2 existence d'un seuil de perception cutanée faible", ce qu'on nomme l'impedance de la peau, ressitivite de la peau qui varie perpetuellement, variable tout le long du corps varie de 50à 15000Kohm. celle ci est mesurable et je vous invite à vous tourner vers le dr philippe Malafosse à Montpellier, avec lequel j'ai fait une formation en reflexotherapie par l' IFOP c'est un grand specialiste en reflexologie, je ne pense pas qu'il connaisse bien le domaine des ondes mais il pourrait etre interessant qu'il echange avec les dr Tournesac et Rosa sur la notion de perception cutanée faible. l'electrosmog perturbe la resistivite de la peau au moment où le corps dans ce brouillard electromagnetique c'est in vivo qu'il faut faire les mesures et les experimentations et non in vitro. Chacun etant different, nous n'avons pas tous la meme impedance à l'irradiation, plus de femmes declarées, mais tous les ages sont concernés, il faut tenir compte du terrain de la personne, de son activite,de sa position statique ou non, de son environnement. La reactivite sera donc differente selon l'individu la peau n'isole pas de ces ondes		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Association – ONG	5.3	Le concept de « perception subjective » ou indirecte mériterait d'être explicité et documenté. Peut-elle être rapprochée du concept d'exposition sociocognitive proposé par Poumadère et al ? Toutefois cet élément de réflexion n'apparait pas en lien direct avec l'objet du chapitre qui s'attelle à analyser et discuter des mécanismes identifiés ou possibles d'interactions des champs électromagnétiques avec le vivant.	Poumadère, M. & Perrin A. 2011. « Exposition sociocognitive et évaluation des risques: le cas de la téléphonie	F	En réponse à plusieurs commentaires sur ce paragraphe, celui-ci a été modifié.
Ballet - Association – ONG	5.3	perception cutanée faible :qu'est-ce que ça veut dire? Forte sensibilité de la perception cutanée? Sensation de picotement? Il y a aussi d'autres modes de perception : par "microwave hearing", par sensation d'air lourd, comme orageux sur site fort chargé en RF.		F	En réponse à plusieurs commentaires sur ce paragraphe, celui-ci a été modifié.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
	5.3	La phrase "En toute rigueur, il est difficile d'imaginer que l'être humain, ne disposant pas, a priori, de récepteurs dédiés aux ondes électromagnétiques, puissent, consciemment ou non, percevoir ces ondes directement" témoigne d'un manque évident d'objectivité de la part de son auteur. En effet, toute recherche scientifique prend pour origine l'observation de faits non encore expliqués, mais qui doivent néanmoins être observés en toute impartialité et objectivité. Si un scientifique se refuse à "imaginer" l'éventualité d'un phénomène rapporté à plusieurs reprises par plusieurs personnes de par le monde, il se ferme alors à la recherche d'éléments tangibles pouvant l'expliquer. Ainsi, la tournure "il est difficile d'imaginer" révèle à un certain degré une pensée réductrice ou hermétique et de toute façon subjective de la part de son auteur tendant à penser qu'il ou elle doute de l'existence de la capacité de certains individus à percevoir par leurs sens les ondes électromagnétiques.		F	En réponse à plusieurs commentaires sur ce paragraphe, celui-ci a été modifié.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	5.2	A noter que certains témoignages de personnes EHS évoque des goûts métalliques dans la bouche. Ce goût métallique est également rapporté par Van Dongen 2014 chez les opérateurs IRM. voir nos commentaires sur la sensibilité au champ magnétique terrestre p 88. L'hémoglobine, la magnétite ... présentent des propriétés magnétiques, ainsi que des implants et autres contaminants. Quelles conséquences ? Tout le monde a entendu parler de ces personnes qui « entendent la radio » dans leurs implants dentaires... Des chercheurs ont réussi à faire voir des non-voyants grâce à un système de stimulation au niveau de la langue, par substitution sensorielle (la plasticité synaptique étant impliquée). http://acces.ens-lyon.fr/acces/ressources/neurosciences/inter-modalite-sensorielle/ternaux/TDU		A	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	5.2	Comment une hypothèse non étudiée peut-elle être abandonnée ? C'est au contraire une piste de recherche neuve et intéressante qui peut bénéficier de la recherche active sur la question des nano-particules.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	5.3	Perception directe : la découverte d'un cryptochrome humain magnétosensible et le consensus autour de l'impact sur l'EEG devraient conduire à nuancer le propos. Ce sont des pistes de recherche encore peu explorées. L'étude de la proprioception et de la somesthésie est peu développée et l'impact des ondes à ce sujet quasi inexistant. Par ailleurs, les thermorécepteurs sont extrêmement sensibles (et sensibilisables), ce qui pourrait permettre d'envisager une perception (inconsciente, devenant consciente) de l'effet diélectrique des RF (voir aussi nos remarques p 96). Il faudrait aussi évoquer l'effet thermoélastique à l'origine de la perception du click microondes. La propagation de telles ondes dans le cerveau ou les tissus pourrait conduire à une forme de perception. Par exemple, ne pourrait-on imaginer cet effet au sein des mécanorécepteurs (qui prennent la forme de gel encapsulé) ? Cela conduit à interroger la définition donnée de la perception eu égard à l'existence de la substitution sensorielle : un récepteur sensible à un stimulus réagissant par apprentissage/plasticité synaptique à un autre type de stimulus. Ne serait-ce pas l'ensemble récepteur/afférence/arc réflexe ou SNC/efférence qu'il faudrait envisager ? Perception directe et indirecte peuvent tout à fait coexister.	Carrubba, S., C. Frlot, 2nd, et al. (2007). "Evidence of a nonlinear human magnetic sense." <i>Neuroscience</i> 144(1): 356-367.	F	En réponse à plusieurs commentaires sur ce paragraphe, celui-ci a été modifié. Concernant la référence à l'article de Carrubba, voir la réponse au commentaire n° 351.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	5.3	Il est étonnant de ne pas voir citée l'étude de Leitgeb et Schröttner 2003 qui a montré que d'une part, les femmes présentent une sensibilité aux courants électriques (50Hz) supérieure à celle des hommes et d'autre part, que l'on peut identifier une répartition bimodale avec l'existence de sous-groupes très sensibles. Ainsi, la meilleure adéquation à un loi log-normale a-t-elle été obtenue lorsque 5% des hommes les plus sensibles ont été écartés du traitement des données et 11% pour les femmes. Cette étude met en évidence l'existence de deux populations distinctes.	Leitgeb N, Schröttner J. (2003). Electrosensitivity and electromagnetic hypersensitivity. <i>Bioelectromagnetics</i> , 24(6):387-94. Voir également Schröttner J.	D	Ces deux études ont été prises en compte dans le rapport d'expertise dans l'hypothèse sur l'existence d'une sensibilité particulière aux champs électromagnétiques basse fréquence et dans le chapitre 6.2.1.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	5.3	suite biblio	Leitgeb N, Schröttner J, Cech R. Perception of ELF electromagnetic fields: excitation thresholds and inter-individual variability. <i>Health Phys</i> . 2007	B	La première référence citée est une revue générale non spécifique de l'EHS. La deuxième référence citée est un article en allemand. Seuls les articles originaux publiés dans des revues à Comité de lecture indépendant en langue française ou anglaise sont analysés.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier-Association – ONG	5.3	suite biblio	Loos N, Thuróczy G, Ghosh R, Brenet-Dufour V, Liabeuf S, Selmaoui B, Libert JP, Bach	B	Ces études ne traitent pas spécifiquement de l'EHS. Cependant, une réplication de l'étude de Loos <i>et al.</i> , 2013 chez des EHS serait intéressante.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	5.3	Quid de la sensibilisation des thermorécepteurs par répétition de l'augmentation de la chaleur ou par exposition aiguë créant un dommage : on serait dans les effets thermiques/diélectriques avec une diminution du seuil de réaction des thermorécepteurs. La question des mécanorécepteurs mérite également d'être posée. Se pose également la question de l'abaissement du seuil thermique lié à la présence de métaux (naturels ou contaminants). C'est sur ce principe que des thérapies à base de nanométaux sont proposées pour le traitement thermique par RF de certaines tumeurs. voir nos commentaires sur la sensibilité au champ magnétique terrestre p88.	Schepers RJ, Ringkamp M. Thermoreceptors and thermosensitive afferents. Neurosci Biobehav Rev. 2010 Feb;34(2):177-84. Doi: 10.1016/j.neubiorev.2009.10.003. Epub 2009 Oct 12. Review. PubMed PMID: 19822171. A noter que le modèle souris n'est	B	Ce commentaire se réfère à une adaptation à la chaleur qui se traduit par une diminution de la sensibilité du système thermorégulateur pour des expositions à la chaleur corps entier pour des charges thermique relativement importantes. Cela ne s'observe pas pour des faibles variations locales et pour des zones d'exposition thermiques restreintes. La référence citée de Schepers est une revue générale et l'article de Spiegel ne traite pas spécifiquement de l'EHS.
Particulier	5.4	Quel est l'intérêt de faire des études pour savoir si l'être humain (sain ou E HS) est capable ou non de "percevoir" des ondes électromagnétiques ? On ne perçoit pas le monoxyde de carbone par exemple, et pourtant il est très nocif etc.... conclure que les symptômes ressentis par les EHS ne sont pas dus aux ondes électromagnétiques par ce qui arrive pas à les identifier n'est pas une démarche scientifique valable. Une étude scientifique valable serait d'isoler des E HS de toute onde électromagnétique est de constater la régression des symptômes au bout d'un temps suffisamment long (quelques jours), ce qu expérimentent déjà les E HS qui peuvent séjourner dans les très rares zones blanches...		B	C'est justement le raisonnement inverse qui est intéressant. Les études de provocation ont regardé si les EHS pouvaient ou non percevoir les ondes EM. Si les résultats avaient été positifs, alors la démonstration aurait été faite de façon irréfutable. Les études de provocation ont également analysé la possibilité d'un effet sans perception consciente (apparition de symptômes sous exposition, en condition aveugle). Pour reprendre l'exemple du CO, une telle démarche expérimentale aurait dû donner des résultats. C'est justement cette absence de résultats avec cette seconde stratégie expérimentale qui jette le trouble dans la communauté scientifique.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	5.3	émission réelle ou factice pendant 32 minutes d'exposition: c'est beaucoup trop court! En présence de cem pas trop élevés, (en 2G), il faut environ une 20 aine de minutes pour avoir des symptômes désagréables. Ensuite, il faut le double de temps pour que l'effet disparaisse. Dans la plupart des études de provocation , il n'est tenu aucun compte du temps de latence ni du temps de récupération, ce qui fait que les perceptions des périodes on et off s'entremêlent. Magda Havas a étudié les relations entre WiFi et problèmes de rythme cardiaque : selon les sujets, il n'y avait soit pas d'effet, soit un effet marqué immédiat, soit un effet différé.		G	L'Anses prend note de cette expression et remercie son auteur.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	5.3	Kwon 2012 b : Sauf erreur, rien n'est dit sur le recrutement des EHS et non-EHS. Sur quels critères a-t-on inclus les EHS ? Il s'agit d'une étude de provocation, pourquoi la trouve-t-on dans ce chapitre qui est censé répondre à la question d'une sensibilité cutanée aux CEM accrue chez les EHS. Dans la même veine de commentaire : Kim 2013 et Choi 2014 étudient des non-EHS, elles ne peuvent donc répondre à la question posée.		c	En réponse à plusieurs commentaires, le paragraphe a été modifié. Les analyses des études de Kwon et al., 2012b, Kim et al., 2013 et Choi et al., 2014 ont été déplacées.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	5.3	N'est-il pas étrange de conclure avant le chapitre sur les études de provocation ?		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	5.3	Ligne 31-38 La rédaction du premier paragraphe est extrêmement bizarre, le « De plus » laissant un goût de sous-entendus... et le terme « non étudiée » à ce jour semble plus juste que « inconnues » qui peut suggérer que l'on a cherché mais pas trouvé. ligne 35-36 L'impact au niveau de l'EEG laisse à imaginer une transmission... nerveuse des stimuli induits par les CEM.		C	Le paragraphe a été reformulé.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
LEGER - Particulier	5.4	Quoiqu'il en soit, aucun récepteur dédié à la détection des champs électromagnétiques n'a été mis en évidence dans l'organisme humain. Dans l'état actuel des connaissances scientifiques, la 12 perception directe des ondes électromagnétiques par l'être humain paraît peu probable. 13 Cependant de nombreux EHS attestent de "brulures" qui se traduisent dans mon cas personnel par une réelle détérioration de la peau avec un aspect identique à celui créé par une projection d'eau bouillante MAIS c'est bien le wifi 2,4GHz d'une "box" située à moins de 2m ou des bornes situées dans les hopitiaux de Romans, Valence et Saint Etienne qui l'ont provoqué.... Alors un "sixième sens »? Une plaisanterie sans doute pour amuser le monde commercial... Sur ce dernier point mon témoignage ainsi que celui des infirmières et praticien ayant observé ces atteintes serait facile à obtenir..	Certificat établi en centre d'hémodialyse par le Professeur responsable	G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Société Française de RadioProtection - Association - ONG	5.4	Les magnétosphères sont décrits comme des points lumineux, ce qui n'est pas tout à fait exact quand on reprend la description des volontaires qui les ont vu. Il s'agit plutôt de lignes scintillantes à 20 Hz, d'un effet stroboscopique à 50 ou 60 Hz sans ligne vraiment formées.	Souques M. et al. Anecdotal Report of Magnetospherene Perception in 50 mT 20, 50 and 60 Hz Magnetic	E	La phrase a été reformulée, merci pour ces précisions.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	5.4	La découverte d'un cryptochrome humain magnétosensible devrait conduire à nuancer la conclusion sur l'absence de récepteur connu à ce jour. C'est un champ de recherche extrêmement récent qui s'ouvre. Le fait qu'il soit dépendent de la lumière (bleue) devrait également inciter à la recherche de co-expositions (LED, écrans ...). Les études Fedele et al 2014 concernent la drosophile, une réponse aux EMF est obtenue : Le lien qui est fait p 189 entre rythmes circadiens et magnétoréception ne se retrouve pas dans la partie Magnétoréception.	Fedele G, Edwards MD, Bhutani S, Hares JM, Murbach M, Green EW, Dissel S, Hastings MH, Rosato E, Kyriacou CP. Genetic analysis of circadian responses to low	B	L'hypothèse des systèmes cryptochromes humains est valable, mais, à l'heure actuelle, aucune étude n'a mis en évidence leur fonctionnalité dans le contexte physiologique humain. Les références dans ce paragraphe, qui n'a pas pour but de réaliser une revue exhaustive, sont citées à titre d'exemple.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
THEVENIAU D - Association - ONG	6	Une étude et un rapport qui pourraient être pris en compte : 1. Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone base stations G. Abdel-Rassoul *, O. Abou El-Fateh, M. Abou Salem, A. Michael, F. Farahat, M. El-Batanouny, E. Salem Community, Environmental and Occupational Medicine Department, Faculty of Medicine, Menoufiya 2. Electromagnetic Hypersensitivity: Evidence for a Novel Neurological Syndrome Article (PDF Available) in The International journal of neuroscience 121(12):670-6 • July 2011 with 397 Reads DOI: 10.3109/00207454.2011.608139 • Source: PubMed	1. http://www.iddd.de/umtsno/emf Krebs/EgyptStudy.pdf 2. https://www.researchgate.net/publication/51525452_Electromagnetic_Hypersensitivity_Evidence_for_a_Novel_Neurological_Syndrome	B	L'étude de McCarty est citée dans le rapport d'expertise. L'étude d'Abdel-Rassoul <i>et al.</i> , 2006 a été analysée en détail dans le rapport publié par l'Afsset en 2009 et ne concerne pas directement les sujets EHS, mais la santé perçue à proximité des antennes-relais.
Ballet - Association - ONG	6.1	Les enquêtes ne précisent pas toujours si les symptômes apparaissent liés à l'exposition à des stations de base ou des terminaux mobiles. Les troubles du sommeil semblent plutôt liés à des antennes base (à une certaine distance), les picotements à un appareil proche.		G	L'Anses prend note de cette expression et remercie son auteur.
Ballet - Association - ONG	6.1	62% de cas psy, ça paraît beaucoup!		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Kompetenzinitiative zum Schutz von Mensch, Umwelt und Demokratie - Association - ONG	2.2	L'étude Hagström et al. 2013 (questionary study) est caractérisée par 2 résultats fondamentaux, qui ne se font pas voir dans la 'consultation': Le traitement psychothérapeutique et psychiatrique des EHS - conseillé par le "fact sheet 2005" de la OMS - ne sert presque à rien et seulement la déexposition (aussi la diète et des anti-oxydants) aident les EHS effectivement. Puisque d'autant plus des psychopharmaceutiques mêmes empirent leur état (- 4,2%) le fact sheet 2005 devrait être retiré, dû aussi à l'histoire de son origine (Budzinski/Hecht, p.471 - 472).	http://kompetenzinitiative.net/KIT/KIT/elektrohypersensibilitaet-phantom-oder-anzeichen-einer-gemeingefahr/version_francaise https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3411111/	B	L'Anses prend note de cette expression et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
NEYRAND - Autre	6.1	je vous remercie de bien considerer mes precedents propos en tant que kinesitherapeute et en deuxieme temps comme presidente de poem26, dorenavant je placerai ma profession de therapeute DE en 1er, merci de quel stress parle-t-on: psychologique? physiologique? cellulaire? pour ma part un stress psychologique est toujours secondaire à qq chose qu'il soit physique, emotionnel, verbale... alors qu'ici le stress est cellulaire, les tissus sont sous tension amenant ensuite un stress emotionel par non comprehension de ce qui arrive à la personne et la non consideration par le monde medical, famillial de ce qu'elle vit dans sa chaire. dans le cas des EHS ou intolerant, l'insomnie est d'abord créée par l'environnement electromagnetique de la chambre de la personne (CE et CM par els basses frequences tel radio reveil, cpl, rallonges, ligne THT, ..., CEM par les HF tel tel portable en veille, wifi branche, dect...)se manifestant par difficulté d'endormissement, reveil multiple,difficulte de reendormissement, reveil fatigue, insomnie total. Il est plus facile d'en parle lorsqu'on la vecu et considere. Des que la personne va dans un lieu non pollue, le sommeil revient totalement.		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.1	A propos de l'étude d'Hagström, les rapporteurs écrivent que le stress pourrait expliquer les troubles du sommeil. Sans doute mais l'inverse peut également être émis comme hypothèse ou encore les deux peuvent être considérés comme des symptômes à part entière de la maladie. : voir Pires 2016 Comme facteur de prédisposition possible, Hagström pointe plutôt le terrain allergique. Les témoignages recueillis par notre association, ainsi que le type 2 analysé par Barthe sont compatibles avec les constats de l'étude Hagström 2013.	Pires GN, Bezerra AG, Turfik S, Andersen ML. Effects of experimental sleep deprivation on anxiety-like behavior in animal research: Systematic review.	C	La référence citée est une revue générale qui ne traite pas spécifiquement de l'EHS. La ponctuation de la phrase a été reformulée afin de preciser la possibilite de relations complexes entre stress et troubles du sommeil.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet-Association – ONG	6.1	important : réactions anormales d'EHS à la stimulation magnétique transcranienne: c'est un critère objectif.		E	La stimulation magnétique transcrânienne (SMT) est une technique d'exploration fonctionnelle du système nerveux qui a fait ses preuves depuis 30 ans. Mais elle comporte plusieurs modalités de mise en oeuvre dont les indications sont variables en fonction des objectifs. Celle qui a été choisie pour ces deux articles, la " <i>paired pulse stimulation</i> ", n'est adaptée ni à la discrimination entre deux groupes de sujets, ni à l'étude de la plasticité cérébrale. En effet, les paramètres mesurés (la <i>short intracortical inhibition</i> et l' <i>intracortical facilitation</i>) sont bien connus pour présenter une grande variabilité inter- et intra-individuelle. C'est probablement ce qui explique la différence de résultats entre les deux études. De plus, la technique de " <i>paired associative stimulation</i> " est beaucoup plus fiable pour tester la plasticité cérébrale. Tant qu'il n'ont pas été répliqués et/ou complétés, ces résultats doivent être interprétés avec la plus grande prudence. La phrase a été reformulée en conséquence.
Ballet - Association – ONG	6.1	c'est logique que les EHS subissant des maux de têtes et d'autres symptômes plus ou moins invalidants, se perçoivent en moins bonne santé que le reste de la population. Le nombre de consultations médicales élevé s'explique logiquement par le besoin de déterminer l'origine des troubles et d'essayer d'y remédier. Quand les tentatives pour se faire soigner ont échoué, il peut arriver qu'ensuite les EHS ne consultent plus, d'autant plus que les conditions sont souvent très pénibles en milieu hospitalier, et même en cabinet privé (DECT, WiFi, portables).		G	L'Anses prend note de ce témoignage et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	6.1	l'anxiété peut être une conséquence de la douleur et des perturbations de la vie familiale, professionnelle et sociale résultant des mesures prises pour tenter d'y échapper.		G	L'Anses prend note de cette expression et remercie son auteur.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.1	si possible expliciter ce qu'est une « suractivation du réseau cortical de la détresse »		D	Une note de bas de page a été ajoutée au rapport pour l'expliquer.
Kompetenzinitiative zum Schutz von Mensch, Umwelt und Demokratie - Association – ONG	6	L'étude Rössli (2010) conclut, qu' il n'y avait pas eu des perturbations du sommeil „significatives“ et de la somnolence diurne „forte“ (et significative) en laissant ouvert les tendances et la somnolence légère. Il peut bien qu'il n'y avait pas d'effet significatif (et fort) pour deux raisons: Les cas de perturbations les plus graves étaient peut-être exclus, puisque Rössli avouait lui-même, que ses cas probablement „non pas pu être découverts“, parce qu'il y a des „personnes, qui remarquent la radiation et se mettent à l'abri“ (Evidemment il paraît que l'on trouvait des logis quittés a cause de la radiation – comme dans toutes les villes! Voir Munich). Deuxièmement la somnolence "forte" ne se pouvait pas montrer parce que l'exposition moyenne (et seulement calculée) des antennes (0,020 mW/m2) était trop faible = 20 uW/m2 = 0,082 V/m, tandis que des effets éventuellement significatifs se font voir en dessus de 0, 1 V/m et bien consistents à partir de 0,6 V/m (Voir "Leitfaden Senderbau", 2014). Enfin, ensemble avec des centaines des plaintes même une simple tendance pourrait être déjà importante, puisqu'il ne s'agissait pas à avérer une origine causale, mais seulement la bonne raison des plaintes, c'est-à-dire l'existence bien probable de l'effet.	Rössli: https://www.unibas.ch/de/Aktuell/News/Uni-Research/Handystrahlen-verursachen-laut-Basler-Studie-keine-Schlafprobleme.html Effet consistant d'antennes relais à partir de 0,6 V/m (= ca. 1,27 mW/m2), p. 30 du "Leitfaden Senderbau" (LSB), 2014, Université de Vienne et al.; http://www.elektrosmog-messung.at/wp-content/uploads/2015/08/Leitfaden.pdf A Munich annuaires vidéos: Grasherner/Kottrader. "Mobilfunk	G	L'Anses prend note de l'expression communiquée et remercie son auteur.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.1	à propos de l'étude Qualifex (Rössli, 2010), notamment Figure 11 (p. 108), il n'est pas précisé si les problèmes de santé étaient ou non antérieurs à la ou les périodes d'exposition.		C	L'évolution des symptômes est corrélée avec l'évolution des expositions dans cette étude (cf. Figure 11) ; le texte du rapport a été modifié pour préciser que l'exposition " a été évaluée durant les 6 mois précédant chaque questionnaire".

