

Bruxelles-Environnement



Rapport du comité d'experts sur les radiations non ionisantes. 2017-2018

08 janvier 2018

Président : Y. Rolain

Beauvois, V. – Erzeel, D. – Hecq, W. – Lagroye – I. – Pollin, S. – Rebreau, L. –
Vanderstreaten, J. – Verschaeve, L.

Secrétariat : Bruxelles-Environnement

1 Table des matières

Contents

1	Table des matières.....	2
2	Évaluation de l'application de l'ordonnance	4
2.1	Application générale des aspects techniques de l'ordonnance	4
2.1.1	Situation générale du protocole de mesure	4
2.1.2	Exécution des mesures dans le protocole	5
2.1.3	Interprétation et traitement des résultats de mesure	7
2.1.4	Utilisation du simulateur pour prédire l'illumination de l'enveloppe des bâtiments	7
2.1.5	Utilisation du simulateur pour prédire les mesures <i>indoor</i>	8
2.1.6	Déterminer les marges d'erreur pour les mesures	8
2.1.7	Déterminer les marges d'erreur pour les simulations.....	9
2.1.8	Validation des simulations par des mesures.....	9
2.2	Conclusion générale sur le protocole technique de mesure.....	9
3	Aspects spécifiques de la propagation des ondes pour la norme 4G	10
4	Effets sur la santé	10
5	Impact spécifique sur l'économie	13
5.1	Aspects socio-économiques internationaux.....	13
5.1.1	Avant- propos	13
5.1.2	Marchés mondial et européen du secteur mobile 5G	13
5.1.3	Moteur de croissance.....	14
5.1.4	Contribution directe et indirecte à l'activité économique	14
	Emploi.....	15
5.1.5	Infrastructures (antennes et relais)	15
5.1.6	Financement public /privé/tarification	16
5.1.7	Services rendus (bien-être des consommateurs)	16
5.1.8	Barrières	16
5.2	Aspects micro-économiques.....	17
5.2.1	Le secteur mobile en Belgique	17
5.2.2	Contribution directe et indirecte au développement économique du secteur numérique belge et bruxellois et contribution à l'emploi	20
5.2.3	Politiques de soutien à l'économie numérique.....	23

5.2.4	Importance des réseaux pour l'économie numérique et déploiement des nouvelles technologies à Bruxelles	24
5.2.5	Conclusions	26
5.3	Bibliographie	27
6	Évolutions de la norme 5G influençant l'ordonnance	29
6.1	Initiatives visant à recueillir des informations.....	29
6.1.1	Réunion d'information avec les opérateurs, le 9 novembre 2017.....	30
o	Influence sur la métrologie.....	33
7	Conclusion générale.....	34

2 Évaluation de l'application de l'ordonnance

Dans cette section, le comité donne une évaluation de l'application de l'ordonnance. Le rapport est fondé sur celui de Bruxelles-Environnement. Le comité a posé des questions à l'Institut et en a reçu des réponses. Le texte comprend un suivi des observations et des suggestions formulées dans le précédent rapport. Le texte reflète l'interaction au sein du comité et avec Bruxelles-Environnement, et il a été rédigé en consensus par le comité.

2.1 Application générale des aspects techniques de l'ordonnance

2.1.1 Situation générale du protocole de mesure

Nous distinguons deux sortes de mesures dans ce contexte : les mesures de validation et les mesures d'inspection. Elles diffèrent par leur finalité :

- les premières servent à valider les résultats du logiciel de simulation en les comparant aux simulations. Cette partie du protocole de mesure a été développée et adaptée en profondeur l'année dernière, le but étant de comparer l'intensité effective et l'intensité simulée des champs, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments ;
- les secondes servent à vérifier le respect de la norme. Le protocole a été adapté aux aspects de la 4G. Dans ce cas-ci, les mesures sont utilisées pour déterminer l'intensité maximale des champs à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments.

Le protocole de mesure utilisé aux fins d'inspection a également été présenté au comité. Celui-ci est d'accord avec la version appliquée. Le comité conclut que la procédure de vérification est exécutée avec la compétence et la rigueur voulues de sorte que le caractère traçable des mesures est assuré.

Les adaptations apportées au protocole de mesure utilisé par l'administration pour pratiquer les mesures de validation sont indiquées dans un document qui a été transmis au comité. Les modifications de la procédure sont expliquées pendant les réunions de mai à septembre. Le comité conclut que la procédure a été correctement établie, que son application s'effectue avec la compétence et la rigueur voulues, et que Bruxelles-Environnement tient suffisamment compte des observations et/ou des suggestions qui ont été formulées dans le précédent rapport. Les mesures *indoor* forment à cet égard une partie importante qui permet de valider la procédure de simulation en vue de son application en *indoor*.

