

TELEPHONIE MOBILE & SANTE

Isabelle Lagroye, Bernard Veyret, Jacques Jousset-Dubien

**Laboratoire de bioélectromagnétisme de l'EPHE; laboratoire PIOM, ENSCPB,
Université de Bordeaux**

La téléphonie mobile s'est développée très rapidement durant ces dix dernières années. Le téléphone mobile fait maintenant partie de l'équipement jugé indispensable de la vie moderne de tous les jours, aussi bien professionnelle que familiale. Avec plus d'un milliard et demi de portables utilisés dans le monde, l'inquiétude au sujet d'effets délétères dus à l'exposition aux champs radiofréquences émis par le portable ou la station de base s'est accrue dernièrement, amplement relayée par les médias. Au Royaume-Uni, par exemple on a pu lire, à la une d'un journal, que le téléphone mobile pouvait "rôtir" le cerveau ! En revanche, les médias se penchent guère sur les rapports scientifiques officiels qui annoncent sans ambiguïté l'absence d'effet nocif.

Ce chapitre fait le point de l'acquis scientifique sur les effets biologiques des signaux associés à la téléphonie mobile et des conclusions que l'on peut en tirer sur leurs effets sanitaires.

La Téléphonie Mobile

Différents systèmes sont utilisés en téléphonie mobile, mais tous sont fondés sur le principe du découpage du territoire en cellules. Dans chaque cellule, une station de base (BTS) émet vers les téléphones mobiles des utilisateurs et reçoit les signaux des portables actifs dans sa cellule (jusqu'à 50 environ). En France, on compte 30 000 BTS exploitées par trois réseaux distincts. La fréquence porteuse varie de 400 à 2100 MHz et l'information vocale est codée numériquement par modulation de phase.

Chaque téléphone mobile est un émetteur-récepteur radio opérant également dans la bande de fréquence 400-2100 MHz. Dans le système GSM par exemple, la puissance crête est de 2 W, mais la puissance moyenne est toujours inférieure à 1/8 de cette valeur. Environ la moitié de la puissance émise par le combiné est absorbée dans la tête de l'utilisateur. Cette puissance absorbée est exprimée par le DAS, le débit d'absorption spécifique, en watts par kilogramme (W/kg).

Des améliorations notables de la mesure du DAS ont été obtenues durant ces dix dernières années par l'utilisation de "fantômes" liquides ou numériques permettant de calculer la distribution de la puissance absorbée par la tête de l'utilisateur du mobile. On sait aujourd'hui avec certitude que l'élévation de température dans la partie extérieure du cerveau, due au rayonnement du mobile, n'atteint pas 0,1°C dans le pire cas d'exposition.

Du fait du changement d'usage du téléphone – messages textuels ou images de plus en plus nombreux et portable souvent utilisé en mains-libres – le combiné est de moins en moins souvent placé contre l'oreille et, dans ce cas, le DAS dans la tête devient négligeable.

Les antennes des stations de base macro-cellulaires GSM ont une puissance émettrice de l'ordre de 20 W. Elles sont généralement placées sur le toit d'immeubles et le faisceau émis a la forme d'un disque. L'exposition maximale pour le public a lieu à terre, approximativement à 200 m de la BTS. En revanche, et contrairement aux idées reçues, elle est pratiquement nulle au bas de l'immeuble ou du mât sur lequel est érigée l'antenne. L'exposition du public au rayonnement RF de l'émetteur est typiquement 1/10.000 de la limite recommandée en termes de puissance incidente, souvent inférieure à celle due aux stations de radio FM. Il existe un consensus au sein de la communauté scientifique selon lequel les stations de base ne présentent aucun danger pour la santé des populations environnantes. De ce fait, et malgré des réticences de certains à admettre ce consensus, il n'en sera plus question dans la suite de ce chapitre.

L'approche scientifique de l'évaluation du risque sanitaire

L'exposition aux rayonnements RF de forte puissance occasionne des effets thermiques bien établis. C'est le chauffage micro-onde. Du fait de la faible puissance mise en jeu en téléphonie mobile, cet effet thermique est quasiment négligeable et ne peut en aucun cas être la cause d'effets délétères. La recherche d'effets sanitaires des RF de la téléphonie mobile doit donc se tourner vers la mise en évidence d'effets non thermiques. C'est ainsi que la majorité des recherches vise à définir des seuils ou niveaux attribuables à ces effets en relation avec les normes existantes d'exposition qui sont basées sur des effets aigus, bien caractérisés et reconnus comme étant dus à l'échauffement¹.