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier	6.1 Étu des san s exp osit ion exp éri me ntal e aux cha mp s EM	à propos de Frei (2012) toujours sur la cohorte Qualifex, les seules informations que l'on puisse en tirer c'est que la dose ne fait pas toujours la réponse.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de la part de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.1	<p>Cette étude postule que « bien que rien ne puisse permettre d'exclure que les symptômes soient de réels effets physiques dus à l'exposition aux CEM, les effets psychologiques sont très probables ». En quoi cette affirmation est-elle étayée ? Les deux questions posées en point de départ ne concernent absolument pas la question du lien de causalité avec l'exposition. Par ailleurs, cette étude affirme confirmer la relation entre genre, névrotisme et optimisme et l'intensité des symptômes. Or l'étude trouve les plus forts et plus fréquents symptômes dans le groupe recruté via le groupe d'entraide EHS qui présente le plus faible taux de névrotisme (moins que la population générale non sensible !) et un optimisme tout à fait semblable. En quoi peut-on valider cette étude, dont la plupart des raisonnements sont indigents, triviaux ou contraires aux faits ? A cela s'ajoute un élément surprenant : les participants à l'enquête épidémiologique ont été sélectionnés avec une promesse de récompense à la clef ! pour leur participation. On ne peut donc que s'étonner d'observer que cette étude est la plus fréquemment citée dans le rapport, pas moins de 26 fois !</p>		B	<p>La méthodologie de l'étude Van Dongen et al. 2014 a été considérée de bonne qualité par le groupe de travail, qui en décrit les résultats présentés par les auteurs.</p>
NEYRAND – Autre	6.1	<p>Ces personnes sont soit en errance soit dans l'incompréhension de ce qui leur arrive malgré leurs nombreuses consultations de médecins, de psychologues, psychiatres.. et trouve dans les associations une aide, une écoute attentive et leur permette de réaliser par elles-mêmes qu'il y a à considérer leur environnement direct pour permettre à leur corps d'être mieux malheureusement les lieux de vie sont tellement pollués que cela devient de plus en plus difficile. Oui toutes ces personnes sont capables d'évaluer par elles-mêmes ce qui leur arrive</p>		G	<p>L'Anses prend note de cette expression et remercie son auteur.</p>
Ballet - Association – ONG	6.1	<p>corrélation entre l'attribution causale et l'intensité des symptômes physiques: le point à vérifier est l'antériorité (ou non) des symptômes par rapport aux attributions à des causes.</p>		B	<p>Il paraît cependant difficile d'étudier plus précisément cette question dans la mesure où les publications analysées font ressortir que la quasi-totalité des EHS semblent ressentir des symptômes avant de se déclarer EHS.</p>

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	6.1	le taux de problèmes attribués dans la population générale aux compteurs communicants est alarmant!		D	Le texte a été clarifié pour éviter une mauvaise interprétation des résultats de cette enquête.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
	6.1	<p>Témoignage d'une EHS (42 ans) - Compteur communicant: En vacances, j'ai fait la douloureuse expérience des compteurs à eau "communicants" (sans savoir de quoi il s'agissait). A mon arrivée sur les lieux, j'ai ressenti comme un champ brûlant provenant de l'angle du jardin. Dans les jours suivants, plusieurs symptômes d'EHS cités ci-après sont réapparus ou se sont intensifiés. Une mesure d'éloignement de plusieurs heures par jour (sur une plage isolée) m'a permis de confirmer que la source de mes troubles physiques était bien localisée à proximité des habitations. Informée de mes douleurs, la propriétaire a contacté ladite entreprise indiquant qu'elle soupçonnait que le dispositif installé sur son compteur à eau soit à l'origine de l'exacerbation de mes troubles. Un technicien procède à la dépose de la tête émettrice de radiofréquences (anneau clipsé avec antenne) sur le compteur d'eau. Il m'a demandé si j'étais "électrosensible". J'ai cherché à savoir pourquoi j'avais mal 24h/24, il m'a répondu que c'était normal car il s'agissait d'un "dispositif de téléphonie mobile" fonctionnant toute la journée et que si je ne supportais pas l'intensité actuel du rayonnement (alors qu'il était faible), cela serait plus difficile (je cite) "quand on mettra la dose pour faire la télérelève". Après dépose du dispositif émettant des impulsions de radiofréquences, mes douleurs étaient moins fortes, mais toujours handicapantes. Le technicien m'ayant prévenu que je continuerai à ressentir les ondes des compteurs voisins. A ce jour, je ne peux plus retourner en ce lieu jusqu'à nouvel ordre (dépose des compteurs communicants) sous peine de réactiver mes douleurs physiques.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Impossibilité de se concentrer, baisse de vigilance (oubli de mots, de noms), perte d'attention et de mémoire immédiate ; impression d'avoir le cerveau « embrouillé » et de ne pas pouvoir en disposer ; - Gestes devenus imprécis (grosse coupure au doigt en cuisinant) ; - Vertiges, perte d'équilibre - Modification du rythme cardiaque (tachycardie ou bradycardie) - Perception auditive/visuelle perturbées (vision trouble) - Forte sensibilité au niveau des oreilles, pincements douloureux ou sifflements ; perte des capacités auditives transitoires. - Effets de chauffe, très cuisants sur le corps. - Température corporelle perturbée - Apparition de petites cloques sur la peau ; - mes quelques rares grains de beauté prennent du relief et certains vont jusqu'à saigner. 		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	6.1	Les résultats de ces études (conclusives) varient d'une étude à l'autre et sont difficilement comparable. Quand il y a plusieurs études, elles sont trop différentes et on ne peut rien en tirer. Quand il y en a une seule, on lui reproche d'être isolée pour ne pas s'y intéresser (par ex p149 I43 et suivantes). Résultats, les études conclusives sur l'EHS ne sont JAMAIS prises en compte.		B	La méthodologie du groupe de travail consiste, pour obtenir un niveau de preuve suffisant, à évaluer la convergence de plusieurs études .
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.1	P. 114-115 : Baliatsas et al, 2015 : ces constats sont cohérents avec l'hypothèse d'une perte de tolérance chez certaines personnes. Là encore, on oublie qu'il existe une hypothèse selon laquelle la dose ne fait pas la réponse ou plutôt que le niveau au-dessous duquel elle est susceptible de faire la réponse est tellement bas que ces études ne le prennent pas en compte.		B	L'étude de Baliatsas (2015a) décrit des relations entre des expositions estimées et modélisées et des symptômes auto-rapportés, elle ne permet donc pas de valider des hypothèses de causalité pour l'origine de ces symptômes.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.1	conclusion de l'analyse de cette étude de Baliatsas 2015a, lignes 27-28, : elle confirmerait les résultats d'autres études selon lesquelles les personnes se croyant exposés à des CEM déclarent en général davantage de symptômes. Ces études en apportent-elles la preuve ? Et le raisonnement ne pourrait-il être inverse : les personnes déclarant davantage de symptômes se croient davantage exposées. Cela serait compatible avec l'hypothèse d'une perte de tolérance. La position des experts de l'ANSES serait à préciser sur ce point.		B	cf réponse au commentaire n° 350.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.1	Concernant la modélisation des expositions, le fait que les personnes sensibles réduisent leur exposition (en déménageant ou en se protégeant par ex) depuis l'apparition ou l'attribution des troubles a-t-il été pris en compte ? Il est dit que l'usage de son propre téléphone mobile et sans fil n'a pas été pris en compte. Cela n'invalide-t-il pas grandement les conclusions ? Ajouter également : Baliatsas C 2016	Baliatsas C, van Kamp I, Bolte J, Kelfkens G, van Dijk C, Spreuwenberg P, Hooiveld M, Lebrecht E, Yzermans J. Clinically defined non-specific symptoms in the vicinity of mobile phone base stations: A retrospective before-after	B	Le fait que les personnes sensibles réduisent leur exposition (en déménageant ou en se protégeant par ex) depuis l'apparition ou l'attribution des troubles a été pris en compte, la modélisation de l'exposition a été réalisée au moment de la déclaration. Les points faibles de l'étude ont été notés dans l'analyse du groupe de travail. L'étude de Baliatsas citée a été publiée en septembre 2016, elle est hors du périmètre d'étude fixé.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.1	Conclusion sur la prévalence des symptômes subjectifs Il nous paraît fondamental d'étudier la chronologie des troubles et notamment en distinguant les phases aiguës puisque la pathologie semble évolutive et est modulée en fonction des stratégies de prise en charge et de prévention mise en œuvre. La mesure des expositions environnementales est intéressante mais n'est pas l'alpha et l'omega si l'on considère qu'il s'agit d'un phénomène de sensibilisation (perte de tolérance) en lien avec une exposition chronique ou à des répétitions de dose. Il faudrait connaître l'historique des expositions et les facteurs de prédisposition et de risques (co-facteurs/co-expositions) Si l'on veut être caricatural, les personnes EHS, une fois qu'elles ont fait le lien avec leur exposition, sont sans doute parmi les personnes les moins exposées lorsqu'elles peuvent se protéger et réduire leurs usages. Devrait-on en déduire pour autant qu'un facteur de risque est la faible exposition aux CEM ?		C	Une précision sur la temporalité a été apportée dans le paragraphe de conclusion sur la prévalence des symptômes ressentis par les personnes se déclarant EHS.
Ballet - Association – ONG	6.1	les EHS ne sont pas nécessairement plus exposés aux champs électromagnétiques que le reste de la population, surtout qu'ils essaient de les fuir! Ce qui caractériserait un EHS serait justement un seuil de sensibilité plus bas à ces champs.		B	En effet, l'hypothèse selon laquelle il existerait un petit nombre de sujets véritablement capables de percevoir les champs radiofréquences de faible niveau, et le fait que ces sujets n'aient pas encore été identifiés (hypothèse évoquée dans la méta-analyse de Rössli et al. (2008a)) mérite toujours notre attention (cf conclusion sur les études de provocation au § 6.2.4).
	6.1	Erreur de syntaxe : "mesures de l'exposition environnementale aux champs électromagnétiques ET celle de Baliatsas et al. (2015a)." A remplacer par "eSt" celle de Baliatsas et al."		F	La coquille a été corrigée.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.1	Tableau . Sur l'étude 1 (Stenberg 2002), ajoutons qu'elle préconise une prise en charge précoce, qu'elle évoque les problèmes psychologiques comme secondaires et réactionnels, qu'elle compare EHS et VDT et évoque l'évolution de la maladie, ce qu'il serait intéressant de prendre en compte dans les chapitres évoquant ces questions.		B	Les éléments de l'étude évoqués sont pris en compte au chapitre 6.1.2.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Autre	6.1	les corps mis sous tension sont hyperreactifs et l'impulsivité est d'une de leur caractéristiques étant chainiste GDS je vois régulièrement des patients en tension tissulaire et présentant une chaîne PAAP ou PA avec nuque raide sans courbure	les chaînes de la personnalité de Philippe Campignon annds.co	G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.1	Bergdahl 2004 : quel rapport entre le score spiritualité et une attitude rigide ? Impulsivité : de notre expérience de collectif, il s'agit clairement d'une conséquence. Globalement, dans cette étude la question entre ce qui serait la cause et ce qui serait l'effet n'est absolument pas posée.		B	Un score élevé au test "spiritualité" traduit un attachement stable et cohérent à des valeurs religieuses, familiales ou culturelles plus marquées que chez les témoins. Cet attachement peut se traduire par une rigidité d'attitude et de comportement, comme le dit l'auteur dans la discussion. Cette étude ne permet pas de dire si les résultats obtenus sont la cause ou la conséquence de l'EHS. Ceci est répété plusieurs fois dans le rapport et vaut aussi pour l'impulsivité.
SELMAOUI - Autre	6.1	Une étude clinique réalisée en France a également été omise du rapport. Elle concerne l'analyse de plusieurs paramètres physiologiques (ECG, ERD, respiration) et biochimiques (mélatonine, cortisol, alpha amylase, néoptérine, IgA). Les résultats sur la quantification de la mélatonine sont publiés et peuvent être inclus dans la partie Etude clinique comportant des mesures biologiques.	Andrianome S, Hugueville L, De Seze R, Hanot-Roy M, Blazy K, Gamez C, Selmaoui B. Disturbed sleep in	D	L'analyse de l'étude a été ajoutée au rapport au chapitre 6.1.3.
ANDRIANOME - Autre	6.1	(Commentaires de SELMAOUI Brahim et ANDRIANOME Soafara) Certains résultats d'une étude française sont en cours de publication, néanmoins des résumés de posters ont été publiés pour quelques données lors de plusieurs conférences internationales de la BEMS. Les résultats sur la quantification de plusieurs marqueurs ont été présentés et peuvent être inclus dans la partie Etude clinique comportant des mesures biologiques.	Andrianome S, Hugueville L, De Seze R, Blazy K, Selmaoui B. Inflammatory system and immunological characterization of patients suffering	B	L'Anses prend note de l'information. Cependant, les posters ne rentrent pas dans les critères de sélection des publications prises en compte dans l'expertise. Les résultats de cette étude auront été publiés après la fin de la période bibliographique considérée.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
PIERRE BEZ	6.1	Ghezel-Ahmadi et al. (2010a) ont analysé la relation entre l'électrohypersensibilité et les métaux lourds (cadmium, mercure et plomb) dans l'organisme. Il conviendrait également d'analyser la relation entre l'électrohypersensibilité et l'aluminium contenu dans les vaccins. Bien qu'en page 172 les travaux du groupe suédois de SALFORD soient cités, ajoutons qu'à la suite des travaux du Pr. Leif SALFORD en 2001, nous savons que les ondes électromagnétiques parasites – comme celles des téléphones portables, des antennes relais ou encore des consoles de jeux, du Wifi et prises CPL ouvrent la barrière hémato-méningée après un certain temps d'exposition et permettent ainsi le passage dans le cerveau de la sérum-albumine, laquelle transporte l'aluminium, ce qui faisait craindre à ce chercheur la survenue de maladies d'Alzheimer dès la trentaine chez les adolescents exposés à ces ondes dès l'âge de 10 ans	Leif G. SALFORD, MD, Dept. de neuro chirurgie, Bertil PERSSON, PhD, Lars MALMGREN, D.Eng., Dept. de physique des radiations médicales et Anne BRUN, MD, PhD, Dept. de neuro pathologie, université de Lund (Suède)	B	A l'heure actuelle, cette suggestion est basée sur des hypothèses non prouvées.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.1	A noter que l'étude Ghezel-Ahmadi 2010 a est critiquée par Costa 2010, ce dont il est question p 161 du présent rapport. Cf nos remarques générales relatives au plan.		B	L'étude de Costa <i>et al.</i> (2010) est discutée au chapitre 7.1.3.2.
Gabay - Entreprise ou fédération d'entreprises	6.1	Plutôt que la formulation "étaient également sensibles aux produits chimiques", la formulation "se considéraient également sensibles aux produits chimiques" paraît plus précise et juste.		E	La phrase a été reformulée pour plus de clarté.
Gabay - Entreprise ou fédération d'entreprises	6.2	Plutôt que la formulation "personnes sensibles aux ondes TETRA", la formulation "personnes se considérant sensibles aux ondes TETRA" paraît plus adéquate.		E	La phrase a été reformulée pour plus de clarté.
Ballet- Association – ONG	6.2	Exposition au TETRA dans un cadre professionnel : à des stations de base ou à des terminaux mobiles? Vraisemblablement à des mobiles puisque la fréquence des pulses mentionnées et de 17 Hz, et que les pulses des stations de base sont à 71 Hz. Les durées d'exposition ,et de temps de récupération entre expositions, ne sont pas précisées.		D	Des précisions concernant le système d'exposition dans l'étude ont été apportées au paragraphe concerné.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	« Bien que la recherche de systèmes de réception impliqués dans la détection et/ou la perception du champ magnétique terrestre et des champs électromagnétiques soit restée sans résultats (voir 6 § 5.1.1.2... » : à nuancer, voir nos commentaires dans la partie concernée.		E	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de la part de l'Anses.
Ballet - Association - ONG	6.2	Les durées d'exposition "ouverte" sont de 15 minutes, ce qui peut être trop court pour que certains participants aient une réaction pendant l'exposition . La réaction pourrait se produire en différé, alors que le sujet n'est plus exposé. En double aveugle, les durées d'exposition sont de 50 minutes, ce qui ne permet pas la comparaison avec l'exposition ouverte. Signalons aussi qu'une réaction à une exposition aiguë ou prolongée peut durer plusieurs heures ou plusieurs jours chez certaines personnes, avec des symptômes évoluant au cours du temps (réactions en cascade : neurologiques, puis effets sur les neurotransmetteurs, puis effets hormonaux?)		G	L'Anses prend note de cette expression et remercie son auteur.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	Eltiti et al. (2015), nous n'avons aucune indication quant au niveau d'exposition ce qui est surprenant puisque toutes les réserves des rapporteurs sur les études précédentes portaient justement sur l'absence de données d'exposition.		B	Les niveaux d'exposition sont décrits dans la publication (p.100). Par ailleurs, l'article d'Eltiti <i>et al.</i> , 2015 est une analyse des données agrégées de 2 études antérieures (Eltiti <i>et al.</i> , 2007 et Wallace <i>et al.</i> , 2010), et les données d'exposition sont détaillées dans ces articles.
Ballet - Association - ONG	6.2	exposition de 2 minutes aux basses fréquences: c'est vraiment court!		B	Il s'agit de sessions de 40 min, avec une alternance de périodes de 2 min exposé / non exposé. La durée des expositions dans le cadre des études de provocation est discutée au § 6.2.4 (conduite de l'expérimentation) consacré aux limites de ces études.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.2	Concernant la critique sur Mueller 2002, la remarque sur l'analyse statistique est-elle de nature à remettre en cause effectivement l'existence d'un sous-groupe sensible ? A noter que Mueller a, lors de la réunion de l'OMS de 2004 à Prague, exposé les résultats d'une étude faite sur des sujets endormis montrant des modifications de la position de la personne en fonction de l'exposition réelle ou factice (double aveugle). http://www.who.int/peh-emf/publications/reports/EHS_Proceedings_June2006.pdf	http://www.who.int/peh-emf/publications/reports/EHS_Proceedings_June2006.pdf	B	<p>L'analyse statistique des données de l'étude de Mueller et al., 2002 repose sur l'hypothèse d'indépendance des observations entre elles. Cette hypothèse n'étant pas vérifiée, les résultats de l'analyse statistique ne sont donc pas valides. Ainsi, la remarque faite sur l'analyse statistique est bien de nature à remettre en cause les conclusions de l'étude qui se fondent sur les résultats de cette analyse.</p> <p>Le projet NEMESIS conduit par Mueller et coll. entre 1996 et 2000 (OMS, 2006) étudie lui aussi la capacité de sujets à percevoir un champ électrique ou magnétique de faible intensité (50 Hz EMF, 100 V/m et 4 µT). L'expérimentation destinée à étudier ce phénomène (« <i>Laboratory Experiment</i> ») est décrite avec précision dans le rapport de l'OMS (2006). En revanche, l'analyse statistique menée n'est pas indiquée, et le peu d'éléments apportés – tels que l'hypothèse « <i>two-sides probabilities</i> », le nombre de tests réalisés, etc. – sont confus, parfois incohérents, et en tout état de cause, posent question. Les résultats de cette analyse ne peuvent pas être concluants quant à l'existence ou non d'un sous-groupe sensible.</p>

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	6.2	pas d'indication sur la durée des pulses, le temps de latence entre les pulses.		B	Cet article a été analysé dans le rapport Afsset de 2009 et il a été noté que la technique de stimulation magnétique transcranienne était conforme aux règles d'utilisation habituelles de cette technique.
Le Calvez / Pelletier	6.2	Frick 2005 : A noter que le groupe témoin ayant le plus fort taux de symptômes liés aux EMF a la meilleure capacité à différencier stimulation et sham. Les fausses alertes chez les EHS pourraient-elles s'expliquer par des expositions ambiantes non contrôlées ? Le bruit de fond a-t-il été contrôlé ? L'expérience a-t-elle eu lieu dans un lieu blindé ?		B	Dans l'article de Frick et al. (2005), les auteurs ont utilisé la stimulation trans-crânienne ou TMS (transcranial magnetic stimulation) pour explorer divers paramètres de la fonction cérébrale. Le signal électromagnétique utilisé est très différent de ceux que l'on rencontre dans l'environnement. De plus, le seuil de détection des expositions réelles (TMS) ne diffère pas significativement entre les 3 groupes (EHS et deux groupes témoins). Le bruit de fond ambiant ne remet pas en question la significativité de ces résultats.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.2	Il semblerait qu'il y ait une confusion entre deux références : Landgrebe 2008 a et Landgrebe 2008 b. Le rapport fait état de la publication 2008b en citant la 2008a. D'ailleurs, nous notons que, bien que citée dans la bibliographie (et de manière erronée dans le rapport) cette étude Landgrebe 2008a (fRMI study) cette étude ne fait pas l'objet d'une analyse dans le présent rapport. Comme elle avait servi de pierre angulaire au rapport AFFSET 2009 pour les conclusions sur l'EHS, et que nous avons porté de graves critiques à cette étude, nous souhaitons que la présente expertise apporte tout l'éclairage sur cette étude, ce qui n'est pas le cas.		F	La coquille a été corrigée. L'étude Landgrebe 2008a a déjà été analysée dans le rapport Afsset 2009, elle est de nouveau analysé au chapitre 6.2.1.2.8.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	Les signaux montrant que, selon l'ancienneté de la maladie, la facilitation corticale pourrait être différente devraient interpeller eu égard aux témoignages concernant l'existence d'une phase aiguë d'EHS durant laquelle la perception des expositions est quasi instantanée, évoluant après quelques mois ou années vers une chronicisation avec une perception à court terme aléatoire. Ceci devrait également interroger les protocoles des études de provocation.(voir note Priartem-électrosensibles de France sur les études de provocation - PJ).		B	Les résultats de l'étude diffèrent en fonction de l'âge des sujets et non de l'ancienneté de la maladie.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	Dans ce même domaine, Sandström 1997 semble aussi intéressante. A relier également aux questions relatives à l'EEG.	Sandström M, Lyskov E, Berglund A, Medvedev S, Mild KH. Neurophysiological	D	Cet article a été pris en compte au § 6.2.1.2.7 et dans la discussion de l'hypothèse 7.8. Il porte sur les potentiels évoqués visuels et non sur l'EEG au sens traditionnel du terme.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	Etude Wilén 2006 : les EHS ont été exclus de l'étude qui ne concernait que les personnes ressentant des symptômes lors de l'usage de leur téléphone portable. Le terme EHS ne peut donc pas être utilisé dans l'analyse de l'étude.		E	Le terme "EHS" a été remplacé par celui utilisé dans l'étude, à savoir "sensible au téléphone mobile".
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	oubli de taille, Rea 1991 a démontré que dans des conditions de double aveugle, 100 % des sujets avaient des réactions reproductibles lors de l'exposition à la fréquence à laquelle ils étaient le plus sensibles.	William J. Rea, Yagn Pan, Ervn J. Fenyves, Juhiko Sujisawa, Hideo Suyama, Nasralla	D	L'étude de Rea et al., 1991 a été ajoutée au rapport au chapitre 6.2.1.2. Les erreurs et imprécisions de l'étude ne permettent cependant pas d'en tirer des conclusions.
Autre	6.2	on peut parler de l'impedance de la peau :L'impédance de la peau joue un rôle très important car sa valeur est très variable en fonction de son l'état. La conductivité peut être multipliée d'un facteur 20 entre une peau sèche et une peau transpirante ! les CEM artificielles dans nos lieux de vie agressent notre peau creant des courants vagabonds dans nso corps l'impedance de la peau fera que plus telle personne sera concernée que d'autres il faudra considérer la multiplicité des emetteurs, la permanence des ondes, la proximite, la position statique le stress sera physiologique et par voix de cosnequence à la longue psychologique comme je l'ai deja dit	https://electriciteenaction.wordpress.com/2014/03/21/modelisation-electrique-du-corps-humain-et-applications/reflexotherapie-et-kinesitherapie-hellett-wardavoir	G	L'Anses prend note de cette expression et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	6.2	l'augmentation plus importante de la conductance cutanée chez les EHS pourrait-elle être mise en rapport avec le test de von Klitzing sur les potentiels électriques de la peau de l'avant-bras ?		B	La différence de conductance cutanée peut être mise en rapport avec le test étudiant les variations de conductance électro-dermale utilisé par Von Klitzing, mais il ne s'agit pas de potentiels électriques de la peau. En tout état de cause, l'étude des conductances cutanées est un test peu fiable.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.2	Wallace 2010 et 2012 : pas de critère pour définir les EHS (simple déclaration) malgré utilisation d'un questionnaire dédié. Le faible score symptomatique des EHS à ce questionnaire devrait disqualifier cette étude.		B	Le recrutement des participants représente en effet l'une des conditions limitantes des études sur l'EHS (auto-déclaration, absence de diagnostic médical, etc.). Cette limite, prise en compte dans l'analyse des articles, concerne toutes les études sur l'EHS. Cette question est abordée au § 6.2.3.
Ballet - Association – ONG	6.2	exposition de 100 secondes à des basses fréquences : de nouveau temps d'exposition ultra-bref!		B	Le protocole de l'étude est composé d'une série d'expositions. La durée des expositions dans le cadre des études de provocation est déjà discutée au § 6.2.4 (conduite de l'expérimentation) consacré aux limites de ces études.
Ballet - Association – ONG	6.2	temps d'exposition d'une minute...		B	Le protocole de l'étude est composé d'une série d'expositions. La durée des expositions dans le cadre des études de provocation est déjà discutée au § 6.2.4 (conduite de l'expérimentation) consacré aux limites de ces études.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	Köteles 2013 : il est notable que les auteurs concluent que les EHS peuvent détecter les ELF, ce qui est confirmé par Szemerzky 2015. Le raisonnement des auteurs (Köteles 2013) concernant l'origine psychogène interroge. En effet, ils se basent sur une précédente étude de la même équipe, menée sur des sujets non EHS, destinée à étudier un effet de suggestion. Comment peut-on relier cela scientifiquement ?		C	Dans cette étude, les sujets EHS ont eu un taux de détection d'un champ magnétique (0,5 mT à 50 Hz) significativement meilleur que le simple taux dû au hasard. Il en a été de même dans l'étude de réplication de Szemerski <i>et al.</i> (2015). Il en est tenu compte dans la discussion de l'hypothèse n (cf. § 5.3;2).
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	Nam 2009 : montre « que le taux de réponses exactes en ce qui concerne la perception des champs électromagnétiques est plus élevée chez les sujets EHS que chez les témoins lors de l'exposition réelle (ce qui suggère que les EHS sont davantage enclins à se croire exposés), alors que l'inverse est observé lors de l'exposition factice (Nam et al. 2009). » Interprétation étonnante et formulation peu claire (l'inverse c'est quoi?)		F	La phrase a été reformulée pour plus de clarté.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	Kwon 2012b : vu les modalités d'exposition, on peut considérer qu'on a fait à des sujets présentant des troubles en lien avec l'usage de leur téléphone portable et non des personnes EHS.		B	Le groupe de travail considère que l'étude est bien menée.
Fortin - Association - ONG	6.2	Domage de ne pas considérer cette étude qui utilise une source d'exposition présente dans beaucoup de domiciles. Les résultats de 69 personnes de 26 à 80 ans montrent que 7% ont démontré une accélération du rythme cardiaque à une exposition de 3 minutes à l'aveugle à une station de base d'un téléphone sans fil DECT (2,4 GHz, 3-8 µW/cm ²)	Havas M, Marrongelle J. Replication of heart rate variability (HRV) provocation study with 2.4 GHz cordless	B	Le groupe de travail ne peut pas prendre en considération une étude qui a été retirée par l'éditeur du journal dans lequel elle a été initialement publiée.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	Havas 2013 a été rétracté par rapport à un problème administratif. Toutefois, le design intéressant pourrait inspirer des études similaires, pour objectiver les troubles et investiguer la question des témoins (ceux-ci présentant possiblement des réactions physiologiques aux CEM).		B	Le groupe de travail ne peut pas prendre en considération une étude qui a été retirée par l'éditeur du journal dans lequel elle a été initialement publiée.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	6.2	Rapport TNO : sur un forum de commentaires de participants (référence perdue), nous avons lu que les personnes les plus EHS ont été à un moment exclues de l'étude et non reprises dans les résultats. De plus, des personnes ont réussi correctement les tests cognitifs tout en se sentant très mal...		B	Les éléments transmis, non appuyés par des données scientifiques objectives, ne peuvent pas être pris en compte dans l'expertise.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.2	P 139 et suivantes TNO : suite à la déclaration de Zwamborn, p. 140, lignes 32 à 37 on ne pourra plus dire que les chercheurs de TNO eux-mêmes ont remis en cause leur méthodologie et donc leurs résultats. Globalement, nous ne comprenons pas bien les critiques faites à cette étude. Cela remet-il en cause les résultats sur le bien-être ? La réplique de Regel n'en est pas vraiment une. Par exemple, les personnes présentant des troubles du sommeil ont été exclues. Question, comment a été constitué le groupe d'EHS dans ces conditions ? Les méthodologies ne sont pas identiques. Sur Regel, voir aussi les critiques de Kundi. A noter également que l'étude de Regel a été financée en partie par les industriels.	Kundi M, Hutter HP. Mobile phone base stations-Effects on wellbeing and health. Pathophysiology. 2009 Aug;16(2-3):123-35. doi:10.1016/j.pathophys.2009.01.008. Epub 2009 Mar 4. PubMed PMID: 19261451.	C	Le terme de réplique a été modifié concernant l'article de Regel <i>et al.</i> , 2006.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.2	A propos de Kim et al. (2012) la conclusion semble bien rapide. La seule chose que puisse montrer une étude de provocation ce sont les réactions de l'organisme à court terme.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Kompetenzinitiative zum Schutz von Mensch, Umwelt und Demokratie - Association – ONG	6.2	Les résultats de l'étude Arnetz 2007 semblent être confirmés déjà par le programme suisse NEMESIS 2004: "Die Dauer des Tiefschlafs war verkürzt, der Schlaf war oberflächlicher" – „A purely psychosomatic reaction or a placebo effect can be dismissed (explication du résultat sur le workshop Prague 2004)“ et le programme de recherche suisse NFP 57 ("toujours un effet dans le E.E.G. du sommeil"), d'autant plus par Lustenberger (2013/2015)(20% moins de récréation par le sommeil irradié) et Danker-Hopfe (2016),... "electromagnetic field might induce individual changes in the sleep structure and a general prolongation of the REM sleep phase." Enfin une "fragmentation du sommeil" et des altérations métaboliques étaient trouvées par un essai de longue durée avec des rats, de Sèze (INERIS)2013. Qu'il y ait une différence vers les fréquences très basses (NEMESIS) n'est pas prouvée et néanmoins ressentie par les EHS.	NEMESIS; http://www.who.int/peh-emf/meetings/archive/en/mueller.pdf Lustenberger et al.; https://www.emf-portal.org/en/article/21895 et (2015) https://www.emf-portal.org/en/article/26545 BAFU 2011 „Nichtionisierende Strahlung – NFP 57“, S. 49: „immer“ http://www.nfp57.ch/files/downloads/NFP57-d.pdf Danker-Hopfe et al. 2016 "sleep structure".	B	La référence au projet NEMESIS concerne un diaporama présenté au Workshop de l'OMS, à Prague, en octobre 2004. Il comporte l'étude des effets d'une exposition (50 Hz, 80-160 V/m, 2-6 µT pendant 4 heures) sur le sommeil (perception subjective, état émotionnel, <i>inter-beat-interval</i> , HRV, comportement). L'étude présente les mêmes défauts méthodologiques que celles d'Arnetz <i>et al.</i> (2007) et de Lowden <i>et al.</i> (2011), à savoir qu'elle inclut des sujets se déclarant EHS et des témoins non EHS et qu'elle présente les résultats globalement, sans préciser s'il existe ou non des différences entre les deux groupes de sujets. Les deux articles de Lustenberger <i>et al.</i> (2013 et 2015) ne concernent que des sujets sains.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.2	aucune étude sur EEG de veille chez les EHS ? Piste de recherche ?		B	Cette question fait l'objet de recommandations.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	Wiholm 2009 : les RF remettent sur pied les EHS:) Merci au Mobile Manufacturers Forum, financeur de l'étude		B	Cette étude en double aveugle et <i>cross over</i> présente les qualités méthodologiques permettant de prendre en considération les résultats. Le financement de l'étude par le Mobile Manufacturers Forum a été utilisé par les auteurs à travers le pare-feu de l'université d'Helsinki. Par ailleurs, comme le préconise le Comité de déontologie et de prévention des conflits d'intérêts de l'Anses dans un avis rendu le 17 février 2016 (https://www.anses.fr/fr/system/files/DEON-Ft-2016001.pdf), l'Anses est vigilante dans la constitution du corpus bibliographique pour l'expertise, et notamment attentive à la diversité des origines des études, et en particulier aux sources de financements, lorsqu'elles sont déclarées.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	Il existe une littérature abondante sur le lien entre modification de puissance de l'EEG et différentes pathologies (dépression, intoxication, fibromyalgie) ou conditions (privation de sommeil, consommation d'alcool). Quelques exemples en bibliographie complémentaire.	Van Bemmel AL, Beersma DG, Van den Hoofdaak er RH. Changes	B	Les études citées ne traitent pas spécifiquement de l'EHS.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	suite biblio	Branco J, Atalaia A, Paiva T. Sleep cycles and alpha-delta sleep in	B	Cf. réponse au commentaire précédent (n° 408)