Le comité relève que Bruxelles-Environnement a fourni un effort considérable pour étendre les mesures, tant d'inspection que de validation, au rayonnement sur les terrasses et dans les maisons. C'est un pas important vers la détermination du champ dans tous les lieux accessibles au public, à l'intérieur aussi bien qu'à l'extérieur des bâtiments, ainsi qu'il est décrit dans l'ordonnance. La validation de la simulation accroît la crédibilité et la traçabilité de la procédure utilisée pour l'octroi des permis. L'alignement de l'inspection et de la validation l'une sur l'autre garantit par ailleurs un déroulement uniforme de la procédure sur la durée de vie de toute l'exploitation.

Lors de la réunion du 14 septembre 2017, Bruxelles-Environnement a présenté les résultats des premières mesures de vérification qui démontrent la précision du protocole de mesure employé pour comparer les simulations et les mesures. Le comité en conclut :

- que la vérification des simulations avec les mesures a été réalisée au moyen de méthodes à la pointe du progrès technique. Bruxelles-Environnement s'est toujours efforcé de comparer les mesures pratiquées soit avec des sources traçables comme celles présentes, soit avec des mesures pointues obtenues par des réseaux de recherche européens (programme COST). Dans les deux cas, les sources de données utilisées sont de grande qualité ;
- que la concordance entre les simulations et les mesures est très bonne. Les simulations prédisent une légère surestimation du champ par rapport aux mesures. C'est la preuve que le protocole de Bruxelles-Environnement est prudent et que la procédure d'évaluation est fiable.

2.1.2 Exécution des mesures dans le protocole

2.1.2.1 Mesures outdoor

Bruxelles-Environnement n'a pas apporté de modifications notables au protocole lui-même en ce qui concerne les mesures *outdoor*. L'étalonnage, l'utilisation et les réglages de l'instrumentation se déroulent comme avant. Dans le domaine de l'étalonnage, il reste possible de rapporter les appareils à une norme primaire, suivant les règles générales en vigueur. Les appareils sont utilisés pour l'inspection et pour la comparaison avec les simulations.

- **CONCLUSION** : Le comité a marqué son accord avec cette procédure dans le précédent rapport et il maintient cet accord.

2.1.2.2 Mesures indoor

La procédure des mesures d'essai *indoor* a été modifiée. Nous relevons un certain nombre de changements par rapport à l'an passé :

Concernant les mesures d'inspection

- Les mesures répondent aux exigences comme c'était déjà le cas l'an passé.
- Lorsque les valeurs mesurées sont normales, on les tient afin de pouvoir les utiliser pour contrôler les simulations avec le logiciel. Les résultats sont communiqués au demandeur.

Concernant les mesures validant la simulation

- Bruxelles-Environnement a comparé ses propres mesures à des sources de données fiables puisées dans la littérature. Les résultats sont très positifs : les mesures de Bruxelles-Environnement sont conformes aux résultats de recherche obtenus par le réseau européen COST. C'est la preuve que Bruxelles-Environnement est en mesure d'effectuer des mesures pointues de l'intensité des champs dans un environnement *indoor*.
- Des mesures de test additionnelles des puissances mesurées dans un environnement contrôlé sont réalisées. Elles sont pratiquées dans une salle.

2.1.2.3 Suggestion

Le comité estime que Bruxelles-Environnement a démontré qu'elle a atteint une phase de palier en ce qui concerne les mesures. Le comité propose dès lors de réduire les coûts de l'étalonnage :

- en passant de l'étalonnage annuel actuel des instruments à l'étalonnage bisannuel usuel, comme le fabricant des appareils de mesure le prescrit. Un étalonnage annuel est certes justifié pour un laboratoire débutant, mais il ne semble plus nécessaire désormais ;
- en passant de l'étalonnage externe actuel des câbles à un étalonnage interne réalisé sur l'analyseur de réseau étalonné de Bruxelles-Environnement. Sur ce point, le comité est aussi acquis à l'idée que Bruxelles-Environnement a démontré qu'il dispose de la compétence voulue pour effectuer ces mesures selon l'état récent de la technique. La traçabilité demeure garantie, puisque l'analyseur de réseau a été lui-même soumis à un étalonnage traçable par le fabricant.

2.1.2.4 Conclusion

Le comité marque son accord avec les protocoles de mesures d'inspection et de validation du logiciel. Il observe que Bruxelles-Environnement a tenu compte de la suggestion faite dans le rapport précédent quant à un recours maximal aux mesures de test pour réaliser l'étalonnage du logiciel. L'IBGE a montré qu'il obtient des résultats traçables *outdoor* et des résultats concordant avec ceux de travaux de recherche en ce qui concerne les mesures *indoor*, et ce sur la base des

mesures d'inspection et de vérification des mesures logicielles. Le comité désire féliciter Bruxelles-Environnement pour les progrès notables enregistrés l'an passé.

2.1.3 Interprétation et traitement des résultats de mesure

L'IBGE a modifié le traitement des mesures afin de répondre à la demande de les étendre aux terrasses et à l'intérieur des habitations.