L'évaluation du risque sanitaire des ondes RF bénéficie de banques de données couvrant cinquante années de recherche et s'appuie sur plus de trois cent cinquante études dont le sujet est précisément la téléphonie mobile. La moitié de ces études se rapporte à la cancérologie et l'écrasante majorité conduit que l'exposition aux RF n'initie ni de promeut le cancer.

Résultats scientifiques

Les bases de données de l'OMS et de l'IEEE font état d'environ 1300 publications dûment référencées et soumises à expertises, allant d'analyses biophysiques théoriques à des études épidémiologiques humaines. Onze publications récentes² ont fait le point sur les effets éventuels des radiofréquences sur le cancer, la reproduction, le flux de calcium, le comportement, la thermorégulation, le système nerveux, les effets oculaires et auditifs, l'homéostasie et le métabolisme, l'épidémiologie, les études in vitro. Le tableau ci-dessous fait le point sur les études en cours ou terminées³:

¹ ICNIRP Statement: General approach to protection against non-ionizing radiation. *Health Physics* **82** (2002) 540-548.

² ICNIRP Statement: General approach to protection against non-ionizing radiation. *Health Physics* **82** (2002) 540-548.

² Reviews of Effects of RF Fields on Various Aspects of Human Health, in *Bioelectromagnetics* as Supplement 6 (2003), (www3.interscience.wiley.com/).

³ www.who.int/peh-emf/research/database/en/

³ www.who.int/peh-emf/research/database/en/

Type d'étude	Terminée	En cours	Total
Etudes ayant trait			
ou associées au cancer			
Etudes épidémiologiques	12	24	36
Essais standards	8	7	15
Etudes in vivo "sensibilisés"	13	7	20
Etudes in vivo aiguës	23	8	31
Etudes in vitro	57	25	82
<i>Total d'études sur le cancer</i>	<i>113</i>	<i>71</i>	<i>184</i>

Etudes non associées

au cancer

Etudes épidémiologiques	10	1	11
Etudes humaines	50	21	71
Etudes in vivo aiguës	37	10	47
Etudes in vitro	15	7	22
Total	112	39	151

Epidémiologie

La majorité des études épidémiologiques conduites à travers le monde, sur les utilisateurs de téléphones mobiles, ne font état d'aucune association entre cancer et ondes des téléphones mobiles. Cependant, certains les jugent non significatives, soit parce que les données de l'exposition sont incertaines, soit parce que la puissance statistique est insuffisante ou encore par manque de recul par rapport au lent développement des cancers⁴. D'une façon générale, alors que semble apparaître ici et là, au cours d'études sur populations, une association possible entre différentes tumeurs du cerveau et l'emploi d'un téléphone analogique (premiers téléphones mis sur le marché), il ne se dégage pas d'association suffisamment définie qui entraînerait l'adhésion de tous. Une étude récente sur le neurinome acoustique est négative⁵ tandis qu'une autre indique que pour des utilisateurs de plus de dix ans, une augmentation de l'incidence de cette tumeur bénigne est constatée du côté où était placé le téléphone mobile⁶.

⁴ Boice J.D and McLaughlin J.K., *Epidemiologic Studies of Cellular Telephones and Cancer Risk, – A Review*. SSI report : 2002:16 september 2002, ISSN 0282-4434.

⁴ Boice J.D and McLaughlin J.K., *Epidemiologic Studies of Cellular Telephones and Cancer Risk, – A Review*. SSI report : 2002:16 september 2002, ISSN 0282-4434.

⁵ Christensen H.C., Schüz J., Kosteljanetz M., Poulsen H.S., Thomsen J., and Johansen C., *Am J Epidemiol* **159** (2004) 277–283.

⁶ Lönn S, Klæboe L, Hall P, Mathiesen T, Auvinen A, Christensen HC, Johansen C, Salminen T, Tynes T, Feychting M. *Int J Cancer* **108** (2004) 450-455.

⁵ Lönn S, Klæboe L, Hall P, Mathiesen T, Auvinen A, Christensen HC, Johansen C, Salminen T, Tynes T, Feychting M. *Int J Cancer* **108** (2004) 450-455.