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Kompetenzinitiative zum Schutz von Mensch, Umwelt und Demokratie e. V. (NGO Germany) - Association - ONG	1	L'étude Danker-Hopfe (2006) n'est pas comparable avec celle de Arnetz (1, 4 W/kg), puisqu' elle travaillait avec des émissions largement différentes (jusqu'à 2 W/kg environ); ca vaut aussi pour Hinrichs (0,072 W/kg) et Loughran (0,11 W/kg). C'est important, parce que les effets ne sont pas linéaires. En outre "Only young healthy men were included". Quant aux émetteurs artificiels les émissions se limitaient à 0, 1 V/m environ.	http://www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse/PDF/2011/2011_10.pdf%3F__blob%3DpublicationFile (En anglais: http://www.emi-forschungsprogramm.de/home/abschlussphase/Session2_1_DankerHopfe.pdf)	F	Le paragraphe concerné a été modifié pour plus de précision.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	Lowden 2011 : sauf erreur, cette étude n'a pas été évaluée dans le rapport 2013. Elle vient s'ajouter aux nombreuses autres montrant des modifications sur l'EEG de sommeil. Le niveau de preuve reste-t-il le même ou progresse-t-il ? Nous rappelons ici que nous souhaitons la réévaluation complète de la question de l'impact des RF sur le système nerveux (population générale) car il y en a de nombreuses autres études non évaluées par l'ANSES ainsi que de récentes publications sur cette thématique de recherche très dynamique.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	Par rapport aux remarques des experts, dans quelle mesure ne faudrait-il pas obtenir les données brutes(Lowden 2011 et Arnetz 2007) pour réétudier ces questions ?		B	L'expertise de l'Anses repose sur l'analyse des articles et données publiés.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	Oftedal 2007 et Stovner 2008: vu les critères d'exclusion, on peut considérer qu'on a fait à des sujets présentant des troubles en lien avec l'usage de leur téléphone portable et non des personnes avec le syndrome généralisé EHS. On ne peut considérer que « En tout état de cause, il apporte plusieurs arguments sérieux en faveur d'un rôle de l'effet nocebo dans la survenue des maux de tête chez les sujets "EHS". » puisque les EHS ont été exclus de l'étude. En outre, cette étude est financée en partie par les industriels, elle est donc à considérer avec prudence (cf avis du Codéon de l'ANSES)	COMITÉ DE DÉONTOLOGIE ET DE PREVENTION DES CONFLITS D'INTERETS Avis n° 2016-1 relatif à la crédibilité de l'expertise : Un cadre déontologique pour	C	Le paragraphe concerné a été reformulé.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
THEVENIAU D - Association - ONG	6.2	Il est bien évident qu'un film présenté comme informatif engendre des questionnements et éventuellement des craintes. Une telle étude n'a rien de scientifique car biaisée au départ et ne montre en aucun cas un effet nocébo mais simplement l'effet d'une information, en plus sur documentaire visuel. Elle enfonce des portes ouvertes partant d'un objectif d'une grande pauvreté intellectuelle et utilisant une méthodologie hallucinantes au vu la gravité de la situation. Une telle étude n'a rien à faire dans un rapport de ce niveau et doit en être retirée.		B	Cette étude a été évaluée de bonne qualité scientifique par le groupe de travail.
Kompetenzinitiative zum Schutz von Mensch, Umwelt und Demokratie - Association - ONG	6	L'étude Witthöft et al. 2013 devrait être retirée, parce qu'en réalité il n'y avait pas de différence de résultat envers le groupe "contrôle", lequel exprimait les mêmes symptômes sans avoir vu le film provoquant... Elle n'explique donc rien de valable, sinon qu'il n'y ait pas eu un défaut que l'on pourrait attribuer aux EHS. C'est pourquoi après son gros titre: "La seule annonce provoque l'effet" un grand journal allemand fut 'puni' par le Conseil de Presse pour avoir recherché de façon douteuse (Presserat, Beschluss vom 03.06.2014; Beschwerdesache 0236/14/1-BA – Süddeutsche Zeitung). Si un défaut est tellement gros que l'en s'aperçoive même chez le Conseil des journalistes il faudrait que l'étude soit retirée.	Budzinski/Hecht, "Elektrohypersensibilität – Phantom oder Anzeichen einer Gemeingefahr?" Natur und Recht, Springer Verlag, 2016, S. 463 - 473 (470); Version française: "Elektrohypersensibilität – fantôme ou indication d'un"	B	Cette étude a été évaluée de bonne qualité scientifique par le groupe de travail.
Particulier	6.2	Je conteste cet effet des médias. J'étais exposée à des antennes électromagnétiques à une centaine de mètres de mon bureau. J'avais une nuque lourde, des vertiges et des fourmillements uniquement à la jambe droite. C'est une fois que j'en ai parlé à des collègues, mettant cela sur le compte de la fatigue et du stress, que je me suis aperçue que d'autres collègues avaient les mêmes symptômes ou d'autres symptômes dus à une exposition aux antennes lors de leur installation (il y en avait quatre au balcon du Ministère en rénovation en face de notre bâtiment. Ces symptômes continuent de nos jours notamment les fourmillements en ce qui me concerne.		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	Szemerszky 2010 : « Même si cela n'est pas clairement formulé, cette étude a inclus des sujets EHS et des sujets non-EHS. » Il est étonnant de voir que cela ne semble pas disqualifier l'étude. Le recrutement semble avoir été fait dans une population générale d'étudiants. Vu le design, on peut considérer que les auteurs ont étudié l'effet de la suggestion ion mais pas l'EHS. Vu les limites reconnues par les auteurs eux-mêmes, comment les experts peuvent-ils conclure que « Au final, elle représente une contribution intéressante en faveur d'un possible rôle de l'effet nocebo dans l'EHS. » (page 164 ligne 29-30)?		E	Comme les articles de Lowden et d'Arnetz, l'article de Szemersky <i>et al.</i> (2010) a inclus sans les distinguer des sujets se déclarant EHS et des sujets "non-EHS". Cela ne met pas en cause les conclusions formulées même si on peut regretter que les auteurs n'aient pas procédé à une comparaison entre sujets. La conclusion du paragraphe a été reformulée.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	Encore plus fort, l'étude Szemerszky 2016 : les volontaires sont récompensés par l'attribution d'un crédit de points à valoir sur leurs évaluations ! Incroyable. Comment retenir une étude avec un tel biais ??		B	Le protocole de cette étude a été approuvé par le comité d'éthique de la recherche de l'Université Eötvös Loránd de Budapest et il y a un accord international (Déclaration d'Helsinki) pour récompenser les sujets sains qui acceptent de se prêter à des recherches sans bénéfice individuel direct, ce qui est le cas ici. Ces récompenses sont souvent indispensables lorsqu'on veut recruter suffisamment de sujets et obtenir d'eux une bonne participation à l'étude. Les limites de cette étude, pour le sujet qui nous intéresse, est de n'avoir pas été conduite chez des sujets se déclarant EHS. Son intérêt vient du fait qu'elle suggère, comme d'autres études récentes (cf. § 7.7) que l'effet nocebo pourrait n'être qu'un effet indésirable inévitable du fonctionnement cognitivo-affectif normal (étude réalisée chez des sujets sains).

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
NEYRAND - Autre	6.2	je ne vois que des etudes de provocation dans des lieux préparé pour une seule frequence où sont les etudes in vivo où les frequences en H et BF sont multiples? il ya saturation d'ondes artificielles dans nos lieux de vie et nos organismes reagissent dans cet electrosmog artificiel agressif. Existe-t-il des etudes faites sur place?		B	L'Anses a réalisé plusieurs recherches bibliographiques, et sollicité également plusieurs parties prenantes afin de recenser le plus grand nombre possible de publications d'intérêt. Un article très récent de Van Moorselaar 2017, publié hors champ, a utilisé un grand nombre de fréquences au domicile ou sur le lieux de travail.
Association – ONG	6.2	Etude positive (tiens tiens !!) mais un seul sujet (et alors ? Il suffit d'un cygne noir pour prouver que les cygnes noirs existent), des failles méthodologiques (on ne nous dira jamais lesquelles) : étude non prise en compte.		B	Les faiblesses méthodologiques de la publication de Mc Carthy <i>et al.</i> , 2011 ont été décrites dans son analyse au paragraphe 6.2.1.2.2.
	6.2	Lors des expérimentations, une seule fréquence est utilisée, or il est reconnu que la multiplicité des fréquences simultanément a aussi un impact sur la santé : effet cocktail comme pour les substances médicamenteuses ? Art. R. 4453-8.-Lorsqu'il procède à l'évaluation des risques, l'employeur prend en considération (...)10° L'exposition simultanée à des champs de fréquences multiples.	JORF n°0182 du 6 août 2016 texte n° 27 Décret n° 2016-1074 du 3 août 2016 relatif à la protection des travailleurs contre les risques des aux champs électromagnétiques https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2016/8/3/EI-T-16171	D	Le signal électromagnétique est effectivement considéré avec toutes ses composantes spectrales dans les normes ou les textes réglementaires, car l'intensité du champ électromagnétique est en relation avec des effets avérés constatés à partir d'un certain niveau. Dans les études à des niveaux inférieurs sans connaissance de mécanisme particulier, les caractéristiques de l'onde retenue sont le plus souvent liées à une technologie existante.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.2	« Provoquer l'apparition de la symptomatologie des sujets EHS par une exposition expérimentale, en double aveugle, aux champs électromagnétiques, apparaît comme un moyen simple de vérifier leur capacité, à travers les symptômes qu'ils déclarent ressentir lorsqu'ils sont exposés, à percevoir indirectement les champs électromagnétiques. » C'est ce que l'étude Köteles 2013b a montré et pourtant, non, on ne retient pas l'explication d'un fait réel. Étrange, non ?		F	L'interprétation donnée par les auteurs des publications des publications Köteles <i>et al.</i> , 2013a et 2013b est très prudente concernant la capacité de détection des champs magnétiques par les personnes se déclarant EHS. Le paragraphe consacré à l'analyse de l'étude (6.2.1.2.2) a été reformulé pour plus de clarté.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	Il est question d'une méta-analyse de Rubin 2005 : pourquoi n'est-elle pas expertisée ?		B	Le groupe de travail a retenu la métaanalyse la plus récente, qui incorpore les études retenues dans la métaanalyse précédente (2005) du même auteur.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	Il est question d'une méta-analyse de Rööslü 2008 a : pourquoi n'est-elle pas expertisée ?		B	La méta-analyse de Rööslü 2008 a été analysée dans le rapport publié par l'Afsset en 2009.
Le Calvez- Pelletier - Association - ONG	6.2	L'hypothèse, soulevée par Rööslü et Mc Carthy, de personnes réellement sensibles est également étayée par d'autres auteurs, voir biblio complémentaire et est confortée par les récents résultats sur l'EEG (Roggeveen 2015).	William J. Rea, Yagn Pan, Evn J. Fenyves, Iehiko Sujisawa, Hideo Suyama, Nasrola Samadi, and Gerald H. Ross Electromagnetic Field Sensitivity, Journal of Bioelectricity Vol. 10, Iss. 1-2, 1991 Hocking B, Westerman R. Neurological	C	La publication de Rea et al., 1991 a été ajoutée au rapport d'expertise, elle est analysée dans le paragraphe 6.2.1.2.2. La publication de Hocking (2000) est analysée dans le rapport au § 6.2.2. Les deux études de Roggeveen 2015a et b, n'ont pas de lien avec l'EHS. Elles questionnent la possibilité de modification inconsciente de l'EEG par des radiofréquences chez des volontaires sains (cf. conclusions du rapport 2013).
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	suite biblio	Mueller in Electromagnetic Hypersensitivity, Proceeding Workshop 2004 http://www.who.int/ehp/	B	Cf. réponse au commentaire n° 434. La référence à Mueller est un <i>proceeding</i> de conférence, cette communication ne rentre pas dans les critères de sélections des publications considérées dans l'expertise.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	Dans ces conditions, il ne semble pas possible d'écrire, lignes 41-43, que « En conclusion, aucune étude de provocation n'a permis d'objectiver d'anomalies biologiques ou physiologiques spécifique aux sujets EHS en condition d'exposition » Nous avons beaucoup de mal avec ce vocable « aucune étude » qui renvoie à « circulez il n'y a rien à voir » alors que la connaissance se construit sur des faisceaux de preuve, chaque étude, lorsqu'elle est faite avec sincérité et non calibrée pour augmenter la confusion et le doute (agnostologie), amenant des parts de connaissance qui s'assemblent progressivement comme un puzzle.		E	La phrase en question a été reformulée.
THEVENIAU D - Association - ONG	6.2	On ne peut que rappeler les éléments critiques concernant les études de provocation, bien connus, dont l'absence de prise en compte des effets de la chronicité, les délais de réponse aux stimuli et, surtout, la possibilité de réponse induite chez les patients étudiés, voire la signification des critères étudiés (notamment qui tendent, comme toujours à valider l'hypothèse psychologique - que signifie une tendance à "l'optimisme" par exemple), certes officiellement admise, voire validée, mais qui reste à poser interrogation. Ce n'est pas parce qu'une étude est validée par un comité de lecture qu'elle ne peut pas être biaisée si le paradigme de départ est faux. Or celui-ci, et la recherche n'y échappe pas, est fortement déterminé par la pensée dominante. C'est particulièrement le cas pour l'EHS pour laquelle un changement de paradigme serait très nécessaire. Les études de provocation pourraient éventuellement avoir un intérêt à condition que leurs limites soient clairement exprimées et qu'elles ne soient prises que pour ce qu'elles sont et ne soient pas en contradiction avec une approche médicale qui prenne en compte (qui prenne soin de) son patient. La question se pose donc clairement de la validité de ces études dans le cas de l'EHS. Il serait bien que le rapport adopte une autre position que celle qui apparait comme une validation absolue par référence aux validations officielles.		B	Les limites actuelles des études de provocation exposées dans le chapitre 6.2.4. sont bien connues. Mais ces limites ne concernent que les modalités pratiques de mise en oeuvre du "paradigme" sur lequel ces études reposent. Elles ne remettent pas ce paradigme en cause : d'un point de vue strictement scientifique, les études de provocation restent le moyen le plus simple de faire la preuve d'une relation de causalité entre exposition aux champs électromagnétiques et symptômes de l'EHS. Si, jusqu'à présent, les études de provocation ne sont pas parvenues à mettre cette relation en évidence, ces limites méthodologiques empêchent de conclure sur ce point. Un changement de paradigme au profit d'une "approche médicale qui prenne en compte (qui prenne soin de) son patient" ne saurait apporter une solution à cette difficulté, même si cette prise en charge médicale s'impose à l'évidence.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet-Association – ONG	6.2	les EHS les plus sévères ne participent pas : vraisemblable		G	L'Anses prend note de cette expression et remercie son auteur.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.2	note 102 : ce n'est pas l'absence de confiance qui a planté l'étude Cochin, c'est l'absence d'impartialité et de transparence de l'équipe, et de son responsable tout particulièrement.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Ballet - Association – ONG	6.2	c'est parfois l'inverse, la réaction est de plus en plus rapide au fur et à mesure de l'évolution de la maladie (et les effets ressentis mettent de plus en plus de temps à s'estomper)		G	L'Anses prend note de cette expression et remercie son auteur.
Ballet - Association – ONG	6.2	Les troubles cardiaques sous exposition, notamment, peuvent effectivement amener à un refus à la participation aux tests de provocation.		G	L'Anses prend note de cette expression et remercie son auteur.
Particulier	6.2	Je ne suis pas d'accord sur cette affirmation ou hypothèse: les fourmillements restent, je suis de plus en plus sensible aux produits ménagers, à la lumière avec des bouffées de chaleur quasi-quotidiennes.		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
PIERRE BEZ	6.2	La plupart des études de provocation ont été réalisées en cage de Faraday anéchoïque. Or la réalité est toute autre. Les cages de faraday que constituent notamment les transports en commun tels que bus, train etc. ont un effet miroir qui décuple les effets néfastes des téléphones portables et depuis peu du wifi installé dans certains trains. Il serait donc souhaitable que ces essais soient effectués en environnement réel.	Aucune	G	L'Anses prend note de cette expression et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.2	<p>« le critère précédent rend compte du fait que mêler dans le même essai croisé des sujets EHS et des sujets témoins conduit à poser simultanément deux questions : 1) les champs électromagnétiques ont-ils des effets ? et 2) ces effets sont-ils comparables entre EHS et non EHS ? Or, un critère méthodologique d'un essai, quel que soit son objectif est de répondre à une seule question (objectif principal) ; »</p> <p>Ça nous semble être un point fondamental. Ce sujet est extrêmement complexe et il faut l'aborder avec méthode, ce qui est rarement le cas des études de provocation. Toutefois, si le design et surtout le traitement des données sont bien faits, on pourrait imaginer pouvoir répondre aux deux questions avec une seule étude. Mais il faut de la méthode et de la rigueur. C'est aussi pour cela que nous réclamons la réévaluation globale de la thématique « RF et système nerveux » car la moitié du corpus n'a pas été évalué et de très nombreuses études récentes, non encore évaluées, devraient être prises en compte afin de faire évoluer le niveau de preuve concernant la population générale. Il faut avancer sur les effets dits biologiques et les mettre en perspective d'un syndrome général d'adaptation (cf annexe 13). C'est d'ailleurs la conclusion du rapport Hecht 1997, basé sur l'analyse de la littérature russe de 1960 à 1996.</p>	Hecht K et Balzer HU - Biologische Wirkungen Elektromagnetischer Felder im Frequenzbereich 0 – 3 GHz auf den Menschen Studierussischer Literatur von 1960 – 1996- Rapport au Gouvernement Allemand - http://www.bzur.de/Radar/GUS-Studie.pdf	B	L'Anses prend note de cette expression et remercie son auteur. Concernant le rapport d'Hecht 1997, il s'agit d'un rapport adressé au gouvernement allemand, et non d'un article original et qui ne traite pas spécifiquement de l'EHS. Il ne répond pas aux critères de sélection pour l'analyse des articles. Le GT a néanmoins pris connaissance du rapport et le cite dans l'historique de la problématique au §1.2.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.2	lignes 27 - 44 Tout à fait d'accord sur les effets rémanents, le problème de (non) stabilité de la maladie et de l'ancienneté des symptômes. Ces points seraient d'ailleurs à rapprocher de ce qui est dit sur le syndrome général d'adaptation (en annexe 13). Selon l'étape où le sujet en est par rapport au schéma de Selye, l'effet ne sera pas le même. A l'image de ce qui peut se passer pour certains psychoactifs, le sujet pourra être (sur)stimulé ou au contraire connaître un bad trip. voir aussi Szmigielski S. 2013 : "Certain premises exist which indicate that, in general, short-term exposure to weak MW radiation may temporarily stimulate certain humoral or cellular immune functions, while prolonged irradiation inhibits the same functions. "	Szmigielski S. Reaction of the immune system to low-level RF/MW exposures. Sci Total Environ. 2013 Jun 1;454-455:393-400. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.03.034. Epub 2013 Apr 9. Review. PubMed PMID: 23562692	G	L'Anses prend note de cette expression et remercie son auteur. La référence citée est une revue générale non spécifique de l'EHS.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.2	La question de la saisonnalité des réponses est également à interroger (voir lien avec § rythmes circadiens).	Kolbapov à T, Pascal Maikemp er E, Bartos L, Vanderstr aeten J, Turčani	B	La question des rythmes circadiens est abordée au § 7.5.5. La référence citée ne traite pas spécifiquement de l'EHS.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.2	c'est ce que nous constatons (réactions aux fréquences différentes selon les individus) et ce qui ressort également de Rea 1991. Hinrikus va également dans le sens d'une sensibilité différente selon les individus et selon les modulations. Ne faudrait-il pas ici évoquer la question des fréquences de résonance, notion décrite dans le rapport Enfant et RF mais jamais évoquée concernant les adultes. La résonance peut-elle aussi se manifester sur des parties du corps ou des organes, cellules, organites cellulaires ?	William J. Rea, Yagn Pan, Ervn J. Fenyyves, Iehiko Sujisawa, Hideo Suyama, Nasrola Samadi, and Gerald H. Ross. Electromagnetic Field Sensitivity. Journal of Bioelectricity Vol. 10, Iss. 1-2, 1991. Hinrikus H, Bachmann M, Lass J, Karai D, Tuulik V. Effect of low frequency modulated microwave exposure on human EEG: individual sensitivity. Bioelectromagnetics. 2008 Oct;29(7):527-38. doi: 10.1002/bem.20415. PubMed PMID: 18452168	B	L'étude de Rea et al., 1991 est analysée dans le paragraphe 6.2.1.2.2. L'étude d'Hinrikus et al., 2008 ne traite pas spécifiquement de l'EHS, mais elle met en avant une variabilité interindividuelle. L'absorption des rayonnements électromagnétiques se fait préférentiellement dans des conditions de résonance, lorsque leur longueur d'onde est voisine de la taille des structures qu'ils rencontrent. Pour le corps humain, la fréquence de résonance dépend donc de la taille, mais aussi de beaucoup d'autres facteurs. L'absorption dans le corps dépend principalement des caractéristiques diélectriques des tissus qui le composent. Cf. Rapport Anses "Radiofréquences et enfants" 2016, p. 92 - https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2012S_A0091Ra.pdf .
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.2	l'analyse de Nieto-Hernandez 2011 dans le chapitre 6.2.1.1 (en p 125) ne reprend pas explicitement la question des variations temporelles décrites dans l'article, tel que le mentionne le commentaire p 154 ligne 26-28.		C	La phrase concernée a été supprimée.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	6.2	Il faudrait rappeler ici ce qui est dit p. 97, lignes 33-35 sur l'inadéquation des tests de provocation à l'environnement électromagnétique actuel en raison de la complexification des formes de signaux et de la modulation de fréquence à un signal ultralarge bande purement impulsif et p 94 sur l'effet du 217 Hz. Rappelons aussi la fréquence de 14Hz pointée par le rapport de 2013.		E	La phrase en question a été reformulée.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	Sur les conditions d'exposition, voir aussi la biblio complémentaire.	Luria R, Elyahu I, Hareuven Y R, Margaliot M, Meiran N, Cognitive effects of	B	Les références citées ne traitent pas spécifiquement de l'EHS.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	suite biblio	Panagopoulos DJ, Johansson O, Carlo GL, Real versus Simulated Mobile	B	Le § 6.2.4 n'a pas pour objectif de présenter une revue exhaustive des publications liées à la question des expositions.
Ledent - Académique, recherche	6.2	Parmi les limites des études de provocation, ajouter également la conséquence de la preuve? Les électrosensibles sont globalement demandeurs d'un test qui confirmerait leur ressenti. Prignot (2016) parle de "l'exigence de la preuve". Mais si le résultat ne s'avère pas conforme à leurs attentes, les électrosensibles seront-elles prêtes à réviser leurs croyances ? (Solhdju, 2015 ; Dieudonné, 2016) Selon Prignot (2016), « les collectifs de militants électrosensibles invoquent beaucoup de bonnes raisons pour expliquer que les tests puissent donner des résultats négatifs, raisons qui portent sur les tests eux-mêmes (mal réalisés) ou sur le phénomène de détection lui-même (non linéaire, dépendant de l'historique de la personne, etc.). Mais sur le point que ces tests devraient réussir a priori, les électrosensibles comme Rubin se retrouvent. ».	Prignot, N. 2016. L'onde, la preuve et le militant - L'écosophie de Félix Guattari à l'épreuve de l'électrosensibilité et de la polémique sur les dangers des ondes électromagnétiques. Université Libre de Bruxelles. Solhdju, K. (2015). L'Épreuve Du Savoir - Propositions Pour Une	B	Ce commentaire est pertinent, il concerne la question de l'acceptation d'un diagnostic en général. Il dépasse le cadre du § 6.2.3 sur les limites des études de provocation.
Kompetenzinitiative zum Schutz von Mensch, Umwelt und Demokratie - Association - ONG	6	L'étude Leitgeb 2008 (EPROS) n'est pas valable, parce que l'écran de protection n'avait que 20 dB, trop faible pour créer une véritable situation de 'côntrole'. En outre les émissions des antennes relais bases étaient tellement faibles qu'ils représentaient seulement 3% du niveau d'exposition total (dominée par Radio, Télévision ecc.) de manière que mêmes les portables (loins) se faisaient remarquer dans les enrégistremnts. Enfin malgré ca dans l'étude pilote (2005) Leitgeb lui-même avait signalé des effets importants sur le sommeil ("appeared to sleep much better when protected").	http://www.buergernetz.de/assets/files/ruzicka_kritik_an_der_epros_studie.htm?cultureKey=&q=pdf/ruzicka_kritik_an_der_epros_studie.htm http://www.emfacts.com	B	Le groupe de travail ne partage pas cette analyse. L'étude de Leitgeb <i>et al.</i> , 2008 est citée à ce point du rapport pour illustrer la difficulté de maintenir l'insu dans les études expérimentales.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	6.2	La question de la non-linéarité des phénomènes rend l'analyse plus complexe. Voir par ex. Carrubba 2007.	Carrubba S, Friot C, Chesson AL Jr, Webber CL Jr, Zbilut JP, Marino	B	L'étude de Carrubba <i>et al.</i> , 2007 est analysée dans le chapitre 5.2.
NEYRAND - Autre	7	ceci est la suite du precedent envoi: l'electrification des corps par les CE, CM ou CEM, à l'origine de courants vagabonds dans le corps sera à l'origine par voies reflexes de nombreuses des hypotheses que vous avez formulées: modifications biologiques, stress oxydatif, troubles de l'immunité, dysfonctionnement du système nerveux, modification de la BHE, perturbations des neuro transmetteurs, migraines, perturbation de l'activité électrique du cerveau avec troubles de la mémoire, de la concentration, troubles cognitifs personnellement je m'interroge sur les femmes en manque de fer qui pourrait être perturbé par les CEM de même chez les personnes présentant une hématochromatose, il serait intéressant d'étudier leur environnement électromagnétique surtout en basse fréquence, de même pour les personnes présentant des migraines ophtalmiques et d'autres de l'impatience dans les jambes (là il y aurait de quoi dire!)	tout ceci est le constat de mes observations depuis 2007 en tant que professionnel de santé, depuis que j'ai réalisé que ma fille était EHS, moi même intolérante aux oem et que de nombreux patients presentaient des troubles physiques, organiques en lien avec ces ondes	A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
NEYRAND - Autre	7	je ne reprendrai pas toutes les hypotheses mais ferai un constat sur ce chapitre: où sont les hypothèses 1 et 2 , je ne les ai pas trouve . La plupart de ces hypotheses partent d'un constat, d'une consequence qui serait un deficit dans le corps de la personne tel modifications physico chimiques, stress chronique,genotype ou phenotype predisposant, un etat pro inflammatoire chronique, un dysfonctionnement du systeme nerveux, une alteration de la barriere hemato encephalique, des perturbations dans la production de neurotransmetteurs, un terrain migraineux, une origine psychosomatique avec un parti pris pour l'effet nocebo... nulle part je ne vois que l'environnement electromagnetique des lieux de vie (HF et BF)de la personne sont pris en compte pour ses etudes ainsi que ses habitudes comportementales avec les nouvelles technologies . depuis que je prends en compte l'element electrosensibilités dans mes seances kine mezieres ,des symptomes ont totalement disparu chez certains de mes patients par simple fait d'oter le wifi, d'eteindre totalement leur téléphone portable, d'oter le radio reveil, la rallonge sous le lit... (resultat sur le sommeil, sur des douleurs nocturnes ou diurnes, sur la concentration, sur des angoisses, des peurs paniques... l'etude de Mr Dieudonne est à approfondir car l'effet nocebo n'est pas la cause des 1ers symptomes ressenti par les EHS, d'autant plus que on ne réalise qu'on est EHS souvent qu'après un long parcours medical qui n'apporte aucune solution que ce soit dans les soins des symptômes ou au niveau psychologique qu'une apprehension reste ensuite est tt à fait normal: on n'aime pas souffrir et on apprehende de souffrir quand on connait la cause, c'est tout simplement humain!	tout ceci est le constat de mes observations depuis 2007 en tant que professionnel de sante, depuis que j'ai realise que ma fille etait EHS , moi meme intolerante aux oem et que de nombreux patients presentaient des troubles physiques, organiques en lien avec ces ondes	B	L'Anses prend note de cette expression et remercie son auteur. L'hypothèse 1 est dans le chapitre 5.1 et l'hypothèse 2 a été remplacée par l'hypothèse "n" (chapitre 5.3.2).
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.1	Comment définir la dose dans le domaine des CEM ?		B	A l'heure actuelle, aucun mécanisme identifié lié à l'exposition aux radiofréquences ne permet de définir une "dose" d'exposition, il n'y a donc pas d'effet de "dose" avéré pour les rayonnements non ionisants. Le terme "dose" est employé ici dans contexte général. Néanmoins, la question, pertinente, reste ouverte.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	7.1	l'EHS se manifeste de manière différente chez différentes personnes (avec des recoupements). On ne devrait peut-être pas s'attendre à avoir les mêmes marqueurs biologiques chez des sujets EHS ayant des symptômes différents. (Il faudrait aussi savoir si les marqueurs biologiques sont prélevés quand le sujet EHS est fort exposé ou pas !)		B	Cette remarque est pertinente. La recherche sur l'existence de biomarqueurs spécifiques serait idéale pour avancer sur le sujet, et il est probable que ces biomarqueurs, s'ils existent, ne soient pas communs à tous les EHS, vu l'hétérogénéité de cette population.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.1	différences biologique ou modifications physico-chimiques ? Pour expliquer la survenue de l'EHS et/ou comme résultante (constat / diagnostic)		B	Dans le cadre d'une recherche scientifique sur l'EHS, la découverte d'une différence quantifiable et reproductible entre personnes se déclarant EHS et population générale serait très intéressante. Par la suite, la question de savoir si cette différence est une cause ou une conséquence devrait être étudiée, les 2 hypothèses sont possibles.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.1	Hillert 2002 a trouvé une corrélation significative entre prolactine et symptômes avant la prise en charge des sujets. Voir aussi Arnetz 1996 sur d'autres marqueurs.	Hillert L, Savlin P, Levy Berg A, Heidenberg A, Kolmodin-Hedman B. Environmental illness--effectiveness of a salutogenic group-intervention programme. Scand J Public Health. 2002;30(3):166-75	B	Le groupe de travail a pris connaissance des études citées, qui n'impliquent pas de modification du rapport. En effet, la méthodologie de la partie de l'étude de Hillert 2002 concernant les marqueurs biologiques ne répond pas aux critères de qualité en ce qui concerne les dosages biologiques. Concernant l'article d'Arnetz 1996, il ne rentre pas dans les critères de sélection (cf. 2.1.1)

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Fortin - Association – ONG	7.1	<p>L'accroissement du calcium intracellulaire inhibe de nombreux processus où les canaux calciques voltage-dépendant (CCVD) sont présents :</p> <ul style="list-style-type: none"> • les globules rouges : diminution du potentiel de la membrane, moins de fluidité, mauvaise circulation (extrémités froides), hypertension; • la glande pinéale : la synthèse de la mélatonine à la baisse, insomnie; la mélatonine neutralise moins le stress oxydatif ; • le cristallin de l'œil : la formation de cataractes, de myodésopsie (corps flottants sur le vitré de l'œil); • le système immunitaire : l'accroissement d'allergies et d'inflammations; • la plupart des hormones émises par des mécanismes enclenchés par des CCVD, par exemple l'adrénaline et le cortisol sécrétés par les glandes surrénales; • les cellules de Purkinje du cervelet : production à la baisse de GABA (acide γ-aminobutyrique), acouphènes, hyperactivité, mémoire épisodique, Alzheimer; • les cellules de la peau (mastocyte) : le calcium intracellulaire accroît la production d'histamine entraînant des irritations cutanées, et l'accroissement d'héparine et de saignements; • chez le fœtus et le nouveau-né, mauvaise formation des synapses des cellules nerveuses en raison de l'excès de calcium, principale cause de l'autisme; [Pall 2015] • les cellules du cœur (« pacemaker »), forte concentration de CCVDs : tachycardie, arythmie pouvant mener à une crise cardiaque; • les cellules β du pancréas : désynchronisation de la production pulsée de l'insuline, hausse du glucose sanguin, embonpoint, diabète de type 3; • le système nerveux : tous les neurotransmetteurs sont émis par des CCVD; donc dépression, divers symptômes neuropsychiatriques; baisse de la dopamine provoquant le Parkinson; on comprendra que l'activation intempestive des terminaisons nerveuses sous l'influence des CEM peut provoquer des mouvements involontaires que l'on retrouve chez les personnes atteintes de la maladie de Parkinson ou de sclérose en plaques. 	Nombreux articles de Martin Pall	B	Les articles de M. Pall, théoriques, ne constituent pas une preuve expérimentale. Cf réponse au commentaire n°178 concernant les aspects sur le système nerveux.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Fortin - Association – ONG	7.1	<p>Un cercle vicieux s'implante avec l'augmentation de l'oxyde nitrique et du peroxyde d'azote à l'intérieure de la cellule compromettant les capacités de ses mitochondries à produire de l'ATP. Les cellules contenant des CCVD qui sont faibles en énergie deviennent plus sensibles aux stimulations. Le professeur Martin Pall évoque ici un effet d'intensification à long terme (« long-term potentiation LTP ») au niveau des synapses pour accélérer/amplifier la réaction aux CEM, l'oxyde nitrique agissant comme un messenger rétrograde vers la cellule présynaptique. [Pall 2010, p. 4] Ce dernier mécanisme explique l'EHS.</p> <p>“The major mechanism of neural sensitization is thought to be long term potentiation (LTP) a mechanism thought to be involved on a highly selective basis in strengthening of synaptic transmission in the central nervous system, during learning and memory.” [Pall 2013, p. 3]</p>	Pall M.L. : Multiple Chemical Sensitivity: Towards the End of Controversy, 2010?	B	<p>L'article de Pall 2010 propose des mécanismes d'action des ondes électromagnétiques non démontrés expérimentalement, à partir d'articles ayant montré l'activation des VGCCs et l'augmentation du Ca⁺⁺ intracellulaire. Les VGCCs ont un rôle physiologique essentiel dans la signalisation intracellulaire, la sécrétion, la neurotransmission synaptique, l'expression de gènes, etc. et sont une cible thérapeutique dans de nombreuses pathologies (Parkinson, douleurs chroniques, anxiété, addictions, cf. la revue de Zamponi dans Nature Rev, 2016). Le Pr. Pall rappelle que l'augmentation du Ca⁺⁺ a 2 conséquences principales, i) l'activation physiologique de la voie du GMPc responsable des effets bénéfiques des ondes EM, et ii) l'activation pathologique impliquant la voie du NO/radicaux libres, responsable des effets délétères des ondes électromagnétiques. Cependant, il n'y pas de preuve scientifique d'un lien entre l'activation des VGCCs et la formation de NO/radicaux libres dans le contexte des ondes électromagnétiques. De plus, les VGCCs ne seraient pas couplés à des effecteurs de mort cellulaire comme la NOS, sauf dans des pathologies neurodégénératives ou neurovasculaires, où la dérégulation de l'activité de ces canaux pourrait conduire à l'entrée d'ions métalliques se fixant sur les VGCCs à la place du calcium (cf. Cataldi, 2013). Ce qui est clairement démontré, est l'entrée massive de calcium dans la cellule via l'activation des récepteurs ionotropiques au glutamate</p> <p>Décembre 2017</p> <p>l'excitotoxicité/stress oxydant via le NO, comme dans les maladies</p>

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Fortin - Association – ONG	7.1	La méta-analyse citée ci-dessous indique qu'à partir de 100 études révisées par des pairs sur les effets du stress oxydatif activé par des basses fréquences, 93 confirment l'activation de stress oxydatif dans des systèmes biologiques.	Yakymenko et al : Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation, Electromagnetic Biology and Medicine	B	La référence citée est une revue générale non spécifique de l'EHS. Ce type d'article serait pertinent dans une éventuelle mise à jour des connaissances sur les effets biologiques et sanitaires liés aux champs électromagnétiques.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.1	Stress oxydatif : Pour expliquer la survenue de l'EHS et/ou comme résultante (constat / diagnostic)		B	Dans le cadre d'une recherche scientifique sur l'EHS, la découverte d'une différence quantifiable et reproductible entre personnes se déclarant EHS et population générale serait très intéressante. Par la suite, la question de savoir si cette différence est une cause ou une conséquence devrait être étudiée, les 2 hypothèses sont possibles.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.1	La littérature sur l'impact des RF sur le stress oxydatif est abondante. Voir entre autres biblio complémentaire.	Yakymenko I, Tsybulin O, Sidorik E, Henshel D, Krylenko O, Krylenko S. Oxidative mechanisms of biological activity	B	La référence citée est une revue générale non spécifique de l'EHS. Ce type d'article serait pertinent dans une éventuelle mise à jour des connaissances sur les effets biologiques et sanitaires liés aux champs électromagnétiques.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
GALDIN - Entreprise ou fédération d'entreprises	7.1	La revue de l'EUROPAEM, intitulé "EUROPAEM EMF Guideline 2015 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses" que vous avez référencée mais non commentée car elle avait été retirée de la publication par ses auteurs vient d'être à nouveau publiée. Le nouvelle version 2016 : http://www.degruyter.com/view/j/reveh.ahead-of-print/reveh-2016-0011/reveh-2016-0011.xml?format=INT EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses	http://www.degruyter.com/view/j/reveh.ahead-of-print/reveh-2016-0011/reveh-2016-0011.xml?format=INT	D	Dans la revue « <i>EUROPAEM EMF Guideline for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses</i> », le chapitre consacré aux personnes se déclarant EHS comprend trois pages citant des articles déjà présents dans le rapport sur la fréquence des troubles des personnes se déclarant EHS, leur prise en charge et les hypothèses susceptibles d'expliquer l'EHS. Ces différents points sont traités dans le rapport. Les auteurs concluent que la relation de causalité n'est pas établie mais qu'il est utile et important de donner des pistes pour réduire l'exposition aux ondes électromagnétiques et à d'autres facteurs de l'environnement. La partie consacrée aux personnes se déclarant EHS présente de nombreuses imprécisions et erreurs (voir analyse de l'article Belayaev et al. (2016) dans le rapport au paragraphe 3.5.1).
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.1	Hagström 2013 rapporte que les EHS interrogés mettent en avant comme particulièrement efficaces les changements de régime alimentaire et les suppléments nutritionnels, ce que nous observons également dans notre collectif. De notre expérience, c'est la combinaison de plusieurs compléments (en plus de la réduction des expositions) qui semble fonctionner le mieux.		B	A l'heure actuelle, l'efficacité réelle des actions décrites n'a pas été validée expérimentalement.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Fortin - Association – ONG	7.1	Le professeur Martin Pall (Pall 2010), explique qu'un mécanisme d'augmentation du calcium intracellulaire similaire à celui décrit précédemment se produit dans les cellules nerveuses à partir des récepteurs N-méthyl-D-aspartate (NMDA) qui sont activés par le glutamate et la glycine qui occupent leurs sites de liaison. Dans une Figure, le professeur Pall détaille les différents enchaînements chimiques qui activent les récepteurs NMDA. Les pesticides organophosphorés et carbamates inhibent l'enzyme acétylcholinestérase, qui élimine l'acétylcholine. Les pesticides organochlorés inhibent les récepteurs GABA dans le cerveau. Les solvants organiques et le sulfure d'hydrogène (H ₂ S), présent dans le pétrole et le gaz naturel, activent les récepteurs TRP. Les insecticides pyréthrinoïdes ouvrent des canaux sodium dans le cerveau. Le mercure (Hg) trans-formé en méthyl mercure (MeHg) désactive les transporteurs de glutamate créant ainsi un excès de glutamate qui active directement les récepteurs NMDA. Le gluten contient aussi une bonne quantité de glutamate. La surexcitation des récepteurs NMDA est impliquée dans plusieurs désordres psychiatriques. L'hypersensibilité aux substances chimiques utilise le même mécanisme du calcium intracellulaire à partir de récepteurs NMDA. Par un effet de synergie, une personne MCS risque de devenir aussi EHS.		B	L'article de Pall 2010 propose des mécanismes d'action des ondes électromagnétiques non démontrés expérimentalement.
	7.1	La section 7.1.3 est un peu réductrice et devrait s'intéresser également à la présence des nanoparticules de magnétite et son impact sur la santé.	http://www.pnas.org/content/113/39/10797.abstract : Magnétite pollution nanoparticules in the human brain [...] airborne	B	À la connaissance du groupe de travail, il n'y a pas d'étude sur la relation entre la présence de nanoparticules de magnétite et son impact sur la santé chez des personnes se déclarant EHS. La référence indiquée ne traite pas spécifiquement de l'EHS.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.1	Sur Ghezel-Ahmadi 2010a (analyse détaillée au 6.1.3 et non 6.1.2): Sait-on si les EHS ont procédé à des tentatives de désintoxication ? Voir aussi ajouts biblio	Mortazavi G, Mortazavi SM. Increased mercury release from dental amalgam restorations after exposure to electromagnetic fields as a potential hazard for hypersensitive people and pregnant women. Rev Environ Health. 2015;30(4):287-92	B	L'article de Ghezel-Ahmadi <i>et al.</i> , 2010a est analysé au paragraphe 6.1.3, la coquille a été corrigée. L'article précise que 23 des 132 participants déclarés EHS avaient fait retirer des amalgames dentaires. L'article ne précise pas explicitement si la population étudiée (personnes se déclarant EHS) a tenté de réduire la présence de métaux lourds dans leur organisme. Les références citées ne rentrent pas dans le critères de selection (cf. §2)
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.1	suite biblio	Paknahad M, Mortazavi SM, Shahidi S, et al. Effect of radiofrequency	B	Les références citées ne rentrent pas dans les critères de sélection des publications (cf. §2).

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	7.1	Barteri (1) a étudié l'effet des micro-ondes sur l'acétylcholinestérase.	(1) Barteri M(1), Pala A, ... Structural and kinetic effects of mobile phone microwaves on acetylcholinesterase activity. Biophys Chem. 2005 Mar 1;113(3):245-53	B	La diminution de l'affinité de l'enzyme acétylcholinestérase qui est démontrée par la valeur élevée de la constante de Michaelis, peut provoquer une surcharge en acétylcholine au niveau de la synapse. Ceci peut effectivement se traduire par des anomalies fonctionnelles dues à cette surcharge en neuromédiateur. Cependant, au niveau synaptique, il existe des mécanismes de diffusion de l'acétylcholine hors de l'espace vers les cellules gliales et une recapture du neuromédiateur par les cellules pré-synaptiques. Il est donc difficile de conclure uniquement sur une diminution de l'affinité de l'enzyme pour l'acétylcholine. D'une manière prudente, comme les auteurs de ce travail, nous avançons que les résultats de cette étude « in vitro » ne peuvent pas être utilisés pour affirmer que les émissions des téléphones mobiles ont des effets sur la santé de l'Homme.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.2	« Enfin, il faut signaler que la mise en évidence de combinaisons d'allèles statistiquement surreprésentés chez les sujets EHS sera d'un faible pouvoir prédictif et ne pourra vraisemblablement pas servir d'outil de diagnostic. Dans l'état actuel des connaissances, des recherches sur le génotype des sujets EHS ont peu de chance d'aboutir et d'être efficaces. » Pourquoi ? Que faut-il faire pour les rendre efficaces puisque cela semble une piste plausible ?		B	Il s'agit précisément d'un des enjeux de la génétique des prochaines années . À l'heure actuelle, le pouvoir prédictif de cette approche est très peu fiable, mis à part pour quelques maladies génétiques.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.2	l'épigénétique ne pourrait-elle pas alimenter la formulation de pistes de recherche relatives à la modulation des troubles en fonction de la précocité ou non de la mise en œuvre de la prise en charge/mise à l'abri ainsi qu'à l'empreinte/apprentissage plus ou moins réversible/modulable et les effets de stimulation / épuisement que l'on peut observer ?		B	Il s'agit d'une idée intéressante, mais à l'heure actuelle ces pistes de recherche n'ont pas été vérifiées expérimentalement.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.2	biblio / notre commentaire	Korkina L, Scordo MG, Deeva I, Cesareo E, De Luca C. The chemical defensive system in the pathobiology	B	La référence communiquée est une revue générale qui ne traite pas spécifiquement de l'EHS. Le seul rapport avec l'EHS étant qu'une partie des EHS sont aussi sensibles aux odeurs chimiques.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.3	phénomènes auto-immuns et état pro-inflammatoire chronique : ne faudrait-il pas différencier les 2 notions ? Infections latentes évoquées : on peut ajouter EBV et les divers parasites eucaryotes. Sur les allergies déclarées chez les EHS, voir également Hagström 2013. + Ajout biblio	Szmigielski S. Reaction of the immune system to low-level RF/MW exposures. Sci Total	D	La référence Hagström, 2013 a été intégrée à la phrase concernée. L'article de Szmigielski est une revue générale qui ne traite pas spécifiquement de l'EHS.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.3	Une piste qui pourrait être à creuser : récepteurs NMDA, permettant aux lymphocytes de passer la BHE. A relier avec les travaux de M Pall (sur le MCS).	R Macrez, MC Ortega, I Bardou et al. Neuroendothelial NMDA receptors as therapeutic targets in experimental autoimmune	B	Les articles de Macrez 2016 et de Wang 2015 ne permettent pas d'étayer l'hypothèse d'un lien entre récepteurs NMDA, champs électromagnétique et EHS. De plus, les références citées ne rentrent pas dans les critères de sélection des publications (cf. §2).

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.3	suite biblio / récepteurs NMDA	Frilot C 2nd, Carrubba S, Marino AA. Sensory transduction of weak electromagnetic fields: role of glutamate neurotransmission mediated by NMDA receptors. <i>Neuroscience</i> . 2014 Jan 31;258:184-91. Zattoni M, Mura ML, Deprez F, Schwendener RA, Engelhardt B, Frei K, Fritschy JM. Brain infiltration of leukocytes contributes to the pathophysiology of temporal lobe epilepsy. <i>J Neurosci</i> . 2011 Mar 16;31(11):4037-50. doi: 10.1523/JNEUROSCI.6210-	B	L'article de Frilot <i>et al.</i> , 2014 n'est pas en lien avec le système immunitaire, il aborde exclusivement les mécanismes de transduction sensorielle en lien avec les champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences et le rôle possible des récepteurs NMDA. L'article de Zattoni <i>et al.</i> , 2011 ne traite pas spécifiquement de l'EHS, il étudie les interactions du système (neuro)immunitaire dans un modèle souris d'épilepsie du lobe temporal avec sclérose hippocampique, montrant notamment que l'activation microgliale est une conséquence de la mort neuronale. Ces articles ne permettent pas d'étayer l'hypothèse d'un lien entre système immunitaire et EHS.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.3	Ajout biblio	Glushkova OV, Khrenov MO, et al. The role of the NF-κB, and SAPK/JNK, and TLR4 signalling pathways in the responses of RAW 264.7 cells	B	Les articles de Glushkova 2015 et Marino 2001 ne permettent pas d'étayer l'hypothèse d'un lien entre système immunitaire, champs électromagnétiques et EHS. De plus, les références citées ne rentrent pas dans les critères de sélection des publications (cf. §2).