Étant donné l'étendue de l'usage des téléphones mobiles, il est important de s'assurer qu'ils ne présentent pas un risque pour la santé. Or, les données épidémiologiques actuelles ne permettent pas aujourd'hui de conclure. C'est pourquoi une étude multinationale appelée "Interphone" est en cours comprenant treize pays. Elle est conduite par le CIRC et porte sur quatre cancers de la tête et du cou (méningiome, gliomes, neurinomes acoustiques, cancer des glandes salivaires). Les résultats de ce projet devraient être disponibles fin 2005. Seuls les résultats globaux de cette étude internationale Interphone permettront de conclure, en particulier sur le neurinome acoustique.

Des études menées en parallèle ont apporté quelques données sur l'association entre le téléphone mobile et le développement de cancers ou sa promotion. L'une d'elles ne montre aucune association entre la tendance à l'incidence de tumeurs intracrâniennes primaires chez l'adulte et l'utilisation du téléphone mobile dans quatre pays nordiques.

Études en Laboratoire

Chez l'Homme

En dépit de limites évidentes en matière d'expérimentation sur des volontaires humains, plusieurs investigations ont cependant été conduites exploitant des modèles variés. Les résultats sont négatifs ou difficiles à reproduire (sommeil, EEG, fonctions cognitives, etc.). À ce jour, aucun fait établi à partir des études humaines ne permet de mettre en cause la téléphonie mobile en santé publique.

Cependant, dans un rapport issu d'un laboratoire néerlandais, qui a attiré l'attention des médias et de la communauté scientifique, il est fait état d'effets de faible amplitude sur le bien-être de volontaires exposés aux rayonnements de faible amplitude provenant de stations de base de type UMTS⁷. Ce travail, qui n'a été publié à ce jour, a suscité de nombreuses critiques. Son protocole pourra cependant servir de base pour des études mieux définies. Il faut toutefois noter que cette étude ne concerne pas l'exposition aux téléphones mobiles.

En fait, une question essentielle que l'on se pose aujourd'hui concerne la sensibilité des enfants aux rayonnements RF du téléphone mobile. Cette interrogation n'est pas propre aux RF de la téléphonie, mais générale sur la sensibilité éventuelle des enfants aux divers agents de l'environnement. On s'interroge, de plus, sur l'influence de la durée de l'exposition chez les adultes de demain, sur le fait que le système nerveux central des enfants est en cours de développement et que leur tête pourrait absorber le rayonnement RF différemment des adultes. Il est aujourd'hui difficile de répondre à ces questions par l'expérimentation en laboratoire ou par simulation numérique. Une rencontre de l'OMS qui s'est tenue récemment à Istanbul a été consacrée à ces questions et a permis de définir des recommandations de recherche concernant les enfants⁸.

⁷ Zwamborn A.P.M., Dr. ir. Vossen S.H.J.A., Ir. van Leersum B.J.A.M, Ing. Ouwens M.A., MakeI W.N., Effects of global communication system radio-frequency fields on well being and cognitive functions of human subjects with and without subjective complaints. Sept 30, 2003, TNO-report FEL-03-C148 www.tno.nl.

⁶ Zwamborn A.P.M., Dr. ir. Vossen S.H.J.A., Ir. van Leersum B.J.A.M, Ing. Ouwens M.A., MakeI W.N., Effects of global communication system radio-frequency fields on well being and cognitive functions of human subjects with and without subjective complaints. Sept 30, 2003, TNO-report FEL-03-C148 www.tno.nl.

⁸ www.who.int/peh-emf/research/children/en/index.html

⁷ www.who.int/peh-emf/research/children/en/index.html

Etudes animales

Un grand nombre d'expériences sur des animaux ont été conduites durant les dernières décennies, faisant appel à différentes fréquences et modulations. Il apparaît d'ailleurs, à partir des données publiées, que la grande majorité des effets biologiques incriminés relèvent d'effets thermiques. Les effets observés seraient dus soit à une élévation de température des tissus soit aux réponses physiologiques visant à minimiser l'élévation de la température.