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
THEVENIAU D - Association - ONG	7.3	Il serait peut-être intéressant de tenir compte de l'étude de Olle Johansson in The Experimental Dermatology Unit, Department of Neuroscience, Karolinska Institute, Stockholm, Sweden Disturbance of the immune system by electromagnetic fields—A potentially underlying cause for cellular damage and tissue repair reduction which could lead to disease and impairment. D'autres études pourraient être citées : Enhancement of allergic skin wheal responses by microwave radiation from mobile phones in patients with atopic eczema/dermatitis syndrome. Kimata H1. Evidence of oxidative stress in American kestrels exposed to electromagnetic fields. Fernie KJ1, Bird DM (étude chez l'animal, baisse des lymphocytes)	http://wifischools.org.uk/resources/Johansson+2009.pdf https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12483040?dopt=abstract https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11437466?dopt=abstract	B	La référence Olle Johansson, 2009 est une revue générale qui ne traite pas spécifiquement de l'EHS. L'article de Fernie 2001 et de kimata 2002 ne répondent pas aux critères de sélection des publications à analyser (Cf. §2).
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.4	Ajout biblio	Ekici B, Tanindi A, Ekici G, Diker E. The effects of the duration of mobile phone use on heart rate variability	B	Les articles de Ekici 2016 et d'Andrzejak 2008 ne concernent pas spécifiquement des personnes se déclarant EHS. Les références citées ne rentrent pas dans les critères de sélection des publications (cf. §2).
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.4	suite biblio	B S Saini, Anukul Pandey EFFECT OF MOBILE PHONE AND BTS RADIATION	B	Les articles de Saini 2013 et Komeili 2012 ne rentrent pas dans les critères de sélection des publications (cf. §2).
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.4	suite biblio	Awdah Al-hazimi Effects of the Call with the Mobile Phone on Heart Rate	B	Les articles de Al-hazimi et de Kodavanji ne rentrent pas dans les critères de sélection des publications (cf. §2).
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.4	suite biblio	Ahamed Vi, Karthick NG, Joseph PK. Effect of mobile phone radiation	B	L'article cité ne traite pas spécifiquement de l'EHS.
Ballet - Association - ONG	7.4	changement plus grand lors du lever chez les non EHS que chez les eHS : comme la fréquence est plus élevée au repos chez les EHS (en tout cas sous exposition, ce qui est le cas dans l'environnement « standard »), elle va moins augmenter lors du lever.		B	Cette position n'est pas étayée par des données scientifiques.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.5	concernant l'effet diélectrique et/ou thermoélastique + le constat au niveau de la rigidité crânienne décrite par les EHS eux-mêmes et les ostéos qui les suivent + symptômes EHS (maux de tête, douleurs à la nuque, vertiges, rétrécissement du champ visuel...) : ne serait-il pas intéressant de poser la question de la pression/régulation au niveau du liquide céphalo-rachidien ?		B	L'hypothèse proposée est intéressante mais nécessite la mise en œuvre d'examens et de méthodes contraignantes et invasives (injection de liquide céphalo-rachidien + IRM de flux...).
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.5	ajout biblio	Abdel-Rassoul G, El-Fateh OA, Salem MA, Michael A, Farahat F, et al. Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone base stations. Neurotoxicology 2007;28(2):434-40 Lai H. Neurotoxicological effects	B	L'étude d'Abdel Rassoul et al., (2007) a été analysée dans le rapport sur les radiofréquences publié par l'Anses en 2009. Les résultats de cette étude sont à interpréter avec prudence, car l'étude porte sur des effectifs faibles et aucune mesure d'exposition n'a été réalisée. L'étude de Lai (2012) n'a pas été publiée dans un journal à comité de lecture. Il ne peut donc pas être intégré dans le présent rapport.
	7.5	Dans ce paragraphe sur l'étude de la perméabilité de la BHE, il n'y a aucune référence aux travaux de Martin Pall, les canaux calciques et la synthèse intra cellulaire de peroxy-nitrite extrêmement oxydant.	http://ehs-action.org/?p=6478 http://www.robindestois.org/Expose-du-Pr-Martin-Pall-comment-les-champs-electromagnetiques-peuvent-ils-impacter-notre-biologie-2015_a2298.html (Voir le PDF qui est en lien sur cette page)	B	Il est question dans ce paragraphe des dosages sanguins permettant une évaluation de l'état de la BHE et non des mécanismes d'action possibles des ondes EM sur la BHE. L'article du Pr. Pall est une revue de la littérature permettant à l'auteur de faire des hypothèses sur les mécanismes possibles d'effets bénéfiques ou délétères des ondes électromagnétiques. Le lien que l'auteur fait entre l'activation des VGCCs et la production de NO et de radicaux libres n'est pas étayé par la littérature. Cf. réponse au commentaire n°178.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	Lors de notre audition, nous avons évoqué l'article de Persson (2012), pour montrer que l'équipe Salford confirmait ses résultats et que l'analyse faite dans le rapport ANSES 2013 de l'article Nittby (2011) pour clore définitivement la question de la BHE ne reflétait, en aucun cas, ce que disaient les auteurs de l'article. D'où notre demande de réévaluation de l'article publié en 2011. Aujourd'hui plusieurs équipes, outre les travaux Tang et al., ont trouvé des effets sur la BHE. Le débat sur cette question est donc loin d'être clos. Voir biblio complémentaire.		F	Le paragraphe concerné a été modifié.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	Voir biblio complémentaire / BHE	Razavi, M.K., Raji, A.R., Maleki, M. et al. Histopathological and immunohistochemical	F	Les deux articles communiqués sont analysés dans le paragraphe concerné (7.5.1.2).
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	suite biblio	Sirav B, Seyhan N. Effects of GSM modulated radio-frequency electromagnetic radiation on permeability of blood-brain barrier in male & female rats	F	L'article de Sirav et Seyhan (2015), très similaire à ceux de 2009 et 2011 des mêmes auteurs, est cité dans la version révisée du présent rapport. Il présente les mêmes insuffisances que les articles publiés en 2009 et 2011 (Cf. §7.1.2.1, rapport Anses 2013).
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	Nous notons l'information particulièrement intéressante émanant de l'étude Tang 2015 : les effets sont observés après 28 jours mais pas à 14 jours. Ceci n'est-il pas susceptible d'expliquer que certaines études ne trouvent pas d'effets ?		B	Ce commentaire est pertinent, la question de la stabilité de la maladie est évoquée au § 6.2.3. Cependant les résultats de l'étude de Tang 2015 ne peuvent être extrapolés à d'autres études.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	Aujourd'hui plusieurs équipes, outre les travaux Tang et al. et de l'équipe Salford, ont trouvé des effets sur la BHE (voir ajouts biblio). Dès lors, il ne semble pas possible d'écrire que : « Concernant la première hypothèse, aucune donnée publiée depuis 2009 ne permet de remettre en cause les conclusions des précédents rapports (Afsset 2009), qui sont en accord avec les conclusions de la monographie du CIRC (2013), à propos de l'innocuité des radiofréquences sur la BHE dans les divers modèles biologiques testés, en dehors d'effets thermiques (CIRC 2013). Et un peu plus loin, ligne 11, il est dit que ce n'est pas une « hypothèse réaliste ».		F	Le paragraphe concerné a été modifié.
Fortin - Association - ONG	7.5	Le professeur Martin Pall (Pall 2013) a démontré que les fluctuations de voltage augmente le calcium intracellulaire, entraînant une hausse d'oxyde nitrique et subséquemment, avec la présence de superoxyde, de peroxyde nitrite. L'accroissement du peroxyde nitrite entraine une activation des métalloprotéinases matricielles (MMPs) produisant une dégradation des jonctions serrées entre cellules. Breakdown of the tight junctions between cells « occurs through peroxyde nitrite/oxidant product stimulation of the activation of matrix metalloproteinases (MMPs), with the MMPs degrading the tight junctions between cells » [Pall 2013, p. 4]		B	L'article de Pall 2013 propose des mécanismes d'action des ondes électromagnétiques sur le vivant non démontrés expérimentalement.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	il est notable que Belpomme 2016 trouve, chez un certain nombre d'EHS une augmentation de la protéine S100b, ce qui montre une altération au moins chez certains.		B	Il s'agit vraisemblablement de l'article Belpomme <i>et al.</i> , 2015, dont la méthodologie et les résultats sont analysés dans le rapport au paragraphe 6.1.3 et en annexe 4.
Particulier	7.5	Il faudrait refaire l'étude; la conclusion semble trop hâtive. j'avancerai pour ma part certains dérangements comme la fuite urinaire et le dessèchement buccal qui perdurent depuis l'exposition aux champs électromagnétiques.		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	le § 7.5.2.2 sérotonine – modèles et sujets non EHS mériterait d'être détaillé. Que disent les études, sont-elles valables, comparables, quels enseignements peut-on en tirer ? L'analyse est réduite à sa plus simple expression, ce qui est bien dommage s'agissant d'une hypothèse fort intéressante. Nous avons d'ailleurs versé des références biblio à ce sujet, qui n'ont pas été reprises. Par ex. Janac 2009 ou Korkina 2009.	Kolbabová T, Pascal Mal Kemper E, Bartos L, Vandenstraeten J, Turčáni M, Burda H. Effect of exposure to extremely low frequency magnetic fields on melatonin levels in calves is seasonally dependent. Sci Rep. 2015 Sep;18:5:14206. /hypothèse	C	Le paragraphe concernant la sérotonine et les conclusions ont été modifiés et mis à jour. Janac <i>et al.</i> , 2009 utilisent un champ magnétique 5 fois supérieur aux valeurs limites réglementaires, il n'est pas pertinent pour ce paragraphe. Kolbabova <i>et al.</i> , 2015 s'intéressent aux variations saisonnières de la mélatonine chez le veau sous l'effet d'un signal 50/60Hz avec un rôle possible sur la cancérogenèse.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	suite biblio	Korkina L, Scordo MG, Deeva I, Cesareo E, De Luca C. The chemical defensive system in the pathobiology	B	L'article de Korkina et al., 2009 est une revue générale qui ne traite pas spécifiquement de l'EHS et qui n'apporte aucun élément scientifique pertinent dans le rôle possible de la sérotonine dans l'EHS.
Ballet - Association - ONG	7.5	Les maux de tête sous exposition aux cem décrits par les EHS sont assez différents des migraines, et variables d'une personne à l'autre : sensations de pression au niveau des tempes, tête lourde, tête vide, sensations de « tiraillements », sensations aiguës.		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Académique, recherche	7.5	Il aurait été intéressant de connaître le nom des molécules utilisées hors AMM par le Dr Chevalier pour le traitement de fond de la migraine (bêta bloquants?)		B	Le groupe de travail ne souhaite pas communiquer le nom des traitements utilisés hors AMM.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
THEVENIAU D - Association - ONG	7.5	Assimiler les EHS à des migraineux non traités simplement du fait que des traitements antimigraineux peuvent avoir une certaine efficacité ne paraît pas une position acceptable. Un traitement peut avoir un certain niveau d'efficacité hors indication sans que cela prouve une assimilation des pathologies respectives. Une telle approche scientifiquement plus qu'hasardeuse ne semble pas devoir être corroborée dans un tel rapport. L'absence de publication doit également être traitée dans son estimation au même niveau pour toute approche. L'approche de l'EHS aurait tout intérêt à se calquer sur ce qui a été fait depuis quelques années dans l'approche de la douleur chronique ou neuropathique où là, même si elle est actuellement battue en brèche, on a une vraie approche médicale (serment d'hippocrate respecté).		B	Le passage concerné est une retranscription des propos du Dr Chevalier, auditionné par l'Anses.
Ballet - Association - ONG	7.5	C'est assez réducteur, en regard de tous les symptômes non migraineux des EHS.		B	Le passage concerné est une retranscription des propos du Dr Chevalier, auditionné par l'Anses.
THEVENIAU D - Association - ONG	7.5	L'étude suivante pourrait être prise en compte qui, en double aveugle, montre des modifications de l'activité de certaines régions cérébrales. "CONCLUSIONS: The study provided the evidences that 30min LTE RF-EMF exposure modulated the spontaneous low frequency fluctuations in some brain regions. SIGNIFICANCE: With resting state fMRI, we found the alteration of spontaneous low frequency fluctuations induced by the acute LTE RF-EMF exposure." Clin Neurophysiol. 2013 Sep 4. Epub 2013 Sep 4. PMID: 24012322 Bin Lv, Zhiye Chen, Tongning Wu, Qing Shao, Duo Yan, Lin Ma, Ke Lu, Yi Xie China Academy of Telecommunication Research of Ministry of Industry and Information Technology, Beijing, China; University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, China.	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Clin+Neurophysiol.+2013+Sep+4.+Epub+2013+Sep+4.+PMID%3A+24012322+Abstract+Author(s)%3A+Bin+Lv%2C+Zhiye+Chen%2C+Tongning+Wu%2C+Qing+Shao%2C+Duo+Yan%2C+Lin+Ma%2C+Ke+Lu%2C+Yi+Xie	B	Cet article étudie la modification de l'EEG sous exposition à un signal radiofréquences chez le sujet sain. Il ne traite pas spécifiquement de l'EHS et serait pertinent dans une éventuelle mise à jour des connaissances sur les effets biologiques et sanitaires liés aux CEM.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	Notons également que beaucoup d'EHS décrivent plutôt des névralgies faciales, des cranialgies et des céphalées de tension, des douleurs à la nuque, au cou, à l'épaule ainsi que des sensations de tête lourde.		B	L'Anses prend note de ce témoignage et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	Voir biblio complémentaire. A noter que certaines études trouvent, outre un effet sur l'EEG, des effets sur le sommeil et la cognition.	Akerstedt T, Arnetz B, Ficca G, Paulsson LE, Kallner A. A 50-Hz electromagnetic field impairs sleep. J Sleep Res. 1999 Mar;8(1):77-81. PubMed PMID: 10188140. Avec des impacts sur la durée et la qualité du sommeil Lustenberger C, Murbach M, Durr R, Schmid MR, Kuster N, et al.	B	Ces études ne traitent pas spécifiquement de l'EHS. L'objectif de ce rapport et paragraphe en particulier n'a pas été de faire (re-faire) une analyse détaillée de la littérature basses et hautes fréquences sur les divers thèmes abordés chez les sujets non EHS. Les conclusions des anciens rapports ont été reprises. Pour les articles publiés depuis 2013, une mise à jour de la bibliographie pourrait faire l'objet d'un rapport ultérieur de l'agence.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	suite biblio	Hamblin DL, Wood AW, Croft RJ, Stough C. Examining the effects of electromagnetic fields on the brain.	B	Cf. réponse au commentaire précédent (n°485).
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	suite biblio	Roggeve en S, van Os J, Lousberg R (2015) Does the Brain Detect 3G Mobile Phone Radiation?	B	Cf. réponse au commentaire n°485.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	suite biblio	Freude G, Ullsperger P, Egger S, Ruppel I. Effects of microwave radiation on the brain.	B	Cf. réponse au commentaire n°485.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	suite biblio	Huber R, Treyer V, Borbély AA, Schudereit J, Gottselig JM, et al. Electromagnetic fields and sleep.	B	Cf. réponse au commentaire n°485.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	suite biblio	Mann K, Röschke J. 1996. Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on the brain.	B	Cf. réponse au commentaire n°485.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	coquille : sauf erreur, Carrubba 2010a est évoqué § 5.2 et non 5.1.2		F	La coquille a été corrigée.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	Ajout biblio (Sandström 1997)	Sandström M, Lyskov E, Berglund A, Medvedev S, Mild KH. Neurotoxic	D	L'analyse de l'article de Sandström <i>et al.</i> , 1997 a été intégrée au chapitre 6.2.1.2.7 du rapport d'expertise.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	à propos de l'activité électrique du cerveau, dans la phrase de conclusion, lignes 27-30, le conditionnel n'est plus de mise vu le consensus scientifique largement dégagé sur cette question.		F	La phrase concernée a été modifiée.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	« Ainsi, en l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible de mettre en évidence un quelconque dysfonctionnement de l'activité électrique cérébrale spécifique aux sujets EHS. Par ailleurs, les données disponibles ne permettent pas d'affirmer que l'effet biologique observé chez les sujets « non EHS » s'inscrit ou pas dans les limites des variations physiologiques et qu'il peut entraîner un effet sanitaire favorable ou défavorable à long terme. » Cette affirmation est, d'une part, contraire à celle de la p 205, lignes 3-7 citant Bergqvist et Vogel 1997 « Quelques études suggèrent que certaines réponses physiologiques des sujets « EHS » ont tendance à être en dehors des normes. En particulier, les constatations d'une hyperréactivité du système nerveux central et d'un déséquilibre du système nerveux autonome demandent à être suivies en clinique et les résultats pour les individus pris comme indication d'un possible traitement. » D'autre part, à la lueur des références versées (p180-181), il semblerait qu'il faille nuancer cette phrase. Il y a maintenant un consensus sur l'impact des RF sur l'activité électrique du cerveau en population générale et certaines études trouvent, outre un effet sur l'EEG, des effets sur le sommeil et la cognition.. L'exposition aux RF se devrait donc d'être considérée comme une stimulation et être étudiée comme telle, notamment dans le cadre du schéma de Selye (syndrome général d'adaptation). Par ailleurs, il est notable qu'en ce domaine la modulation soit particulièrement importante (cf Hinrikus 2008 par ex.). On retrouve cela dans le cadre de l'épilepsie photosensible... Eu égard aux signaux très forts sur RF et épileptiques, il y aurait matière à piste de recherche.	Hinrikus H, Bachmann M, Lass J, Karai D, Tuulik V. Effect of low frequency modulated microwave exposure on human EEG: individual sensitivity. Bioelectromagnetics. 2008 Oct;29(7):527-38. doi: 10.1002/bem.20415. PubMed PMID: 18452168.	B	Les données préliminaires citées dans le rapport de Bergqvist et Vogel (1997) sont très anciennes et n'ont pas été confirmées par des études récentes réalisées avec des personnes se déclarant EHS. L'article d'Hinrikus <i>et al.</i> (2008) ne traite pas spécifiquement de l'EHS et ne concerne que des sujets sains.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	ajout biblio	Aalto S, Haara C, Brück A, Sipilä H, Hämäläinen H, et al. Mobile phone affects cerebral blood	B	L'article Aalto <i>et al.</i> , 2006 a été analysé dans les rapports sur les radiofréquences publiés par l'Anses en 2009 et 2013. Il ne traite pas spécifiquement de l'EHS et porte sur des sujets sains.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	7.5	Là encore, quand une seule étude existe, on ne peut rien en conclure. Quand il y en a plusieurs, les résultats sont trop divers.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.5	ajout biblio	Borbely AA, Huber R, Graf T, Fuchs B, Gallmann E, et al. Pulsed high-frequency	B	L'article Borbely <i>et al.</i> , 1999 a été analysé dans le rapport Anses 2013. Il ne traite pas spécifiquement de l'EHS et porte sur des sujets sains.
Fortin - Association – ONG	7.5	Le professeur Martin Pall (Pall 2013) a démontré que les fluctuations de voltage augmentent le calcium intracellulaire au travers des canaux calciques voltage-dépendant, comme c'est le cas pour la glande pinéale. Le professeur Paul Héroux (Université McGill, Montréal) a conduit une étude l'effet des basses fréquences sur plusieurs types de cellules cancéreuses (Li 2013). Cette étude démontre que les champs magnétiques de basses fréquences altèrent la structure de l'eau qui sert à pomper les protons (H+) à travers l'enzyme ATP synthase. Ces protons passent progressivement d'une molécule d'eau à l'autre grâce à un effet tunnel. Selon les principes de la mécanique quantique, il est moins probable que les charges vont pouvoir se déplacer si le champ magnétique est altéré entre le moment du départ et celui de l'arrivée, comme c'est le cas avec la présence continue de CEM. Cette hypothèse a été validée en introduisant un inhibiteur spécifique (oligomycine) de l'ATP synthase, qui a produit les mêmes effets que l'exposition aux champs magnétiques basses fréquences. Cette découverte s'appliquerait aux autres enzymes qui utilisent un tunnel d'eau, comme l'enzyme N-acétyl-trans-férase qui assure la transformation de la sérotonine en mélatonine. [Héroux 2015, p. 4-11	Li Y, Héroux P. : Extra-low-frequency magnetic fields alter cancer cells through metabolic restriction, Electromagnetic Biology and Medicine, 2013	B	L'étude du Pr. Pall est une revue de la littérature concernant presque exclusivement les très basses et basses fréquences et ne peut s'intégrer à cet endroit du texte. Cet auteur propose des mécanismes d'action possible des ondes électromagnétiques à partir de l'activation des canaux calciques, qui, du fait de leur mode d'action, peuvent sous-tendre à la fois des effets bénéfiques, comme délétères des ondes électromagnétiques. Voir les explications au commentaire n° 178. L'article de Li et Héroux ne concerne pas spécifiquement l'EHS, il porte sur des lignées de cellules cancéreuses en culture exposées à de très basses fréquences. Il n'est pas pertinent de citer cet article à ce niveau du texte où il est question des rythmes circadiens et de leur modulation.
Ledent - Académique, recherche	7.5	Etude de Vanderstraeten et al (2012) orientée leucémie infantile, pas de lien étudié ou d'hypothèse vers EHS.		B	L'article de Vanderstraeten <i>et al.</i> , 2012 est citée dans le rapport afin de présenter une hypothèse et non pas des résultats expérimentaux.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Société Française de RadioProtection - Association - ONG	7.5	L'hypothèse mélatonine a clairement été abandonnée (OMS 2007, EHC monographie n°238) et n'était pas soutenue par les travaux chez l'être humain (Graham, Selmaoui, Touitou), bien au contraire. Page 452 : « Les résultats des études effectuées chez des volontaires, ainsi que des études épidémiologiques en milieu résidentiel et professionnel, laissent à penser que le système neuroendocrinien n'est pas affecté par l'exposition à des champs électriques ou magnétiques à la fréquence du réseau. Cela vaut particulièrement pour les concentrations circulantes d'hormones spécifiques du système neuroendocrinien, notamment la mélatonine, libérée par l'épiphyse, et pour un certain nombre d'hormones impliquées dans le contrôle du métabolisme et de la physiologie de l'organisme libérées par l'hypophyse. »	Réf 1 OMS, Extremely Low Frequency Fields: Environmental Health Criteria Monograph No.238 http://www.who.int/peh-emf/publications/eif_ehc/en/ Page 452. Graham C. et al. Melatonin and 6-OHMS in high-intensity magnetic fields. J Pineal Res. 2001;Aug;31(1):85-8	B	Ce paragraphe décrit de manière non exhaustive l'historique de "l'hypothèse mélatonine", en incluant des références bibliographiques récentes. L'objet de ce paragraphe n'est pas de réaliser une évaluation de cette hypothèse qui ne concerne pas spécifiquement les personnes se déclarant EHS, ce qui pourrait être réalisé lors de travaux ultérieurs de l'Anses.
Société Française de RadioProtection - Association - ONG	7.5	L'hypothèse mélatonine a clairement été abandonnée (OMS 2007, EHC monographie n°238) et n'était pas soutenue par les travaux chez l'être humain (Graham, Selmaoui, Touitou), bien au contraire.	Réf 2 Graham C. et al. All-night exposure to EMF does not alter urinary melatonin, 6-OHMS or immune	B	Cf. réponse au commentaire précédent (n° 261).
Société Française de RadioProtection - Association - ONG	7.5	L'hypothèse mélatonine a clairement été abandonnée (OMS 2007, EHC monographie n°238) et n'était pas soutenue par les travaux chez l'être humain (Graham, Selmaoui, Touitou), bien au contraire.	Réf 3 Selmaoui B, Aymard N, Lambrozo J, Touitou Y. Evaluation of the nocturnal levels of urinary	B	Cf. réponse au commentaire n° 261.
Société Française de RadioProtection - Association - ONG	7.5	L'hypothèse mélatonine a clairement été abandonnée (OMS 2007, EHC monographie n°238) et n'était pas soutenue par les travaux chez l'être humain (Graham, Selmaoui, Touitou), bien au contraire.	Réf 4 Touitou Y, Bogdan A, Lambrozo J, Selmaoui B. Is melatonin the hormonal missing link between	B	Cf. réponse au commentaire n° 261.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	à propos des rythmes circadiens , lignes 42-45 sur l'hypothèse de l'existence de sous-populations : voir nos remarques p 96		B	Les questionnements liés à l'existence de sous-population n'ont pas été retrouvés en p. 96, ni dans les commentaires réalisés à ces pages là.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
THEVENIAU D - Association - ONG	7.5	L'intitulé du paragraphe pose, de manière explicite, une relation de causalité entre trouble cognitifs et EHS en faveur de la préexistence de ces troubles (un trouble des fonctions cognitives pour expliquer tout ou partie de l'EHS). Donc non pas trouble des fonctions cognitives comme conséquence de l'exposition et donc faisant partie du syndrome. On retrouve là clairement l'approche psychologique de l'EHS, qui ne peut pas être acceptée comme telle. A moins de penser que l'orientation vers une telle approche était voulue a priori.		F	Le paragraphe concernant l'hypothèse sur le rôle des fonctions cognitives dans la survenue de l'EHS a été supprimé. Cette suppression a amené à reprendre le paragraphe 6.2.1.2.4 sur les fonctions cognitives et le paragraphe 6.2.1.2.2.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	Fonctions cognitives : Pour expliquer la survenue de l'EHS ou plutôt comme résultante (constat / diagnostic)		F	Cf. réponse au commentaire n° 126
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	« Dans le cadre du présent rapport, seules l'attention et la mémoire ont été étudiées chez des sujets EHS lors d'études cliniques. » : pas clair : n'a-t-on trouvé aucune étude sur les autres thématiques ou bien l'expertise s'est t-elle axée uniquement sur ces deux thèmes ?		F	Cf. réponse au commentaire n° 126
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	Même remarque plus loin lignes 24-26 : « Dans le cadre du présent rapport, seules les mémoires à court terme et de travail ont été étudiées et pas les mémoires à long terme, sauf la mémoire spatiale (voir encadré ci-dessous). »		F	Cf. réponse au commentaire n° 126
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	les résultats apparaissent divergents : peut-on vraiment les qualifier de divergent. Est-on sûr d'étudier la même chose, d'être dans les mêmes conditions ? Par ailleurs, prenons l'exemple d'une drogue psychoactive comme les amphétamines, produisant chez certains une accoutumance, chez d'autres une sensibilisation ; et chez la même personne à certains moments une hyperstimulation et à d'autres un bad trip. Doit-on conclure sur une divergence des effets ou aller plus loin dans l'analyse ?		F	Cf. réponse au commentaire n° 126
Ingarao Particulier	7.5	Je confirme pour ma part que j'ai des troubles de mémoire jamais aussi persistantes et une baisse intellectuelle en terme de rendement et de concentration depuis l'exposition aux antennes.		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	on s'étonne de ne pas voir mentionné le rapport « Enfants » qui conclut à un effet possible sur lesdites fonctions cognitives. Jusqu'à preuve du contraire les enfants font partie intégrante de « l'être humain ».		D	Un paragraphe a été ajouté au chapitre 6.2.1.2.4.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	comment peut-on expliquer le peu d'études sur l'attention et la mémoire des EHS alors que c'est une plainte récurrente ?		B	Le groupe de travail n'a pas de réponse à cette question et en a fait le constat après analyse de la bibliographie. Les troubles de l'attention et de la mémoire sont rencontrés dans de nombreux syndromes/pathologies mais aussi chez le sujet sain de manière ponctuelle (en lien avec le manque de sommeil, le stress, la fatigue, etc.) et au cours du vieillissement. Ceci complique l'interprétation des données et leur portée en tant que marqueur potentiel d'un syndrome qui à ce jour n'est pas clairement défini.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.5	sur Regel , sur Wilén : voir nos remarques respectivement p 139 et p 129. Les EHS ont été exclus en pratique, on ne peut tirer de conclusions sur l'EHS à partir de ces études.		B	De l'avis du groupe de travail, ces 2 articles sont pertinents. En effet, il existe une grande hétérogénéité dans les critères de recrutement des personnes se déclarant EHS dans les diverses études, qui tient au fait, au moins en partie, que c'est un syndrome pour lequel il n'existe aujourd'hui pas une description et une sémiologie faisant consensus dans la communauté scientifique et médicale. Il est donc pertinent de prendre en considération les études avec des sujets déclarant des symptômes en présence d'EMFs.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Société Française de Radioprotection - Association – ONG	7.6	Parmi les hypothèses mécanistiques analysées dans ce chapitre, il semble que l'approche psychanalytique évoquée par Freud d'abord dans "L'avenir d'une illusion" puis dans « Malaise dans la civilisation » (1929) doit aussi être discutée. Dans le chapitre 2 de cet ouvrage face à la question de la souffrance, Freud expose plusieurs méthodes de protection : le recours aux drogues, la sublimation qui permet un déplacement de la libido, ou la récusation de la réalité qui peut correspondre à la situation de certains sujets souffrant d'EHS : «il voit dans la réalité l'ennemie unique, la source de toute souffrance. Comme elle nous rend la vie impossible on doit rompre toute relation avec elle, si l'on tient à être heureux d'une manière quelconque. L'ermite tourne le dos à ce bas monde et ne veut point avoir affaire à lui.... L'être qui, en proie à une révolte désespérée, s'engage dans cette voie pour atteindre le bonheur n'aboutira normalement à rien, la réalité sera plus forte que lui. ».	Freud S. Malaise dans la civilisation. 1929 (Trad.française 1934)	B	L'hypothèse psychanalytique des maladies psychosomatiques n'a pas été validée.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
	7.6	<p>page 192 ligne 22 - 7.6.1. Hypothèse 15 "une origine psychosomatique ?" - Je suis une femme, 69 ans, chimico-sensible/MCS (j'en ai pris conscience il y a 20 ans) et électro-sensible/EHS (j'ai débranché mes deux DECT le 11 mars 2011, je n'ai jamais eu de téléphone portable - maladie cardiaque, Fibrillation Auriculaire, diagnostiquée en 2007) - 4 symptômes principaux liés aux MOP (micro-ondes pulsées): arythmie (FA), vertiges pseudo-ébrioix (consulté un médecin orthopédiste en 2010: rien trouvé...), crises de fatigue totale (de durée très variable: de 10 minutes à plusieurs heures), tension de la nuque - à cela s'ajoutent des troubles cognitifs, non permanents et pas irréversibles (il ne s'agit pas d'Alzheimer...). Ma sensibilité MCS m'a appris à observer, pour essayer de COMPRENDRE. J'ai compris qu'on ne sait rien... Par exemple, pourquoi un minuscule insecte volant, (pas un moustique) va toujours me piquer, moi, et pas les 6 autres personnes près de moi? ... on ne sait pas... Ces troubles cognitifs peuvent se décrire comme un manque d'attention ou de concentration, j'ai du mal à faire les choses, il faut que j'aie envie, il faut que j'aie une contrainte (ici, c'est la contrainte du 30 septembre), ça s'appelle la procrastination. Mes observations m'ont amenée à penser que c'était un trouble de la VOLONTÉ. C'est grave! On parle de plus en plus de divers troubles dus aux "écrans" - jamais des MOP, microondes pulsées des technologies sans fil. Les divers termes utilisés pour parler de ces ondes apportent la confusion. J'ai un acoustimètre EMF (made in England - 400 euros en France - à quand un appareil "made in France" moins onéreux?) qui me permet de prendre la fuite... L'arrivée de la 4G a aggravé la puissance des MOP auxquelles on est exposé dans la rue (je suis privée de voyages, restaurant, cinéma, théâtre, réunions, d'amis... et même de taxis, d'hôpital...). Dans un ascenseur, les portables cherchent désespérément un réseau, et crachent plus de 6 V/m! Il faudrait informer les gens, expliquer que l'oreillette ne sert à rien, parler en "Volts par mètre". Et maintenant, les tablettes : le facteur, l'entretien de la chaudière (3 V/m à 2 m) (seuil de sécurité: 0,20 V/m pour personnes sensibles, enfants, femmes enceintes). En mettre dans les écoles ne semble pas être une très bonne idée.</p>		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Particulier	7.6	Je ne suis pas d'accord avec l'origine psycho somatique des troubles; si on attribue au stress et à la fatigue dans le milieu professionnel systématiquement à une origine psycho somatique, on ne pourra jamais détecter les causes réelles de ces symptômes comem les fourmillments, les troubles de mémoire , l'accouphène dans mon cas.		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.6	Nous demandons à ce que soit précisé que nous avons demandé l'audition du Dr Mirabel-Sarron suite à son intervention publique (lors du séminaire de lancement de l'étude Cochin en 2012) très critique vis-à-vis des publications relatives aux études psychologiques et psychiatriques des EHS. Nous demandons à ce que notre courrier de saisine soit également publié en annexe du rapport.		B	L'origine de la demande d'audition figure déjà dans le rapport d'expertise. Par ailleurs, la programmation des auditions réalisées par le groupe de travail est de son seul ressort.
THEVENIAU D - Association – ONG	7.6	L'hypothèse des "croyances" ne peut être acceptée en tant que telle à l'EHS. La rigueur méthodologique exigée doit l'être de toutes les approches. Or ici, rien n'est montré clairement et spécifiquement sur l'EHS. Par ailleurs une telle hypothèse est en contradiction caricaturale avec le fait que les symptômes puissent être ressentis après une longue durée d'exposition, que les témoignages montrent que l'attribution aux CEM n'apparait que longtemps après et que cela vaut pour nombre de médecins ou de scientifiques se témoignant être sensibles ou hypersensibles. Si "croyance" il y avait, ce serait alors dans une situation complètement schizophrène entre une approche professionnelle et une croyance qui irait tout à fait à l'encontre d'une formation et d'une approche scientifique. Il serait bon que le rapport souligne l'absence de méthodologie réelle d'une telle hypothèse et les contradictions décrites ci-dessus dans l'analyse faite de cette hypothèse.		B	La critique de l'hypothèse psychogène est développée plus loin dans le paragraphe concerné.
Association – ONG	7.6	"On sait par ailleurs"... comment, d'où ? Cette affirmation manque singulièrement de poids scientifique.		E	La phrase concernée (page 193 ligne 8 du rapport en consultation) a été reformulée.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
THEVENIAU D - Association - ONG	7.6	La méthodologie consistant en un recueil de données par questionnaires envoyés par voie postale, par internet ou entretien téléphonique est largement critiquable du fait de l'absence de contrôle des réponses et de l'ensemble des biais de départ. Mènerait-on une vrai bilan nutritionnel, une vraie enquête nutritionnelle par voie postale, en dehors d'une approche assimilable à du marketing. Le caractère scientifique (à moins qu'une approche de ce type soit considérée comme une science et sauf donc à y perdre son latin) reste plus que discutable et donc les conclusions inacceptables concernant une composante voire une cause psychique.		B	Le groupe de travail est en désaccord avec cette analyse. Les limites des études déclaratives sont parfaitement identifiées.
THEVENIAU D - Association - ONG	7.6	La tendance à l'approche causale dans les aspects psychiatriques est très largement critiquable : a priori très sensible dans l'objectif apparent de certaines études, méthodologie discutable, assimilation plus ou moins explicite d'une corrélation à une relation de causalité. Les témoignages reçus montrent que la prise de conscience des symptômes entraîne des aspects psychologiques négatifs, notamment du fait de la non reconnaissance, du niveau de souffrance et de la psychiatrisation des symptômes elle-même. La chronicité des symptômes, dont le manque de sommeil, entraîne obligatoirement une augmentation du stress, donc de l'intensité des symptômes : cercle vicieux comme précisé à certains moments dans le rapport. C'est aussi ce qu'on trouve dans le domaine des douleurs neuropathiques. Il serait important que les conclusions émises à ce propos soient encore plus clairement affirmées ici.		B	Comme le précise le rapport, il est difficile à l'heure actuelle de savoir si les facteurs psychiques sont la cause ou la conséquence de certains symptômes fonctionnels.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.6	Il serait également nécessaire de poser clairement la question globale du rôle des CEM dans les troubles psychiques et psychiatriques, le dérèglement des horloges biologiques, l'impact sur l'EEG, sur la neurochimie du cerveau... pouvant être de bons supports d'explication...		B	Cette proposition est reprise dans les recommandations.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	7.6	Si, avec une exposition simulée, des symptômes apparaissent, on conclut à l'effet nocebo., qui expliquerait aussi les symptômes vécus dans la vie quotidienne. Mais l'existence d'un effet nocebo n'exclut pas l'existence de symptômes causés par l'exposition réelle. Ce qui fait mal fait peur et peut déclencher des symptômes par réflexe. Une douleur à l'exposition simulée ne veut pas dire absence d'une véritable douleur lors de l'exposition réelle. Ce qui fait mal fait peur et ce qui fait peur fait mal. Au bout d'un moment il est normal de réagir même à l'imitation de ce qui nuit véritablement.		D	Le commentaire proposé est une bonne définition de l'effet nocebo, il est cité en note de bas de page au chapitre 7.7.2.3.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.6	Köteles 2013 montre que les EHS arrivent à discriminer les expositions.		D	L'analyse de l'article de Köteles <i>et al.</i> , 2013 a été reprise dans l'hypothèse "n" au chapitre 5.3.2. et au paragraphe 6.2.1.2.2.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.6	Le chapitre nocebo, p. 198 et suivantes, renvoie nécessairement à la critique / limite des études de provocation. En particulier, il a pu être établi que Rubin fait ses études de provocation avec des sham émettant à des niveaux suffisants pour faire réagir une personne sensible. Dès lors quel crédit donner à ce genre d'études ? Szemzeszky 2016 : les étudiants volontaires sont récompensés en points sur les évaluations ! C'est un biais réhibitoire !! Pourquoi le GT se base-t-il sur la revue de Rubin sans réanalyser chacune des études citées. C'est contraire à sa méthode habituelle. P. 198, lignes 30-38 : Sur 46 études de provocation, 7 suggéreraient un effet nocebo. Et les 39 autres ?		B	L'affirmation faite sur les niveaux d'exposition des témoins dans les études de Rubin n'est pas documentée. Concernant l'étude de Szemerski, le protocole de cette étude a été approuvé par le comité d'éthique de la recherche de l'Université Eötvös Loránd de Budapest (Voir réponse au commentaire n° 427). La revue de Rubin (Rubin <i>et al.</i> , 2006b) est citée pour décrire l'historique de l'apport des études de provocation dans l'étude de l'effet nocebo. Conformément à la méthodologie décrite dans le paragraphe 2.1.1, les articles originaux publiés après le 1er avril 2009 ont été recherchés et analysés.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.6	Si Wenzel 2005 (non analysée par le rapport) ne trouve pas d'effet du 50Hz sur la microcirculation, Loos 2013 (non référencée dans le rapport) trouve un effet des RF.	Loos N, Thuróczy G, Ghosn R, Brenet-Dufour V, Liabeuf S, Selmaoui B, Libert JP, Bach V, Diouf M, de Seze R. Is the effect of mobile phone radiofrequency	B	L'article de Loos et al. (2013) ne traite pas spécifiquement de l'EHS. Il met en évidence un effet local qui ne saurait expliquer le caractère général de la symptomatologie des personnes se déclarant EHS. Il apporte néanmoins un résultat original qui demande à être confirmé.
	7.6	Erreur d'orthographe : " des scores d'anxiété, d'éveil, d'inconfort et de fatiQue plus élevés sous exposition réelle que sous..." A remplacer par "fatiGue"		F	La coquille a été corrigée.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	7.6	<p>L'article de Dieudonné 2016 récuse totalement l'effet nocebo comme cause originelle de l'EHS (« Results of this study are not consistent with the hypothesis that severe IEI-EMF is a condition originating from nocebo responses to perceived EMF exposure, even though it is likely to be aggravated, after its onset, by a vicious circle of such responses. »</p> <p>Il est cohérent avec le critère d'antériorité de Hill. La publication de Dieudonné ne fait aucunement référence à l'ouvrage de Cathébras, ce dernier n'abordant d'ailleurs pas du tout la question de l'EHS. p. 200, lignes 20-22, Invoquer ici le modèle évolutif décrit par Cathébras dans son livre serait recevable si cet auteur avait d'une part étudié l'EHS et d'autre part n'avait pas traité de manière aussi partielle la question du MCS, « affaire de croyances » « diffusées par des praticiens non conventionnels appelés "écologistes cliniciens" »(cf extraits en PJ). p. 200, lignes 22 et suivantes, Berthelot 2015 : s'agissant d'un éditorial, il n'est pas peer review. A notre connaissance, son auteur n'a aucune compétence particulière sur les CEM et n'a pas reçu d'EHS en consultation. Il ne s'agit pas d'un travail systématique de review. Il va jusqu'à affirmer que certains pourraient tirer des bénéfices secondaires à se déclarer EHS ! Manifestement, l'auteur estime que c'est tirer un bénéfice secondaire de s'exiler dans une grotte puisque c'est le propos de son paragraphe qui se termine par un poème de Victor Hugo.. no comment. Comment le GT si exigeant sur certaines études (voir critiques de TNO par exemple) peut-il retenir ce texte ? C'est sur des choix comme celui-là que peuvent se construire les critiques concernant l'absence de neutralité scientifique d'un rapport.</p>		B	<p>L'article de Dieudonné 2016 ne récuse pas totalement l'effet nocebo comme cause originelle de l'EHS (cf. chapitre " <i>The Case for Unconscious Conditioning and Technological Stress</i>" (page 8) et la fin de l'abstract : <i>It remains possible that some cases of IEI-EMF originate from other psychological mechanisms</i>).</p> <p>Par ailleurs, les références à des extraits des ouvrages de Cathébras et Berthelot ne signifient pas que le rapport d'expertise endosse l'ensemble de leurs contenus.</p>

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.6	A contrario, nous notons la publication suivante qui revient sur les effets négatifs d'une invalidation des patients par le corps médical, qui aggrave la maladie par effet nocebo (justement). Ceci devrait plaider pour une approche différente des patients EHS, basée sur le renforcement de la confiance du patient pour ses propres valeurs, par ex EFT(cf nos remarques sur le § thérapies p 211). A noter que les EFT sont parfois évoquées par des témoignages en des termes positifs. Par ailleurs, il est à souligner qu'à aucun moment, alors qu'il est question de très nombreuses fois de l'effet nocebo, ses implications en terme de neurochimie du cerveau ne sont évoquées alors qu'il existe de la littérature à ce sujet. Par ex. Schedlowski 2015 : « Nocebo responses have been associated with variations in the dopaminergic, opiodergic and cholecystokinin (CCK) systems (Benedetti et al., 2007) »	Greville-Harris M, Dieppe P. Bad is more powerful than good: the nocebo response in medical consultations. Am J Med. 2015 Feb;128(2):126-9. Doi: 10.1016/j.amjmed.2014.08.031. Epub 2014 Sep 16. Review. PubMed PMID: 25232716. Schedlowski M, Enck P, Rief W	F	Les deux revues non spécifiques à l'EHS ont été prises en compte et analysées dans le nouveau chapitre 7.7 entièrement consacré à l'effet nocebo.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.6	A la place de ce terme fourre-tout et psychologisant, nous apprécierions de placer le débat sur la plasticité synaptique / apprentissage/renforcement / potentialisation à long-terme, sensibilisation/accoutumance, homéostasie / somesthésie... Il faut aborder la question de la répétition de dose et la sensibilisation centrale ou périphérique que cela peut occasionner. (cf Black 2016 par ex.) Sauf erreur, manger du piment (capsaïcine) de manière trop rapprochée sensibilise les récepteurs, si on attend avec d'en remanger, on les désensibilise. Ce sont des phénomènes neurologiques connus et dont on connaît les mécanismes dans certains cas. Nous notons, qu'à l'issue de ce § calamiteux, la conclusion qui en est faite semble tout à fait raisonnable et scientifique (rédacteur différent très manifestement). Cependant, sur des bases aussi faibles, considérer (p201 ligne 17-18) que l'effet nocebo intervient notablement dans le maintien de l'EHS et alors qu'on en sait si peu sur le déclenchement, la modulation, l'évolution de la maladie, est assez hasardeux... De plus, nous retournons à ses promoteurs le contre-argument qui est opposé à l'hypothèse organique : son mécanisme n'est pas connu.	Black B, Granja-Vazquez R, Johnston BR, Jones E, Romero-Ortega M. Anthropogenic Radio-Frequency Electromagnetic Fields Elicit Neuropathic Pain in an Amputation Model. PLoS ONE. 2016;11(1):e0144268. doi:10.1371/journal.pone.0144268.	B	Un nouveau chapitre 7.7 consacré à l'effet nocebo a été ajouté au rapport. Ce sujet est abordé dans les généralités de ce chapitre. À l'heure actuelle et à la connaissance du groupe de travail, il n'y a pour l'instant aucune étude sur les mécanismes biologiques de l'effet nocebo chez des personnes se déclarant EHS. L'article de Black <i>et al.</i> (2016) ne concerne pas le SNA, mais les effets d'une exposition à un signal GSM 915 MHz sur les douleurs liées à un modèle expérimental de névrome chez le rat. À l'heure actuelle, les relations entre l'EHS et le névrome d'amputation n'ont jamais été étudiées. Cet article n'apporte rien à la compréhension de l'EHS en général ou du rôle de l'effet nocebo dans l'EHS en particulier.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	7.6	L'effet nocebo entretient certains EHS dans le maintien des symptômes ressentis. Déjà choquant sauf que plus loin, dans la conclusion, on fera un saut logique inexplicable pour dire qu'il est à la base du déclenchement des symptômes.		B	L'hypothèse selon laquelle l'effet nocebo serait, dans certains cas, à l'origine des troubles a été formulée par Dieudonné au chapitre 7.7.2. sur la base d'une analyse fine de quelques cas particuliers.
Kompetenzinitiative zum Schutz von Mensch, Umwelt und Demokratie - Association – ONG	7	Si l'effet nocebo n'est pensable que dans une minorité de cas (p. 202 (22)) il ne peut pas expliquer néanmoins la persistance de l'électrohypersensibilité (16 et 17) dans une multitude de milliers des personnes avec des symptômes cliniques avérés. En outre puisqu'il y a aussi des effets nerveux avérés en relation avec les émissions (p. 150 (31)) il y peut avoir aussi des traumatismes réels avec la possibilité d'un signe de stress posttraumatique – jusqu'alors jamais examiné, ce qui rend spéculatif toutes les attributions à l'effet nocebo.	Budzinski/Hecht: p. 471 http://kompetenzinitiative.net/KIT/KIT/elektrohypersensibilitaet-phantom-oder-anzeichen-einer-gemeingefahr/ version française	B	L'étude de Dieudonné suggère que l'effet nocebo ne joue un rôle dans l'apparition de l'EHS que dans quelques rares cas, mais intervient fréquemment pour renforcer le processus d'attribution à la phase tardive de ce processus. Ces données demandent bien évidemment à être confirmées, mais elles ne sauraient être ni négligées, ni déformées. La source référencée n'est pas une publication scientifique.
PIERRE BEZ	7.7	Il est écrit page 202 ligne 44 "(...) les éventuels effets des RF seraient dus, non pas à un effet spécifique des ondes, mais à un stimulus environnemental (produits chimiques etc.)" "Faute de publications sur le sujet avec des EHS cette hypothèse n'a pu être étudiée" Des épandages aériens à haute altitude de produits chimiques type baryum et aluminium ont lieu régulièrement au dessus de certaines grandes villes bien précises. Des études comparatives ont-elles été conduites en vue de mesurer leur impact sur les populations en comparaison des populations exposées aux ondes électromagnétiques artificielles mais non soumises à ces zones pulvérisées ?	http://www.cielvoile.fr/2015/07/aluminium-baryum-et-strontium-le-projet-new-york-manhattan-les-cheminements-expliques.html	B	À la connaissance du GT, il n'y a pas de données scientifiques pour étayer cette remarque.
Association – ONG	7.6	On aurait un niveau suffisant de preuve pour dire que dans certains cas (mais dans les autres ? On n'en dira rien), l'effet nocebo peut être à l'origine des symptômes, alors qu'aucun élément décrit précédemment ne permet de conclure à cela. Saut logique considérable. C'est choquant.		B	L'hypothèse selon laquelle l'effet nocebo serait, dans certains cas, à l'origine des troubles a été formulée par Dieudonné au chapitre 7.7.2. sur la base d'une analyse fine de quelques cas particuliers.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Kompetenzinitiative zum Schutz von Mensch, Umwelt und Demokratie - Association – ONG	7.6	S'il faut constater que l'effet nocebo généralement "n'est pas un facteur ou un des facteurs à l'origine de l'EHS" (ANSES) il ne le peut pas être néanmoins dans "un petit nombre de cas" - soit soudain à cause du seul résultat de Dieudonné 2016(plutôt contraire)ou soit par l'opinion, qu'aucun (autre) effet sanitaire ne soit pas avéré jusqu'à maintenant (24). Cela n'explique pas des milliers de "cas"(on parle de 70 000 en France et de 25 000 en Allemagne (BfS 2007)) et cela ne va pas ensemble non plus avec l'effet avéré sur le système nerveux central (E.E.G.). Cet effet à l'inconscient vaut aussi bien qu'une perception directe - même mieux parce que indépendamment de la volonté. Voudrait-on pourtant expliquer une sensation perçue comme "nocebo"? Mais on le fait ici pour un changement consistant et toujours visible indirectement dans la réaction nerveuse et profonde du E.E.G.? Et on prend l'effet nocebo comme simple attribution même dans des cas cliniquement sérieuses sans reconnaissance d'une cause psychiatrique équivalente (p.201, 40), qui serait nécessaire (p.60,12)?	Budzinski/Hecht p. 465-466 http://kompetenzinitiative.net/KIT/KIT/elektrohypersensibilitaet-phantom-oder-anzeichen-einer-gemeingefahr/ version française	B	Cf. réponse au commentaire n° 199.
Particulier	7.7	La conclusion sur l'origine psychique me paraît hâtive. Je ne suis ni dépressive ni hypochondriaque. J'adore mon travail, mes collègues et je suis assidue au travail.		G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.7	effet cocktail : la formulation de l'hypothèse qui nous est attribuée n'est pas conforme à ce que nous avons déclaré. Nous n'avons en aucun cas exclu un effet propre des CEM mais avons pointé l'intérêt de travailler sur l'effet cocktail, d'autant que nb d'EHS sont également MCS. Pour alimenter cette question, voir nos remarques et bibliographie versées à la p 91 (l'être humain est-il sensible au champ magnétique terrestre). A noter que la question de l'effet cocktail se pose également pour une combinaison d'exposition à des CEM de différents types (RF + champs statiques ou ELF). La question de la réponse adaptative (réduction des dommages à l'ADN occasionnés par des rayonnements ionisants par une pré-exposition des RF), mise en lumière par le rapport ANSES de 2013 mériterait également une réflexion en termes de mécanismes et de pistes de recherche.	Matronchik AI, Belyaev IY. Mechanism for combined action of microwaves and static magnetic field: slow non uniform rotation of charged nucleoid. Electromagn Biol Med 2008;27:340-54	E	La rédaction de l'hypothèse sur l'effet cocktail a été reformulée. L'article de Matronchik, 2008 ne porte pas spécifiquement sur l'EHS. Il ne rentre pas dans les critères de sélection des publications présentés au chapitre 2.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.7	Autres hypothèses :Les dommages à l'ADN des RF (en lien avec le stress oxydant) sont de plus en plus suspectés. La perturbation induite chez les plus sensibles ne pourrait-elle pas expliquer tout ou partie de certains troubles. Une perturbation du métabolisme mitochondrial / ATP ne pourrait-elle pas expliquer tout ou partie de certains troubles. Les thérapies PEMF et la stimulation magnétique transcranienne sont utilisées pour certaines pathologies. Ne faudrait-il pas investiguer cette question ?		B	Cette question est traitée dans le paragraphe 6.1.3. pour l'aspect génétique et dans le paragraphe 6.2.1.2 pour la stimulation magnétique transcranienne. En ce qui concerne les éventuelles modifications du métabolisme mitochondrial, ceci peut être mis en relation avec le stress oxydant traité § 7.1.2.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	7.7	Autres hypothèses :Il nous paraîtrait intéressant de creuser la question du nerf trijumeau et de sa sensibilisation, eu égard aux similitudes des douleurs décrites par les EHS (névralgies faciales, migraines, douleurs à la nuque tout particulièrement). Voir l'intervention du Dr Lanteri-Minet : http://campus.neurochirurgie.fr/richmedias/rmp.php?congres=200703_nice&cible=21_list_trait_cp_cc_stimu_sc et la récente publication Marino 2016 ainsi que des dommages aux fibres nerveuses (voir Acar 2009, Hocking 2001).	Marino AA, Kim PY, Frilot li C. Trigeminal neurons cellphone radiation: Thermal or nonthermal is not the question. <i>Electromagn Biol Med.</i> 2016 Jul 15;1-9. Acar GO, Yener HM, Savrun FK, Kalkan T, Bayrak I, Enver O. Thermal effects of mobile phones on facial nerves and surrounding soft tissue. <i>Laryngoscope.</i> 2009 Mar;119(3):559-62. Hocking B, Westerman R. Neurological abnormalities associated with CDMA exposure. <i>Occup Med (Lond).</i> 2001 Sep;51(6):410-3.	B	S'agissant du nerf trijumeau et de l'article de Marino et al. (2016) Cf. réponse au commentaire n° 440. L'article de Acar <i>et al.</i> , 2009 montre que la conduction nerveuse dans les nerfs craniens et le potentiel d'action musculaire sont modifiés par l'augmentation de température dans les tissus mous entourant ces nerfs lorsqu'il y a émission de radiofréquences par téléphone mobile. Ils attribuent l'échauffement des tissus non pas aux ondes mais à la puissance électrique de la batterie du téléphone. L'article de Hocking montre que la fonction du nerf ophtalmique trigéminal est modifiée mais ils n'attribuent pas cela à un effet thermique car le niveau maximum d'exposition est de 0,06 mW/cm ² à 870 MHz. Ces auteurs n'évoquent pas la névralgie faciale du trijumeau ou les douleurs à la nuque. L'article de Marino a été publié après la date de fin de la revue bibliographique (1er juillet 2016).

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Fortin - Association – ONG	7.7	<p>Hypothèse 17 pour expliquer tout ou partie de la survenue et/ou de l'évolution de l'EHS : résulte de l'accumulation d'expositions aux CEM, soit une exposition moyenne sur une longue période de temps, ou d'une exposition très intense sur une plus courte période. Voici une expérience rapportée par le docteur Robert Becker (Cross Currents, 1990, p. 194-196) démontrant un effet de seuil lors d'une expérience de stress électromagnétique (1980) sur deux groupes de rats dont l'un a été soumis à un stress prolongé pendant 25 mois, soit à une exposition continue aux radiations micro-ondes de 2,45 gigahertz (GHz) à une forte intensité de 0,5 milliwatt par centimètre carré (mW/cm²) [5 000 000 µW/m²] alors que le seuil de sécurité officiel était de 10 mW/cm² [100 000 000 µW/m²]. « Au départ les niveaux de cortisol sanguin étaient similaires dans les deux groupes. Durant les premiers mois d'exposition aux micro-ondes, le niveau de cortisol du groupe exposé s'est élevé au-dessus de celui du groupe de contrôle, indiquant ainsi une réaction à ce stress artificiel. Plus tard dans l'expérience, le taux de cortisol s'est abaissé sous le niveau du groupe de contrôle, ce qui indique un épuisement du système de réponse à un stress chronique. Force est de conclure qu'une exposition prolongée aux micro-ondes produit un très haut niveau de stress, à tel point que l'hyperactivité prolongée de ces glandes [pituitaire, thyroïde, surrénale] les a rendu cancéreuses. » Rappelons que le cortisol augmente le glucose sanguine. Une telle exposition est possible à proximité d'un router Wi-Fi. Je suis devenu électro-sensible en mai 2015 après un an d'exposition sournoise au router Wi-Fi de mon voisin. Symptôme : acouphène d'intensité variable en fonction de l'exposition aux basses fréquences. Je ne connais pas d'étude scientifique sur le sujet, hormis les études de Hardell (2006, 2011) sur le cancer du cerveau après 10 ans d'utilisation. Des expositions, moindres à proximité d'antennes relais, augmentent significativement le risque de cancers de 1,4 à 10 fois. Voir Wolf 2004, Eger 2004, Oberfeld 2008, Dode 2011</p>	<p>Foster, KR & Guy A.W., Scientific American 255 (1986):32. Étude commanditée par US Air Force School of Aerospace exécutée par l'Université de Washington au coût de 5M \$</p>	B	<p>L'Anses prend note de ce témoignage et remercie son auteur. Il n'existe pas d'article scientifique original ayant abordé la question du dépassement de seuil ou d'accumulation de "dose" de champs électromagnétiques dans la genèse de la pathologie EHS, permettant de formuler une hypothèse plausible.</p>

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
	8	Ceci de la prévention, pas une prise en charge de personnes EHS il ne suffit pas que les normes soient respectées au niveau exposition aux ondes électromagnétiques, car l'EHS est une intolérance, donc nécessité d'être dans un environnement sans ondes électromagnétiques		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Neyrand - Autre	8	mon constat en tant que kinesiherapeute ayant de patients de tout age intolerant ou EHS, allant à leur domicile ainsi qu'à des personnes qui se tournent vers notre asso poem26 pour mettre en evidence les pollutions EM par divers appareils de mesure:* la tres grande majorite des habitations, le lieux de travail, de vie sont dans un environnement vibratoire électromagnétiquement parlant très nocifs pour les organismes. Où pollutions d' HF et de BF se cotoient allegrement le plus souvent en permanence puisque les boxes wifi ne sont pas eteintes, les dect emettent en permanence, les tel portables sont à proximité des lits quand ils ne sont pas sous l'oreiller, des rallonges courts de partout , des radio reveils sont sur les tables de nuit, les terres sont ou trop élevées ou inexistantes. Un gros pb existe entre EDF et les electriciens, aucune communication chacun reste dans son domaine sans vouloir se pencher sur les courants vagabonds qui existent tres souvent, les planchers chauffants, les courants parasites venant de l'exterieur, quand sera-t-il quand le linky sera là polluant plusieurs appartements ou maison à la fois? les therapies comportementales permettent à la personne EHS de retrouver une certaine sensibilité agréable sur l'instant mais sont inefficace lorsque le corps est irradié par les ondes de la wifi du voisin, du dect, du tel portable... le corps sensoriel réagit comme il peut par les courants " vagabonds " qui sont induits dans le corps. Je le redis il s'agit d'un problème de sensibilité périphérique et de physique des ondes. Le ressenti est de l'ordre de la physiologie et non du psychologique comme on le fait croire . les normes sont faites non pas pour le vivant mais pour l'économie. L'accumulation des CEM des uns et des autres destabilise nos corps cellulaires.	Le système neuro-végétatif et ses troubles fonctionnels - R. Caporossi	G	L'Anses prend note de ce témoignage et remercie son auteur