Des améliorations sensibles des systèmes d'exposition d'animaux ont rendu possible une meilleure caractérisation du DAS à l'intérieur des organismes. Elles permettent soit de mieux cerner les effets éventuels d'expositions locales en simulant l'utilisation du téléphone mobile (par exemple avec des antennes en boucle ou des carrousels), soit de mieux prendre en compte le cas d'exposition du corps entier de l'animal en relation avec les émissions des stations de base (par exemple la grande roue ou le guide d'onde circulaire).

Les résultats de la plupart des travaux qui ne concernaient pas le cancer se sont révélés négatifs (mémoire, EEG, audition etc.) à des niveaux de DAS compatibles avec la téléphonie mobile, à l'exception des données sur la perméabilité de la barrière hémato-encéphalique que deux groupes de recherche ont trouvée augmentée alors que plusieurs autres ne trouvaient pas d'effets⁹.

La majorité des études actuelles portent sur des modèles de cancer. Toutes les études à long terme réalisées sur des animaux (rats ou souris) normaux ou sensibilisées ont donné des résultats négatifs, sauf dans un cas utilisant des souris transgéniques Eμ-Pim1, modifiées pour augmenter l'incidence de lymphomes. Une première étude avait trouvé une augmentation de l'incidence des tumeurs à la suite d'une exposition aux rayonnements GSM¹⁰. Cependant, ces résultats n'ont pas pu être confirmés en utilisant une configuration expérimentale différente¹¹. Une étude supplémentaire de réplication, réalisée au sein du programme européen Perform A, s'est également révélée négative¹². Tout en attendant les résultats d'autres investigations animales, il ne semble pas que l'on puisse incriminer une incidence de lymphomes ou d'autres types de tumeurs à l'exposition quotidienne des RF des téléphones mobiles.

Etudes cellulaires

Malgré leurs limitations inhérentes, les investigations *in vitro* sur des cellules biologiques ont fourni des informations utiles à coût modéré et dans des temps courts. Un certain nombre d'études de

⁹ par exemple : Hossmann K.A. and Hemann D.M., *Bioelectromagnetics* **24** (2003) 49-62.

⁸ par exemple : Hossmann K.A. and Hemann D.M., *Bioelectromagnetics* **24** (2003) 49-62.

¹⁰ Repacholi M., Basten A., Gebiski V., Noonan D., Finni J., Harris A.W., *Rad. Res* **147** (1997) 631-640.

¹¹ Utteridge T.D., Gebiski V., Finnie J.W., Vernon-Roberts B. and Kuchel T.R., *Radiat Res* **158** (2002) 357-64.

⁹ Utteridge T.D., Gebiski V., Finnie J.W., Vernon-Roberts B. and Kuchel T.R., *Radiat Res* **158** (2002) 357-64.

¹² Oberto et coll., Workshop on cancer and RF, Schriesheim, Allemagne, 2004.

¹⁰ Oberto et coll., Workshop on cancer and RF, Schriesheim, Allemagne, 2004.

réplication concernant des résultats positifs publiés ayant trait à l'activité enzymatique, l'expression génétique, l'altération de l'ADN ont toutes été négatives. Actuellement, les recherches s'activent autour de l'altération éventuelle de l'expression des protéines de choc thermique, susceptibles d'être des marqueurs de l'exposition aux rayonnements RF et /ou menant à des altérations physiologiques des cellules.

Il apparaît aujourd'hui que les RF de faible DAS ne sont pas génotoxiques (fragmentation de l'ADN, aberrations chromosomiques, formation de micronoyaux, réparation de l'ADN, échange de chromatides sœurs). Pourtant, si l'effet devait exister, il serait d'amplitude extrêmement faible et seule une étude internationale de grande envergure pourrait mettre fin aux interrogations restantes sur les effets génotoxiques des rayonnements de faible intensité en milieu biologique. Il faudra également étudier la synergie éventuelle des RF avec les agents chimiques et agents physiques.

Évaluation du risque sanitaire

L'évaluation de risque sanitaire par des organismes internationaux tels que l'ICNIRP¹³, l'IEEE¹⁴, le CIRC¹⁵ et l'OMS dépend énormément du jugement que ces institutions portent sur la qualité des recherches passées en revue.