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Neyrand - Autre	8	<p>les habitations devraient etre des lieux sains à tt point de vue, il n'en est rien à notre époque! autre constat: de nombreux pays ont chez eux de plus en plus de personnes qui se declarent EHS que certains pays tel le Japon, l'Autriche , la Belgique, la Suisse , l' Allemagne y sont attentifs, je note que la Suede a des hopitaux équipés pour recevoir les EHS ce qui loin d'etre le cas en France où nous avons des situations tres delicate pour des soins d'importance(operation pour cancer, dialyse, operation diverses...), heureusement l' ARS demande à ce que une attention toute particuliere soit faite pour hospitalisés ces personnes.Par contre les medecins français sont totalement ignorants de ce que sont ces ondes, ils n'ont pas fait de physique et ne sont pas formés au ressenti du patient qu'ils classent d'office en psychologique. EN ce qui concerne les protections , le ressenti sera forcement subjectif car nous sommes tous un corps differents qui réagira differement selon son sexe, son terrain, son age, son histoire physiologique... certains seront protégés par tel ou tel tissu ou tel ou tel materiaux. Cela revient extremement cher mais quand il faut sauver sa vie on n'a pas d'autre choix que de payer ou de fuir ou de se suicider comme cela est deja arriver. Pour ma part, pour ma sante et celle de mes patients , j'ai du faire construire mon local professionnel dans mon jardin, celui ci est blindé au niveau du bati mais aussi au niveau des cables electriques. les patients EHS peuvent revenir se faire soigner chez moi. Et moi je ne subis plus la wifi du voisin et les AR de mon dernier local. Je vous invite à descendre dans la Drome pour venir echanger sur ce grave problème sanitaire dans mon local professionnel. Il ya urgence car plusieurs fois je recontre à mon cabinet ou par l'association poem des personnes intolerantes aux oem ou EHS qui vivent des situations intolerables et que personne n'aimerait vivre</p>		G	L'Anses prend note de ce témoignage et remercie son auteur
Ledent - Académique, recherche	8	<p>[Addendum commentaire envoyé: Article De Ridder & Braeckman, 2015] A partir de leurs expériences avec des patients électrosensibles, les chercheurs du Belgian BioElectroMagnetics Group (BBEMG) ont proposé des pistes à suivre face à un patient se posant des questions sur les effets sur la santé des champs électriques et magnétiques 50 Hz (De Ridder & Braeckman, 2015; Ledent et al., 2015).</p>	<p>De Ridder, M., Braeckman, L. 2015. "Electromagnetis che overgevoeligheid ". Tijdschrift voor geneeskunde 71(24):1623.</p>	B	Seuls les articles originaux publiés en langue française ou anglaise ont été analysés par le groupe de travail. L'article de De Ridder est écrit en néerlandais et la référence de Ledent est une revue qui ne traite pas spécifiquement de l'EHS.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	8	Il manque la référence à Mild KJ 2004 dans la bibliographie.		E	La correction a été apportée.
Kompetenzinitiative zum Schutz von Mensch, Umwelt und Demokratie - Association - ONG	8	Le traitement médical des EHS est resté "négatif pour la plupart", mais il s'occupe seulement des symptômes. Pas une seule étude vient d'être présentée, qui commence et maintient une déexposition totale - action la plus normale en médecine d'empêcher ce qui dérange - même s'il n'y a qu'un simple soupçon. Ca paraît d'autant plus imposé puisqu'il y a les exemples positives des EHS qui survivent dans les Zones Blanches. Il n'y a pas de guérison sans déexposition; le développement "positif" d'un EHS quelquefois constaté peut être trompeur: 1500 études russes qui ont contrôlé la vie des affectés pendant 20 ans démontrent qu'il s'agit d'une sorte d'apathie. Sans évaluation des ses études il ne peut pas exister une décision sur la maladie EHS.	Hecht; http://www.mobilfunkstudien.de/dokumentationen/g-i/hecht-auswertung-russ-studien.php (allemand; traduction anglais en train de paraître)	B	La référence fournie est en langue allemande, elle ne peut donc être prise en compte dans la bibliographie.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	8	A propos de Bergqvist et Vogel 1997, nous notons que « Quelques études suggèrent que certaines réponses physiologiques des sujets « EHS » ont tendance à être en dehors des normes. En particulier, les constatations d'une hyperréactivité du système nerveux central et d'un déséquilibre du système nerveux autonome demandent à être suivies en clinique et les résultats pour les individus pris comme indication d'un possible traitement. »		B	Ces recommandations n'ont été ni confirmées, ni infirmées par un nombre suffisant d'articles scientifiques.
	8.1	« Les E HS sont plus anxieux et déprimés... » : la cause'est justement parce que leurs souffrances physiques ne sont pas prises en compte, qu'ils sont victimes de déni, d'isolement, de réclusion, d'incompréhension et d'insécurité matérielle, insécurité quant à leur avenir etc. c'est une réaction normale de tout être humain dans une telle situation !		G	L'Anses prend note de l'expression communiquée et remercie son auteur.
Particulier	8.1	« Aucun traitement n'a été validé jusqu'à présent... » : mais il existe et est évident : supprimer la cause c'est-à-dire faire un sevrage électromagnétique, dans un endroit sans ondes. C'est le seul traitement valable		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Particulier	8.1	Tous les EHS et associations qui s'occupent des EHS disent que les thérapies cognitives et comportementales ne sont pas adaptées pour lutter contre l'EHS, et une « immersion durable dans la situation pathogène » est dangereuse car elle aggrave l'intolérance. Rappel : l'EHS n'est ni une phobie, ni une maladie psychiatrique !		B	En l'absence de traitement ou de thérapie reconnue, il est important d'étudier les différentes pistes disponibles.
Association – ONG	8.1	Aucune étude ne montre le bénéfice des TCC. Cependant page 38 on conclut que ces constatations maintiennent un intérêt pour les TCC !		E	La phrase en question a été reformulée.
Association – ONG	8.1	discrédit porté sur les convictions des malades EHS dans l'attribution de leurs symptômes aux ondes "croyances..." "cercle vicieux"...		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Association – ONG	8.1	On ne comprend pas comment avec des résultats aussi incomplets, les TCC peuvent être considérés comme efficaces pour les personnes EHS.		B	Cette remarque concerne l'interprétation des auteurs de l'article Rubin <i>et al.</i> , 2006.
THEVENIAU D - Association – ONG	8.1	Les TCC sont par nature fondées sur le fait que l'EHS est d'origine psychologique. Il s'agit donc d'un conditionnement qui ne peut absolument pas rendre compte de la réalité de l'EHS. Donc d'un effet nocebo à rebours !!! On peut comprendre des améliorations de ressentis du fait de ce conditionnement. Mais qui dit conditionnement dit bases de conditionnement et conditionneur. Les bases, dans le cas de l'EHS, sont tout à fait discutables puisqu'elles ne prennent pas en compte la réalité mais seulement le comportement des patients. On peut se demander s'il y a là une vraie approche médicale qui prenne le patient en considération. D'ailleurs l'efficacité reste, apparemment, faible et ne compte que pour certains patients ("pas de différences significatives sur les symptômes ressentis" Hillert L. et al. en cohérence avec les résultats d'Andersson B. et al. Il serait nécessaire que le rapport insiste sur cet aspect critique des TCC et n'offre pas par leur analyse une conclusion telle qu'elle impose une approche psychologique, sinon psychiatrique, de l'EHS.		B	La possible efficacité des TCC ne préjuge pas de l'origine des symptômes.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	8	les TCC sont souvent présentées comme LA solution par les partisans de l'hypothèse psychogène. Au vu des résultats des études rapportées et du manque de dynamisme de la recherche en ce sens, on peut en douter... Les TCC semblent basées sur l'idée de remettre en cause/reprogrammer les valeurs propres du patient. A noter que dans le cas d'autres maladies inexplicables, les TCC se sont révélées inefficaces voire même délétères pour les patients (voit Twick et Maes 2009). voir nos remarques sur le nocebo p 198, notamment le risque d'effet nocebo lié à une prise en charge médicale inadéquate (Greville-Harris 2014). Il serait sans doute souhaitable de valider l'expérience des malades, comme le suggère Hagström 2013, puisqu'un certain nombre arrive à stabiliser voire améliorer sa condition, notamment pour sortir de la phase aiguë d'EHS. A noter également, qu'il serait souhaitable, pour évaluer les bénéfices thérapeutiques, de mettre en place des protocoles (design) d'études cliniques complexes étant donné que c'est manifestement la combinaison de plusieurs choses qui permet au patient d'aller mieux (réduction des expositions + rétablissement du terrain + thérapies manuelles/corporelles + mode de vie).	Twick FN, Maes M. A review on cognitive behavioral therapy (CBT) and graded exercise therapy (GET) in myalgic encephalomyelitis (ME)/ chronic fatigue syndrome (CFS): CBT/GET is not only ineffective and not evidence-based, but also potentially harmful for many patients with ME/CFS. <i>Neuro Endocrinol Lett.</i> 2009;30(3):284-99. Review. Greville-Harris M, Dieppe P. Bad is more powerful than good: the nocebo response in	E	L'article Twisk <i>et al.</i> , 2009 est une revue générale non spécifique de l'EHS. L'analyse de l'article Greville- Harris et al., 2015 a été intégrée au paragraphe 7.7.1 consacré à l'effet nocebo.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	8.2	L'académie européenne de médecine environnementale Europaem a établi une directive en 2016 : https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/reveh.2016.31.issue-3/reveh-2016-0011/reveh-2016-0011.xml	Belyaev I, Dean A, Eger H, Hubmann G, Jandrisovits R, Kern M, Kundi M, Moshammer H, Lercher P, Müller K, Oberfeld G, Ohnsorge P	B	Une analyse de l'article Belyaev et al., 2016 a été intégrée au chapitre 3.5.1. Par ailleurs, les propositions de prise en charge des personnes EHS décrites dans cet article reposent sur des interprétations excessives des données scientifiques.
TAYOL - Association - ONG	8.2	L'association SOSMCS souhaite à l'exemple de la Suisse, la mise en place d'une plate forme téléphonique (réseau de médecins environnementale) dédiée aux EHS et MCS.		D	Ce point fait l'objet d'une recommandation.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ledent - Académie, recherche	8.2	... s'est progressivement élargit (-> s'élargit progressivement) aux radiofréquences et basses fréquences. [...] A partir de leurs expériences avec des patients électrosensibles, les chercheurs du Belgian BioElectroMagnetics Group (BBEMG) ont proposé des pistes à suivre face à un patient se posant des questions sur les effets sur la santé des champs électriques et magnétiques 50 Hz (Ledent et al., 2015). Les chercheurs se déplacent également au domicile des personnes se déclarant EHS qui en font la demande afin de réaliser des mesures ponctuelles des champs 50 Hz.	Ledent, M., Beauvois, V., Demaret, I., Asseau, M., Scantamburlo, G., 2015. "Champs électriques et magnétiques 50 Hz et santé : quel message au grand public ?" Rev Med Liège 70 (4):172.	E	La phrase a été reformulée. L'article de Ledent est une revue générale qui ne traite pas spécifiquement sur l'EHS.
THEVENIAU D - Association - ONG	8.2	Méthodologiquement, on voit mal le lien entre les données relatives à la population EHS par la simple évocation du nombre d'adhérents à des associations (Finlande et Norvège). La comparaison entre le nombre d'adhérents et la population générale n'a aucun sens méthodologique mais peut faire penser, par contre que le nombre de personnes se disant EHS est ridiculement faible. L'effet pervers d'une telle approche paraît net.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	8	l'initiative belge des SAMI, élargie à la question des CEM semble très intéressante.		G	L'Anses prend note de l'expression communiquée et remercie son auteur.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	8.2	projet pilote suisse, articulé autour d'une plate-forme téléphonique : c'est entre autre ce que nous revendiquons (SOS EHS pour informer / orienter les patients) mais il ne s'agit pas d'expliquer aux gens que c'est tout sauf les CEM !!		B	La consultation publique ne portait pas sur les recommandations.
Association - ONG	8.2	Il est choquant de répercuter avec autant de complaisance une opinion comme celle-ci : que la négation de l'hypothèse de causalité de son mal peut soulager le malade. Il ne faut pas laisser le doute s'instaurer sur le rôle des ondes dans les souffrances, car cela renforce l'attention que le patient y prête et entraîner plus de dommages que de bénéfice à long terme. Depuis quand est-il utile de mentir au malade, de lui cacher la vérité ou d'affirmer là où il y a incertitude, sur les causes de son mal ?		B	Ce paragraphe présente l'étude Rösli et al., 2011 qui analyse l'opinion de médecins suisses .

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	8.2	Suisse : « Les médecins du réseau ont avancé l'idée que nier (volontairement, même sans certitude) la causalité pourrait, dans certains cas, soulager les patients. » C'est un peu fort et pas vraiment scientifique! Ont-ils envisagé que laisser les patients EHS s'exposer pourrait peut-être aggraver leur cas ?		B	Cf. réponse au commentaire n° 106.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	8.2	« Les médecins du réseau ont avancé l'idée que nier (volontairement, même sans certitude) la causalité pourrait, dans certains cas, soulager les patients. » ou l'inverse... (cf Greville-Harris 2014).	Greville-Harris M, Dieppe P. Bad is more powerful than good: the nocebo response	B	Cf. réponse au commentaire n° 106. L'article de Greville-Harris et Dieppe est analysé dans le nouveau chapitre 7.7 entièrement consacré à l'effet nocebo.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	8.2	Comment l'Allemagne peut-elle déclarer un sujet « à bas bruit » alors que la prévalence de l'EHS sévère en Allemagne serait de 1 à 2% et 9-10% de la population se dit impactée !? On rejoint tout à fait les chiffres de Taïwan. Se baser sur les chiffres des membres d'association pour évaluer la prévalence est à peu près aussi fiable que de recenser le nombre d'adhérents à des partis politiques pour évaluer le nombre de votants...		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Particulier	8.3	Les EHS mettre en place « des stratégies d'évitement » pour ne pas aggraver leurs symptômes, mais souvent, cela n'est pas possible : logement en immeuble, impossibilité de tout blinder, manque de moyens, manque d'information, impossibilité de déménager...		G	L'Anses prend note de cette expression et remercie son auteur.
Ballet - Association – ONG	8.3	Une cage de Faraday découple complètement les champs électriques statiques interne et externe à la cage. Ce n'est pas vrai pour les champs électromagnétiques variables. « In electrostatics-but not in varying fields- the fields on the two sides of a closed conducting shell are completely independent. » (1) Ceci explique qu'une cage de Faraday (en métal plein ou grille, ou voile) apporte une amélioration (diminution du cem à l'intérieur de la cage) mais n'est jamais complètement satisfaisante.	(1) The Feynman Lectures on Physics Volume II p5-9. Addison-Wesley	A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	8.3	Hagström 2012 ne concerne pas les protections vestimentaires mais la réduction des expositions liées à l'usage d'ordinateurs permettant à des EHS de s'en servir de nouveau. Voir aussi les résultats de mesures d'assainissement électromagnétiques chez Ericsson en biblio complémentaire.	Sandell 1993 - Överkänslig het i arbetsmiljön. Ett företags hantering av nya	E	La référence Hagström 2012 a été déplacée dans la phrase.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	8.3	N'y a-t-il pas un problème à mettre un tissu conducteur en contact avec le corps ?		B	Les conséquences du contact de tissus incluant des fils métalliques avec le corps (risque d'allergie, etc.) ne rentrent pas dans le champ de l'étude.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	8.3	Nous notons avec intérêt le résultat de l'étude du CSTB. A mettre plus en valeur, voir nos propositions de plan au chapitre 3.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Ballet - Association – ONG	8.2	les conditions de tests des matériaux de protection sont souvent très peu précises. Par exemple, il n'est pas indiqué si les ondes mentionnées aux différentes fréquences sont continues ou pulsées. La bande de fréquence mentionnée entre 700 MHz et 6 GHz ignore la bande de fréquences réservée au TETRA (un peu en-dessous de 400 MHz).		B	Les conditions de test sont des conditions standard de mesures en laboratoire. L'aspect impulsif ou non dans la bande testée ne joue pas.
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	8.3	Satisfaction de voir que, pour la première fois à notre connaissance, des essais ont été menés vis-à-vis de la problématique des faisceaux hertziens.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
	8.3	"Les salariés peuvent être protégés en utilisant un tissu de protection (...)travaillé comme un tissu classique(vêtements, rideaux)(...) intéressant pour les émissions (...) de 27, 434, 915 et 2450 Mhz.	" Champs électrique s Champs magnétiq ues Ondes électroma gnétiques Guide 2	G	L'Anses prend note de l'expression formulée et remercie son auteur.
	8.3	Les espaces non couverts par la téléphonie mobile le sont souvent par la téléphonie fixe qui utilise les HF aussi, mais pas seulement : l'Anfr attribue les fréquences à la communication électronique, au Ministère de l'Intérieur etc. Rapport 2014: "(...)usage partagé de la bande UHF par la télévision et les microphones sans fils, usage partagé de certaines bandes affectées à la Défense avec des appareils civils de faible portée, cohabitation du Wifi et des radars de la météorologie et de la défense, cohabitation entre catégories d'appareils de faible puissance ou bien encore partage temporel avec les autorisations temporaires lors de grands évènements notamment."	ANFR http://www.anfr.fr/fileadmin/n/mediatheque/documents/organisation/rapport-gestion-dynamique-spectre-2014-06-30.pdf paragraphe 6.2 page 40	A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Gabay - Entreprise ou fédération d'entreprises	8.3	Au lieu de "deux opérateurs", il convient d'indiquer "trois opérateurs" étant donné qu'il y a quatre opérateurs mobiles en France		D	La précision a été apportée.
Ballet - Association – ONG	8.3	La problématique de mise à la terre n'est pas claire. La cage de Faraday n'est pas censée apporter une diminution du champ magnétique 50 Hz.(mais bien du champ électrique). Un matériau conducteur pourrait-il d'une façon ou d'une autre « démoduler » les bursts ???		B	La démodulation des signaux modulés à des fréquences élevées requiert des technologies et/ou caractéristiques physiques de matériaux très particulières. Les matériaux en question ne sont pas concernés.
Particulier	8.3	« Pour ceux qui souhaitent réduire leur exposition... » :Ce n'est pas un « souhait », il s'agit d'une nécessité vitale !		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Particulier	8.3	À cause de la pollution électromagnétique très importante dans les hôpitaux, les EHS n'ont pas le droit d'accès à des soins médicaux quand cela est nécessaire, ce qui s'apparente à de la non assistance à personne en danger. Des préconisations doivent être faites pour une prise en charge médicale adaptée, c'est-à-dire avec des lieux de consultation sans ondes et la création de « chambres blanches » dans des hôpitaux, comme en Suède.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Particulier	8.3	Ces préconisations : « immeubles dédiés aux E HS », sont largement insuffisantes : en effet, les zones blanches sont vouées à disparaître et les expositions aux ondes électromagnétiques sont de plus en plus intenses : 4G, 5G, compteur Linky etc...., il devient de plus en plus difficile pour les EHS de vivre sans souffrir des ondes, d'où la nécessité de préserver des zones refuges d'urgence avec un faible niveau de rayonnement garanti. Cela est techniquement possible sans empêcher l'accès à Internet et aux téléphones portables des habitants aux alentours. Ces zones sont indispensables pour secourir les EHS ayant atteint une sensibilité extrême. Une zone blanche par département nécessaire		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Kompetenzinitiative zum Schutz von Mensch, Umwelt und Demokratie - Association – ONG	8.3	La solution d'immeubles dédiés à la protection des EHS est envisageable comme détail, en plus il faudrait des bâtiments publiques et des bus et des trains avec des compartiments abrités. Mais tout ca ne suffirait pas sans espaces libres dans la nature. Il est donc bien clair qu'il faudra des zones totalement "blanches", d'autant plus parce que une protection des constructions en face du niveau d'émission toujours plus élevé n'est pas possible (au prix raisonable!)- surtout pas pour des milliers de personnes.Ceux-ci ne veulent pas se sentir en outre toujours emprisonnées dans les murs de certains bâtiments. Sous le titre de prévention il faudra en plus des zones d'habitation avec des expositions limitées au dehors sans pénétration de la radiation dans les logements ("couverture indoor" prévue par les habitants eux-mêmes et non plus forcément du dehors)(voir le travail de Budzinski/Kühling 2015).	Budzinski/Kühling, "Mobilfunkfreie "Weiße Zonen" - irreal oder rechtlich geboten? ("Zones Blanches";), NVwZ 2015, p.1410/1415 (VI, 4): http://kompetenzinitiative.net/KIT/KITag/bernd-i-budzinski/ (suivra aussi en français avec pdf en mail) En outre concernant la	A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
CALAIS - Particulier	8.3	<p>La partie 8.3.2. sur les zones blanches manque cruellement d'analyse et de documentation sur deux points. Tout d'abord, d'où vient votre affirmation sur "la demande de la population" (8.3.2.3., ligne 28) et quelles sont vos données ? Vous semblez dire que la demande de la population concerne la couverture de téléphonie mobile sur tout le territoire, mais vous n'évoquez pas la demande des populations pour le maintien d'une ou plusieurs zones blanches sur le territoire. Les associations de malades auront des chiffres à vous donner concernant les demandes des malades pour une zone blanche où effectuer des cures ou bien où s'installer pour revenir à une vie normale, sans symptômes invalidants. La présence de zones blanches en France, pour lesquelles les riverains ne souhaitent pas de couverture réseau, est rare mais elle existe et est un véritable atout : ces zones pourraient être dynamisées à moindre coût (sans installation de coûteuses infrastructures réseau) justement par leur caractère de zone blanche, avec la création de structures d'accueil de "tourisme déconnecté" pouvant accueillir les malades EHS et le grand public en quête de nouvelles expériences et de bien-être, dans une démarche entrepreneuriale innovante en termes d'aménagement des territoires. Une telle démarche de protection d'une ou plusieurs zones blanches ferait de la France une pionnière dans ce domaine, promouvant une nouvelle forme de tourisme tout en offrant une solution à une catégorie de citoyens en souffrant, hors zones blanches, de symptômes invalidants conduisant à un isolement social et professionnel. La solution que vous présentez très sommairement lignes 33-34 du même paragraphe, à savoir la mise en place d'immeubles blindés, est nécessaire mais non suffisante. Elle permettrait certes aux populations EHS de vivre en intérieur, mais pas de sortir de cette habitation si l'extérieur n'est pas protégé des ondes électromagnétiques... De plus, leur coût est pour l'instant élevé, alors qu'une sauvegarde de plusieurs zones blanches et leur transformation en zones de tourisme déconnectées se ferait à moindres coûts (pas d'installation de réseau de téléphonie mobile) et avec des retombées économiques positives. De plus, les zones blanches pourraient être sauvegardées à des fins de recherche scientifique, étant donné qu'elles offrent des conditions exceptionnelles de recherche sur population EHS.</p>		C	L'Anses prend note de cette expression. La première phrase du paragraphe a été reformulée.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Association – ONG	10	<p>Nécessité de révision des normes d'exposition aux CEM en France (recommandations ICNIRP clairement obsolètes) comme des modes de calculs du DAS, et de le systématiser pour tous les appareillages radioélectriques utilisant des technologies sans fils. Décrets de la loi Abeille indispensables pour une réelle application Nécessaire information systématique des précautions à prendre pour limiter les expositions, tout particulièrement dans les lieux accueillant des personnes sensibles ou des enfants en bas âge. Nécessité de conserver des lieux hors connexions sans-fils, des zones blanches, et de même dans les TC et dans les lieux médicalisés De favoriser pour ne pas dire de systématiser les connexions filaires (fibres optiques, ADSL etc.) De limiter la Wi-Fi dans les lieux publics et tout particulièrement ceux utilisés par les enfants dans les établissements scolaires et d'accueil de la petite enfance ; mais aussi dans les secteurs médico-social et hospitalier. De mettre en éveil le milieu enseignant des recours systématiques à des liaisons Wi -Fi pour des travaux d'élèves sans veiller à l'arrêt de la box lorsqu'elle n'est plus utile. De sensibiliser les secteurs petite enfance à l'utilisation des babyphones et DECT dans ces milieux fragiles De ne pas systématiser les connexions Wi-Fi dans les lieux de tourisme empêchant les personnes malades d'y avoir accès. L'EHS étant reconnue en France comme un handicap ces symptômes méritent une meilleure connaissance et prise en charge des autorités administratives en particulier CNAM, ARS, MDPH , médecins du travail : les premiers en contact avec les travailleurs exposés aux CEM (basses et hautes fréquences) et qui peuvent dans la mesure du possible envisager des aménagements de postes.</p>		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses. La consultation publique ne portait pas sur les recommandations.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Entreprise ou fédération d'entreprises	11	<p>Nous voudrions attirer votre attention sur 5 études sur le sujet de hypersensibilité électromagnétique qui ne semblent pas prises en compte dans le rapport actuel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Andrianome, S et al., Disturbed sleep in individuals with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF): Melatonin assessment as a biological marker, <i>Bioelectromagnetics.</i>, (2016) 37:175-182 DOI: 10.1002/bem.21965 • Del Signore, A et al., Combined effects of traffic and electromagnetic fields on the immune system of fertile atopic women, <i>Ind Health</i>, (2000) 38:294-300 • Dömötör, Z et al., Dispositional aspects of body focus and idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF), <i>Scand J Psychol.</i>, (2016) 57:136-143 DOI: 10.1111/sjop.12271 • Flodin, U et al. Provocation of electric hypersensitivity under everyday conditions, <i>Scand. J. Work Environ. Health</i>, (2000) 26:93-98 • Schrottner, J et al. Investigation of electric current perception thresholds of different EHS groups, <i>Bioelectromagnetics.</i> (2007) 28:208-213 DOI: 10.1002/bem.20294 	<p>Andrianome, S et al., Disturbed sleep in individuals with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF): Melatonin assessment as a biological marker, <i>Bioelectromagnetics.</i>, (2016) 37:175-182 DOI: 10.1002/bem.21965</p>	D	<p>L'analyse de l'étude Andrianome <i>et al.</i>, 2016 a été intégrée au chapitre 6.1.3. du rapport d'expertise.</p>

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Entreprise ou fédération d'entreprises	11	<p>Nous voudrions attirer votre attention sur 5 études sur le sujet de hypersensibilité électromagnétique qui ne semblent pas prises en compte dans le rapport actuel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Andrianome, S et al., Disturbed sleep in individuals with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF): Melatonin assessment as a biological marker, <i>Bioelectromagnetics.</i>, (2016) 37:175-182 DOI: 10.1002/bem.21965 • Del Signore, A et al., Combined effects of traffic and electromagnetic fields on the immune system of fertile atopic women, <i>Ind Health</i>, (2000) 38:294-300 • Dömötör, Z et al., Dispositional aspects of body focus and idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF), <i>Scand J Psychol.</i>, (2016) 57:136-143 DOI: 10.1111/sjop.12271 • Flodin, U et al. Provocation of electric hypersensitivity under everyday conditions, <i>Scand. J. Work Environ. Health</i>, (2000) 26:93-98 • Schrottner, J et al. Investigation of electric current perception thresholds of different EHS groups, <i>Bioelectromagnetics.</i> (2007) 28:208-213 DOI: 10.1002/bem.20294 		D	Le groupe de travail a pris connaissance de l'étude de Del Signore <i>et al.</i> , 2000 , qui n'implique pas de modification du rapport car cette étude ne traite pas spécifiquement de l'EHS

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Entreprise ou fédération d'entreprises	11	<p>Nous voudrions attirer votre attention sur 5 études sur le sujet de hypersensibilité électromagnétique qui ne semblent pas prises en compte dans le rapport actuel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Andrianome, S et al., Disturbed sleep in individuals with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF): Melatonin assessment as a biological marker, <i>Bioelectromagnetics.</i>, (2016) 37:175-182 DOI: 10.1002/bem.21965 • Del Signore, A et al., Combined effects of traffic and electromagnetic fields on the immune system of fertile atopic women, <i>Ind Health</i>, (2000) 38:294-300 • Dömötör, Z et al., Dispositional aspects of body focus and idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF), <i>Scand J Psychol.</i>, (2016) 57:136-143 DOI: 10.1111/sjop.12271 • Flodin, U et al. Provocation of electric hypersensitivity under everyday conditions, <i>Scand. J. Work Environ. Health</i>, (2000) 26:93-98 • Schrottner, J et al. Investigation of electric current perception thresholds of different EHS groups, <i>Bioelectromagnetics.</i> (2007) 28:208-213 DOI: 10.1002/bem.20294 	<p>Dömötör, Z et al., Dispositional aspects of body focus and idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF), <i>Scand J Psychol.</i>, (2016) 57:136-143 DOI: 10.1111/sjop.12271</p>	D	L'analyse de l'étude Dömötör <i>et al.</i> , 2016 a été intégrée au chapitre 6.2.1.1 du rapport d'expertise.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Entreprise ou fédération d'entreprises	11	<p>Nous voudrions attirer votre attention sur 5 études sur le sujet de hypersensibilité électromagnétique qui ne semblent pas prises en compte dans le rapport actuel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Andrianome, S et al., Disturbed sleep in individuals with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF): Melatonin assessment as a biological marker, <i>Bioelectromagnetics.</i>, (2016) 37:175-182 DOI: 10.1002/bem.21965 • Del Signore, A et al., Combined effects of traffic and electromagnetic fields on the immune system of fertile atopic women, <i>Ind Health</i>, (2000) 38:294-300 • Dömötör, Z et al., Dispositional aspects of body focus and idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF), <i>Scand J Psychol.</i>, (2016) 57:136-143 DOI: 10.1111/sjop.12271 • Flodin, U et al. Provocation of electric hypersensitivity under everyday conditions, <i>Scand. J. Work Environ. Health</i>, (2000) 26:93-98 • Schrottner, J et al. Investigation of electric current perception thresholds of different EHS groups, <i>Bioelectromagnetics.</i> (2007) 28:208-213 DOI: 10.1002/bem.20294 	Flodin, U et al. Provocation of electric hypersensitivity under everyday conditions, <i>Scand. J. Work Environ. Health</i> , (2000) 26:93-98	D	L'analyse de l'étude Flodin et al., 2000 a été intégrée au chapitre 6.2.1.1 du rapport d'expertise.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Entreprise ou fédération d'entreprises	11	<p>Nous voudrions attirer votre attention sur 5 études sur le sujet de hypersensibilité électromagnétique qui ne semblent pas prises en compte dans le rapport actuel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Andrianome, S et al., Disturbed sleep in individuals with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF): Melatonin assessment as a biological marker, <i>Bioelectromagnetics.</i>, (2016) 37:175-182 DOI: 10.1002/bem.21965 • Del Signore, A et al., Combined effects of traffic and electromagnetic fields on the immune system of fertile atopic women, <i>Ind Health</i>, (2000) 38:294-300 • Dömötör, Z et al., Dispositional aspects of body focus and idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF), <i>Scand J Psychol.</i>, (2016) 57:136-143 DOI: 10.1111/sjop.12271 • Flodin, U et al. Provocation of electric hypersensitivity under everyday conditions, <i>Scand. J. Work Environ. Health</i>, (2000) 26:93-98 • Schrottner, J et al. Investigation of electric current perception thresholds of different EHS groups, <i>Bioelectromagnetics.</i> (2007) 28:208-213 DOI: 10.1002/bem.20294 	Schrottner, J et al. Investigation of electric current perception thresholds of different EHS groups, <i>Bioelectromagnetics.</i> (2007) 28:208-213 DOI: 10.1002/bem.20294	D	L'analyse de l'étude Schrottner <i>et al.</i> , 2007 a été intégrée au chapitre 6.2.1.2.2 du rapport d'expertise.
Particulier	Annexes	Les symptômes sont multiples car les ondes électromagnétiques provoquent des anomalies cliniques diverses : formes migraineuses, sensitives, ophtalmiques, ORL, pseudo ebrieuses, myalgiques, arthritiques, dermatologiques, cardiaques, neurologiques, fatigue chronique. Le tableau clinique regroupe donc une multitude de symptômes, mais il existe bien !		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Ballet - Association - ONG	Annexes	Annexe 1 Il manque à la liste des symptômes : hyper- ou hypotension artérielle ; tachy (ou bradycardie) ou arythmie ; douleurs dans la poitrine (serrements, tiraillements) mais on retrouve ces symptômes (ou des analogues) plus loin dans le tableau 11 p253; pas de distinction entre exposition à mobile ou station base ; on ne sait pas si les EHS sont utilisateurs de mobiles ou y ont renoncé.		B	Ce tableau, qui figure désormais en annexe 2, présente à titre d'exemple les données publiées dans 5 articles classiques et ne prétend pas être exhaustif.
Ballet - Association - ONG	Annexes	point 64 :les EHS se plaignent plus souvent de sifflements « dans la tête » ou non localisables que dans l'oreille.		B	Ce tableau, qui figure désormais en annexe 2, présente à titre d'exemple les données publiées dans 5 articles classiques et ne prétend pas être exhaustif.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	Annexes	L'indication d'effets indésirables sur la notice d'un médicament augmente-t-il le risque d'événements indésirables ou cela ne favorise-t-il pas plutôt leur déclaration ?		B	Certaines études suggèrent l'existence d'un lien entre l'information donnée aux patients et le risque de survenue d'événements indésirables. Par contre, il n'y a pas de données généralisables indiquant que cette information augmente la notification des effets indésirables. Le paragraphe consacré à l'effet nocebo a été déplacé au chapitre 7.7.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	Annexes	Que valent des études de provocation dont le sham n'est pas un vrai sham (cf Rubin – MTHR) ???		B	Le biais inhérent aux études dans lesquelles les volontaires sont leur propre témoin (<i>sham</i>) est généralement pris en compte dans les études. Le paragraphe sur l'effet nocebo a été déplacé au chapitre 7.7.
Ballet - Association - ONG	Annexes	les ondes de téléphonie mobile sont décimétriques (33cm en 900 MHz, la moitié en 1800 MHz, environ 70 cm en TETRA...). La 4G utilise plusieurs groupes de fréquence.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	Annexes	Si ce sujet est une préoccupation majeure que nous avons soulevée à de nombreuses reprises, notamment lors des réunions du comité de dialogue, nous ne comprenons pas l'intérêt de le développer dans un rapport consacré à l'EHS. Ceci étant dit, sa lecture soulève les demandes de précisions ponctuelles suivantes : Effet de peau : quel est l'effet d'une mise à la terre ou au contraire d'une isolation ? Quid des effets de résonance (cf notion apparaissant dans le rapport RF et enfants mais pas dans le rapport de 2013) L'effet de stimulation des nerfs et muscles est-il lié à un phénomène thermique ? N'est-ce pas un phénomène lié à la différence de potentiel électrique ? Plutôt que d'effets thermiques, ne faudrait-il pas plutôt parler des propriétés diélectriques et des conséquences sur le vivant : chaleur/dissipation/régulation ; courants et induction induits / perturbation des flux d'ions, membranes, impacts sur les matériaux magnétiques de l'organisme (ex. hémoglobine...). Il est bien connu que les travailleurs sont libres de maîtriser leur durée d'exposition et la connaissent sur le bout des doigts. Cela interroge les facteurs dits « de sécurité ». La courbe (figure 20) est bizarre, elle ne semble pas correspondre au texte / valeurs en Hz.		B	Le rappel en annexe des valeurs limites d'exposition aux champs électromagnétiques et des recommandations pour limiter cette exposition est utile à une bonne approche de l'EHS.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
LAMY - Particulier	Annexes	<p>I.1 Effets indirects Dans le cas d'installations à courant alternatif de fortes intensités, les courants électriques induits sur les objets conducteurs (clôtures mais aussi câbles de garde de lignes THT, proximité des raccordements, souterrain aux réseaux Transport et distribution des productions issues des d'installations éoliennes terrestres ou maritimes, proximité des câbles souterrain de fort transit, colonnes montantes, etc.....) qui peuvent atteindre plusieurs dizaines d'ampères, donc générant des champs magnétiques conséquents, ne sont soumis à aucune réglementation. Ils ne sont donc ni limités, ni intégrés lors de la conception et de la réalisation des installations électrique de forte puissance. Ces courants, que je qualifie de Pollutions Electromagnétiques Induites (PEI), deviennent des courants parasites que l'on doit considérer comme des déchets, avec possibilité de risques sanitaires et environnementaux (corrosion, migraines et autres maux ressentis mais souvent ignorés car inexplicables en se référant aux seules réglementations en vigueur). Ils sont injectés de façon aléatoire sans contrôle dans des environnements fluctuants sans tenir compte des installations de proximité comme par exemple les réseaux d'eau, installations d'arrosages, etc... L'augmentation des puissances transportées met en évidence des nuisances jusqu'ici négligeables. Il est à retenir que ces effets sont souvent permanents contrairement aux effets presque similaires pour les installations ferroviaires qui elles sont réglementées. La prise en compte de ces phénomènes est inéluctable et comme tous les déchets il est urgent de mettre en place une réglementation si possible valorisante. Merci pour cette possibilité d'expression.</p>		G	L'Anses prend note de l'expression formulée et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
LAMY - Particulier	Annexes	<p>Suite du 31/07/16 sujet, « Absence de réglementation sur les courants induits, les effets éventuels sur la Santé et l'Environnement » Alerte sur l'absence de réglementation, participation Enquête publique (EP 16000019/59) Reconstruction ligne THT 400Kv entre Avelin (Nord) et Gavrelle (P de C). J'ai tenté d'attirer l'attention de la Commission d'Enquête (rapport EP page 72 réf. N°5) sur erreur ou inexactitude dans la présentation du Projet par RTE il est indiqué que « les Câbles de garde ne transportent pas de courant ; ils... la foudre ... » (rapport EP : page 12, lig. 17-20). Cette inexactitude, autorise le concepteur du projet à ignorer, règlementairement (rapport EP page 44 lignes 17/18), la présence et l'importance de courants induits, leur élimination ou dispersion sauf pour la société Air Liquide (rapport EP page 47 lignes 1 à 3), en l'absence d'étude sur les contraintes d'induction de conduction les canalisations existantes. Le concepteur, en l'absence de réglementations et de normes, (rapport EP page 47 lignes 17/18) ne remet pas en cause des infrastructures à l'origine des courants induits. En ne retenant (conclusions et avis n°1 du 10/06/16 pages 37 et 38), comme justificatif concernant les câbles de garde, que la comparaison entre les pylônes F44 et le pylône « Equilibre » la Commission et RTE reconnaissent implicitement la présence de courants induits dans les câbles de garde de façon générale y compris dans les ouvrages en exploitation. La Commission et RTE donnent les procédures de calcul et admettent que les courants induits dans les câbles de garde sont de l'ordre de 5% du transit de l'ouvrage soit, pour les pylônes « Equilibre » de 32,1A et pour les pylônes F44 de 34.8A ce qui est différent des hypothèses communément admises considérées comme négligeables. Le pré-rapport d'expertise n'abordant pas du tout ce sujet dans les effets indirects j'ai glissé des commentaires qui retiendront l'attention des experts qui comme le note la Commission d'enquête et RTE (conclusions et avis n°1 pages 40/41) recevables basés sur une observation, personnelle, évolutive de plusieurs dizaines d'années. En conclusion : les risques de Pollutions Electromagnétiques Induites (PEI) ne concernent pas que les lignes aériennes THT, mais aussi les installations à courant alternatif de forte puissance générant des champs magnétiques importants et construites, sans normes ni réglementations, à la discrétion des concepteurs.</p>	<p>Enquête Publique</p> <p>Enquête Publique (EP 16000019/59) conclusions et avis n°1 Edition 10 juin 2016. (EP 16000019/59) DUP Rapport d'Enquête Publique Unique</p>	G	L'Anses prend note de l'expression formulée et remercie son auteur.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	Annexes	Figure 19. La pénétration dans le corps humain n'est pas homogène mais dépend du « tissu » : peau, os, muscle, matière grise ou blanche pour le cerveau ... Voir le schéma repris par Frey (1) dans une autre publication (2) : »FIG 5 Microwave power distribution in the forehead model neglecting resonance effects and considering only first reflections. » et aussi les modélisations plus approfondies de Joines (3) : « Of particular interest is a broad relative absorption peak near 2.1 GHz. that does not appear for the homogeneous skull model»	(1)Frey, Allan H. Human auditory system response to modulated electromagnetic energy. General Electric Advanced Electronics Center. Cornell University.	A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Ballet - Association – ONG	Annexes	seuls effets thermiques : c'est la position « officielle » très contestée. Par contre de nombreux effets biologiques non thermiques sont recensés dans la littérature. La RMN fonctionne grâce aux propriétés magnétiques (quantiques) des protons, pas aux effets thermiques !		E	La phrase concernée a été reformulée.
STAEBLER - Autre	Annexes	phrase incorrecte à propos des effets des CEM : "Il s'agit essentiellement d'effets thermiques dus aux champs de fortes intensités." alors que la phrase suivante distingue la stimulation 'effet athermique' et l'élévation en température 'effet thermique'. Propositions : "Il s'agit essentiellement d'effets biologiques directs dus aux CEM de fortes intensités" ou "Des effets athermiques et des effets thermiques peuvent se produire lors d'une exposition à un champs de forte intensité."	Exemples : Directive 2013/35/UE : article 2 "Définitions" Guide ICNIRP 1998 : "Fondements biologiques de la limitation de l'exposition"	E	La phrase a été reformulée en conséquence.
Ballet - Association – ONG	Annexes	tableau 12: champ magnétique statique->induction de courant (plutôt que de champ électrique ?) Les champs électrique et magnétique statiques sont découplés.		C	Ce tableau synthétise les informations fournies par l'Icnirp dans ses lignes directrices. La traduction de la case commentée du tableau a été améliorée (ajout de "en mouvement"). Le champ magnétique statique, en modifiant la distribution des charges en mouvement (circulation sanguine par exemple), provoque l'induction de champ électrique.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	Annexes	tableau : Onde de propagation thermoacoustique pour des impulsions < 30 µs, de 300 MHz à 6 GHz : Provient d'une ancienne étude de Frey (déjà citée) interprétée par Elder et Chou (1). Frey renie cette interprétation et postule une « interaction directe » avec le système nerveux. Ces impulsions provoquent chez certains sujets du « microwave hearing » (audition de sifflements, etc., assimilés aujourd'hui à des acouphènes). Le terme « troubles de l'audition » n'est pas très adéquat. Les durées des bursts des stations de base des communications mobiles sont de durée de 500 micro-sec à 1 msec environ.	(1) J.A. Elder and C.K. Chou. Auditory response to Pulsed Radiofrequency Energy. Motorola Florida Research Laboratories: Bioelectromagnetics Supplement 6 :S162-S173 (2003)	B	L'information commentée est reprise de la publication de l'Icnirp "Icnirp Statement General Approach To Protection Against Non - Ionizing Radiation Published In : Health Physics 82(4):540 - 548; 2002".
Ballet - Association – ONG	Annexes	D_é_b_i_t_d'_a_b_s_o_r_p_t_i_o_n_s_p_é_c_i_f_i_q_u_e_(DAS ou S_A_R)_ : Provient d'un modèle ultra-rudimentaire du corps humain : un sac d'eau salée !		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Ballet - Association – ONG	Annexes	Les molécules qui constituent notre organisme peuvent aussi être neutres avec des moments dipolaires électriques (notamment des protéines)		G	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Ballet - Association – ONG	Annexes	l'onde « acoustique » qui se propage dans le liquide céphalo-rachidien n'est pas unanimement acceptée. Elle est présentée dans (1) (« most likely »,) qui contient quelques bizarreries. Les implants cochléaires envoient des signaux électriques (des pulses) au nerf auditif, les implants du tronc cérébral envoient aux neurones du noyau cochléaire, ils n'utilisent pas d'ondes acoustiques.	(1) Ronald L. Seaman. Transmission of microwave-induced intracranial sound to the inner ear is most likely	B	Ce commentaire ne s'adresse pas au travail d'expertise produit par l'Anses. Cette annexe synthétise les publications de l'Icnirp, elle est fournie à titre informatif.
Ballet - Association – ONG	Annexes	Les résultats obtenus sur des cellules in-vitro ne sont pas retenus par l'Icnirp. Ils ne sont pas suffisants, mais pourraient constituer des alertes menant à des recherches complémentaires in vivo !		B	Ce commentaire ne s'adresse pas au travail d'expertise produit par l'Anses. Cette annexe synthétise les publications de l'Icnirp, elle est fournie à titre informatif.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Ballet - Association – ONG	Annexes	Des effets sur les cellules nerveuses in vitro sont tout de même observés par (Saunders et Jefferys, 2007) Des effets cognitifs ont été observés sur les enfants riverains d'émetteurs radio (1) : "Motor function, memory and attention significantly differed between the exposed and control groups. Children living in front of the RLS had less developed memory and attention, their reaction time was slower and their neuromuscular apparatus endurance was decreased".	(1) P Kolodynski AA, Kolodynska VV. (February 1996) Motor and psychological functions of school children living in the area of the Skrunda	B	Ce commentaire ne s'adresse pas au travail d'expertise produit par l'Anses. Cette annexe synthétise les publications de l'Icnirp, elle est fournie à titre informatif.
Ballet - Association – ONG	Annexes	<u>l'_o_b_s_e_r_v_a_t_i_o_n_d_e_s_e_f_f_e_t_s_s_a_n_i_t_a_i_r_e_s_a_v_ér_és_</u> : on attend qu'il y ait une « épidémie » pour prendre éventuellement des mesures ! Même s'il y a de nombreux effets biologiques avérés (voir Handbook de Polk, plusieurs fois réédité, par exemple), qui pourraient devenir sanitaires en cas d'exposition prolongée, ce qui est le cas de l'exposition aux stations de base.		A	Ce commentaire n'appelle pas de réponse de l'Anses.
Ledent - Académique, recherche	Annexes	- Reprendre les valeurs en mV/m de l'icnirp 2010? - Mentionner la Figure 20 et non la Figure 7		F	Le paragraphe concerné a été modifié en détaillant les modifications d'indicateurs d'exposition introduites par l'Icnirp en 2010.
STAEBLER - Autre	Annexes	figure 20 : les restrictions de base "E int CNS" s'étendent jusqu'à 10 MHz et non jusqu'à 400 Hz comme le suggère la figure (La Directive 2013/35/UE donne ces valeurs jusqu'à 400 Hz seulement pour les travailleurs). Proposition : faire apparaître toutes les courbes jusqu'à 10 MHz. Ajouter : valeurs efficaces	Guide ICNIRP 2010 : tableau II et figure 1.	F	Les courbes sont superposées, elles vont toutes jusqu'à 10 MHz. Le schéma a été modifié pour en faciliter la lecture.
STAEBLER - Autre	Annexes	Il est écrit "pour le SNP; le niveau de sensibilité est constant jusqu'à 400 Hz et se situe autour de 800 V/m". Valeur de champ incorrecte : le seuil de stimulation du SNP est de 4 V/m en dessous de 3 kHz. Pour éviter de tels effets, l'exposition des professionnelles est limitée à 800 mV/m (0,8 V/m) obtenu en appliquant un coefficient de sécurité de 5.	Guide ICNIRP 2010 § "Restriction s de base"	B	La coquille a été corrigée (Annexe 6 du rapport).
STAEBLER - Autre	Annexes	il est écrit : "les restrictions de base qui sont données dans le document de l'ICNIRP variant de 0,1 V/m à 1,35 kV/m entre 1 Hz et 10 MHz. alors que le guide ICNIRP indique de 0,01 V/m à 1,35 kV/m (cf tableau II). Ce sont des valeurs efficaces (ou rms en anglais).	Guide ICNIRP 2010. tableau II	F	La coquille a été corrigée (Annexe 6 du rapport).

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
STAEBLER - Autre	Annexes	Il est écrit : "En régime pulse ou transitoire, en BF; l'ICNIRP recommande de ne pas moyenniser l'impulsion, mais de prendre en compte la valeur crête instannée du champ électrique." Il faut ajouter "et la comparer avec les restrictions de base en valeur crête (c'est à dire appliquer la technique de crête pondérée dans le domaine temporel)." comme cela est clairement explicité dans la Directive 2013/35/UE et dans l'annexe du guide ICNIRP 2010. Cette méthode de calcul s'applique également aux niveaux de référence.	- guide ICNIRP 2010 : annexe "détermination de l'exposition crête pondérée" - Directive 2013/35/UE : note n°3 des tableaux A2, A3 et note n°2 des	G	L'Anses prend note de l'information formulée et remercie son auteur.
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	Annexes	Nous nous étonnons des réserves sur le HRV pour ce qui est de l'étude du SNA. Le rapport de l'ANSES sur le travail de nuit présente cette approche comme l'un des marqueurs les plus fiables : « Les études récentes, toutes de nature transversale, indiquent que le travail posté incluant des horaires de nuit peut affecter le système nerveux autonome cardiaque, contribuant à un risque cardiovasculaire accru. La variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) représente l'un des marqueurs les plus fiables. La fréquence cardiaque et sa variabilité sont sous l'influence des systèmes sympathique et parasympathique, et la réduction de la variabilité et l'augmentation de la fréquence cardiaque résultent d'un déséquilibre du système autonome. Dans la population normale, l'activité autonome présente un rythme circadien, avec une prédominance de l'activité sympathique pendant la journée et parasympathique (vagale) pendant la nuit (Massin, 2000). Un écart plus faible dans l'électrocardiogramme et un glissement vers un ratio plus élevé basses fréquences / hautes fréquences (c'est-à-dire plus d'activité sympathique ou moins d'activité parasympathique) sont associés aux maladies cardiovasculaires et à des affections apparentées telles que le syndrome métabolique et le diabète. En outre, une diminution de la fonction cardiaque vagale accompagne et précède le développement de plusieurs facteurs de risque. Une activité vagale élevée est donc un indicateur de bonne régulation autonome (Thayer, 2010 ; Koskinen, 2009 ; Perciaccante, 2006).		B	Il n'y a pas de contradiction entre le texte de ce rapport d'expertise et celui sur le travail de nuit. Le rapport sur le travail de nuit s'est concentré sur le système nerveux autonome cardiaque, qui n'est qu'une partie du SNA. Ce rapport présente un panorama complet des moyens d'exploration du SNA. Dans ce contexte, l'analyse de l'HRV apparaît comme "un des moyens les plus couramment utilisés à ce jour pour apprécier l'activité conjointe des deux systèmes orthosympathique et parasympathique sur le noeud sinusal" et ceci en raison de son caractère non invasif et de la relative simplicité de sa mise en oeuvre. Mais, en raison de la place prise par cette technique dans l'étude de l'EHS, nous avons tenu à souligner les contraintes méthodologiques à respecter pour assurer la validité des résultats et les perspectives offertes par de nouvelles méthodes de traitement du signal.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association – ONG	Annexes	<p>L'annexe 13 est improprement reliée dans son titre à la notion d'effet nocebo (il est dit ligne 8 à 10 que « Tout récemment, l'attribution causale a été évoquée comme pouvant être un mécanisme pouvant générer un effet nocebo, sans nécessiter une réaction de stress. Pour l'instant, cette dernière hypothèse est insuffisamment argumentée. »). En tant que texte consacré aux mécanismes du stress, du conditionnement, cette annexe nous paraît essentielle et mérite de figurer dans le cœur du rapport. En effet, elle pose clairement la problématique des CEM comme stimuli (cf également les études sur l'EEG), occasionnant comme tout stimuli un stress et une réaction de l'organisme selon le syndrome général d'adaptation décrit par Selye, et ouvre sur les possibilités de renforcement / potentialisation à long terme et sensibilisation périphérique et centrale liés à la répétition de ce stress. Il faudrait restructurer la question effets biologiques/sanitaires à partir de ces constats et appréhender les effets des CEM en terme de stimuli / syndrome général d'adaptation avec ses phases! C'est d'ailleurs la conclusion du rapport Hecht 1997, basé sur l'analyse de la littérature russe de 1960 à 1996. Concernant le conditionnement, notons qu'il y a bien un stimulus réel à la base et qu'en son absence, le conditionnement se dissipe progressivement. Par contre, dans l'environnement actuel, les CEM étant présents partout, la liaison est continuellement renforcée. Il s'agit de phénomènes neurologiques et pas magiques ni psychologiques ! Tout cela a à voir avec la mémoire et l'apprentissage. Il faut parler de neurologie (neurochimie, EEG...). Bingel U,2011 :</p> <p>« Converging evidence from research since the 1970s substantiates that the placebo responses are not merely a psychological, but a complex psychoneurobiological phenomenon involving the activation of distinct brain areas as well as peripheral physiology including the release of endogenous substrates. » On peut imaginer que ce phénomène de renforcement se surajoute. Ceux qui ne sentent rien sont quand même soumis aux effets potentiellement néfastes des CEM. Les questions de l'attribution et de la perception ne renseignent en rien sur la réalité de la nocivité/innocuité des CEM. Les études sur le nocebo ne sont pas calibrées pour étudier la causalité / CEM, car elles concluent toujours par défaut ou bien se déroulent sans exposition aux CEM mais étudient la suggestion.</p>	<p>Hecht K et Balzer HU - Biologische Wirkungen Elektromagnetischer Felder im Frequenzbereich 0 – 3 GHz auf den Menschen Studie russischer Literatur von 1960 – 1996- Rapport au Gouvernement Allemand - http://www.bzur.de/Radar/GUS-Studie.pdf Bingel U Colloca L, Vase L. Mechanisms and clinical implications of the placebo effect: is there a potential for the elderly? A mini-review. Gerontology. 2011;57(4):354-63. doi: 10.1159/000322090. Epub 2010 Oct 26. Review.</p>	B	L'annexe 13 a été supprimée, un chapitre consacré à l'effet nocebo est désormais placé en 7.7.

Identité du participant et organisme	§	Commentaire	Sources bibliographiques	Type	Réponse de l'Anses au commentaire
Le Calvez / Pelletier - Association - ONG	Annexes	enquête internationale : Les réponses seront-elles publiées ?		B	Les résultats de l'enquête sont publiés dans la version finale du rapport d'expertise.
Ballet - Association - ONG	Annexes	Une étude sur l'EHS du « Golomb Research Group (UCSD)» est actuellement en cours. Elle propose un questionnaire très complet.(1)	(1) https://janis-riche.squarespace.com/	G	L'Anses prend note de l'information communiquée et remercie son auteur.
	Remarques générales	je ne veux pas du LINKY ni d'autres ondes similaires. Je suis devenue électrosensible, et ma santé a décliné à cause aussi des ondes, probablement parce que j'ai un terrain dysimmunitaire (auto-immunité), donc je suis une personne fragile à ce qui m'entoure, dont les ondes. Le portable m'a causé des "brûlures internes" entre ouïe et mâchoire, qui ne sont pas parties pendant un an (douleurs revenantes) et je ne pouvais même plus utiliser le téléphone fixe. Le WIFI m'a provoqué une espèce alopecie là où les ondes se concentrent quand je m'approche de l'ordinateur. Quand je vais dans les Alpes, où il y a moins de concentration d'ondes, j'ai une amélioration de mon état (nausées, fatigue chronique, dors mal...). Je vous remercie de respecter la volonté des personnes malades, qui ne veulent pas de ce type d'engin, qui pollue encore plus l'environnement avec des ondes, de plus fait augmenter la consommation et n'est pas durable (durée de vie de 15 ans seulement).	INVALIDITE MALADIE DEPUIS 2006 ET HANDICAPEE (CARTES DE PRIORITE)	G	L'Anses prend note du témoignage communiqué et remercie son auteur.