Comme nous l'avons évoqué plus haut, la qualité des systèmes d'exposition a été grandement améliorée et peut être considérée aujourd'hui comme convenable. La mise en place de protocoles expérimentaux solidement contrôlés (expositions fictives, tests biologiques et expositions en aveugle, contrôles positifs) s'est généralisée. De plus, il est devenu courant en bioélectromagnétisme de s'assurer que tout résultat positif soit reproduit dans un autre laboratoire¹⁶. Malgré ces précautions évidentes, il faut noter que seul un petit nombre de laboratoires de haut niveau sont engagés dans des recherches sur ce sujet, les résultats annoncés n'étant que rarement confirmés.

Au sein de son programme international EMF, l'OMS passe en revue les aspects scientifiques et sanitaires du bioélectromagnétisme et fait paraître des recommandations¹⁷. Il en ressort que l'exposition aux rayonnements RF en-dessous des limites recommandées par l'ICNIRP ne semble pas porter atteinte à la santé. Cependant, quelques lacunes dans les connaissances subsistent et amènent à proposer de poursuivre certaines investigations pour établir une évaluation claire des risques sanitaires éventuels des champs électromagnétiques. Le CIRC publiera une classification des cancers associés aux RF en 2005 et les évaluations de l'OMS et de l'ICNIRP paraîtront en 2006.

¹³ International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

¹⁴ Institute of Electrical and Electronic Engineers

¹⁵ Centre International de Recherche sur le Cancer, Lyon

¹⁶ Repacholi M.H., *Toxicol Lett* **120** (2001) 323–331

¹¹ Repacholi M.H., *Toxicol Lett* **120** (2001) 323–331

¹⁷ WHO research recommendations: www.who.int/peh-emf/research/rf03/en/

¹² WHO research recommendations: www.who.int/peh-emf/research/rf03/en/

Conclusion

Le développement rapide de la téléphonie mobile a suscité un effort considérable et mondial de recherches sur le sujet (des dizaines de millions d'euros par an y ont été consacrés). C'est en Europe que cette recherche est la plus active (Grande Bretagne, Allemagne, Italie et Finlande en particulier), mais aussi au Japon, aux Etats-Unis et en Australie.

La plupart des gouvernements se sont sentis concernés par l'impact éventuel de la téléphonie mobile et la santé. Plusieurs comités nationaux et internationaux ont rédigé des rapports bien circonstanciés sur le sujet (voir la liste des rapports les plus récents dans la partie références).

A la question : « téléphonie mobile, y a-t-il danger sanitaire ? » il faut conclure que l'ensemble des données scientifiquement établies n'est nullement en faveur d'un risque de santé humaine associé au téléphone mobile dans des conditions normales d'utilisation. Par ailleurs, il n'apparaît encore aucun mécanisme susceptible d'étayer un effet nocif sur la santé dû à des rayonnements RF d'aussi faible intensité que ceux exploités en téléphonie mobile. À ce jour, les résultats des recherches portant aussi bien sur des études épidémiologiques que sur des animaux en laboratoire exposés en aigu ou tout au long de leur vie, n'apportent aucune preuve que l'exposition peut être la cause de cancers ou affecter les tissus biologiques de manière susceptible d'être la cause ou la promotion de maladies. Mais il reste quelques points d'ombre, en particulier en ce qui concerne la sensibilité des enfants aux RF. Les recherches en cours devraient aider à lever ces incertitudes dans un futur proche. Dans cette attente, l'AFSSE¹⁸ a préconisé une approche de précaution pour l'utilisation des téléphones mobiles, laquelle passe essentiellement par la limitation des expositions inutiles par utilisation d'un kit mains libres par exemple.

Rapports récents

Review of the scientific evidence for limiting exposure to electromagnetic fields (0-300 GHz).

Documents of the NRPB. Volume 15, n°3 (2004)

Mobile Phones and Health (2004) Report by the Board of NRPB. Documents of the NRPB Volume 15 No.5 2004

Health Council of the Netherlands. Electromagnetic Fields: Annual Update 2003. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2004; publication no. 2004/01. (www.healthcouncil.nl).

Annual report from SSI's Independent Expert Group on Electromagnetic Fields. SSI's Independent Expert Group on Electromagnetic Fields, 2003 et 2004 (www.ssi.se).

Rapport à l'Agence Française de Sécurité Sanitaire Environnementale : Téléphonie mobile et santé. March 2003 (www.afsse.fr). Une mise à jour sera publiée en 2005.

¹⁸ AFSSE: Agence Française de sécurité Sanitaire Environnementale