- Les mesures de champ sont intrinsèquement soumises à des variations spatiales et temporelles. Ces variations sont plus importantes dans le cas des mesures pratiquées à l'intérieur. Désormais, la procédure utilisée pour l'inspection l'est également pour vérifier le logiciel :
 - l'intensité du champ à l'intérieur est mesurée à une distance d'au moins 50 cm des murs et des baies ;
 - la mesure de l'intensité du champ sur une terrasse est effectuée à 50 cm minimum de l'enveloppe externe du bâtiment. Si ce n'est pas possible physiquement, comme pour un balcon par exemple, l'intensité du champ n'est pas mesurée à l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment eu égard au manque de fiabilité du résultat ;
 - l'intensité du champ est mesurée en un certain nombre d'endroits afin de prendre autant que possible en compte l'effet d'éventuelles ondes stationnaires dans l'espace. Ce nombre varie en fonction de la géométrie des lieux et la mesure est toujours réalisée au mieux des capacités ;
 - l'intensité maximale obtenue sur tous les points de mesure est utilisée comme mesure finale.
- *CONCLUSION : Le comité marque son accord avec le protocole de mesure et le traitement des résultats de mesures, tant celles réalisées indoor que celles pratiquées sur les terrasses. Le comité est d'accord avec la procédure appliquée aux balcons. Il se réjouit de la comparaison avec les résultats de mesure qui y ont été obtenus aussi.*

2.1.4 Utilisation du simulateur pour prédire l'illumination de l'enveloppe des bâtiments

Le constructeur du simulateur confirme que les calculs du champ restent valides au-dessus du niveau du sol et que l'illumination de l'enveloppe des bâtiments est simulée correctement.

- **CONCLUSION :** Le comité juge que le logiciel peut être employé pour prédire l'illumination de l'enveloppe des bâtiments.

2.1.5 Utilisation du simulateur pour prédire les mesures *indoor*

Le simulateur calcule les simulations de champ jusqu'au niveau de l'enveloppe des bâtiments. Il ne permet pas d'étendre les résultats à la prédiction du rayonnement à l'intérieur des bâtiments. Pour le moment, cette extension s'obtient à l'aide d'une procédure empirique que Bruxelles-Environnement a expliquée au comité.

Le simulateur ne peut pas servir à obtenir de résultats de mesure à l'intérieur des bâtiments. On peut néanmoins obtenir une prédiction en recourant à un certain nombre de scénarios très fréquents, ainsi que le rapport précédent le suggérait déjà.

Avec les campagnes de mesures destinées à vérifier le logiciel, Bruxelles-Environnement a démontré qu'il existe une corrélation entre les résultats obtenus pour la simulation et les mesures de contrôle. La deuxième campagne de mesure doit apporter une nouvelle confirmation de ces résultats. Les résultats de ces campagnes doivent permettre d'identifier les scénarios les plus fréquents et d'estimer le nombre de configurations possibles.

- **CONCLUSION** : Le comité marque son accord avec l'utilisation de la procédure actuelle pour étendre l'utilisation des simulations à des prédictions *indoor*. Cette procédure est perfectible en ce sens que les procédures employées tiennent peu compte de la géométrie et de l'agencement spécifiques du site de test *indoor*. On peut tenter de sélectionner, à partir des mesures, un nombre limité de situations pertinentes qui permettent d'obtenir dans la majorité des cas une meilleure prédiction du rayonnement *indoor* que ce n'est le cas actuellement, éventuellement en adaptant les facteurs d'atténuation pour l'*indoor*.
- **SUGGESTION** : Le comité propose de poursuivre le travail avec la campagne de mesure actuelle en vue de repérer expérimentalement une série de scénarios vérifiés permettant d'arriver dans une grande majorité des cas à un post-traitement valable.

2.1.6 Déterminer les marges d'erreur pour les mesures

Aucune modification notable n'a été signalée concernant la détermination des limites d'incertitude applicables aux mesures. L'étalonnage est en cours d'extension, ce qui améliorera encore davantage la détermination des marges d'erreur et de précision dans l'avenir.

L'ordonnance ne prévoit pas l'utilisation de marges d'erreur comme résultat du contrôle des installations. La méthodologie actuelle, qui propose les mesures moyennes comme résultat de mesure, répond donc à l'ordonnance.

2.1.7 Déterminer les marges d'erreur pour les simulations

Aucun changement notable de la situation n'a été rapporté concernant la quantification des erreurs sur le logiciel même.

Toutefois, l'étude de la précision citée plus haut au sujet de l'illumination de l'enveloppe des bâtiments a permis désormais de valider la simulation par des mesures réelles. Au vu des mesures de vérification actuellement disponibles, nous pouvons nous attendre à ce que la simulation soit suffisamment précise. Une nouvelle campagne de mesure doit permettre d'étayer statistiquement les résultats actuels.

CONCLUSION : Le comité estime que le logiciel répond aux critères fixés pour les mesures à l'extérieur des bâtiments et sur leur enveloppe dans un environnement urbain tel que la Région bruxelloise. Les mesures de validation de la simulation évoquées plus haut montrent que les résultats des simulations concordent, dans les limites d'une marge d'erreur réaliste, avec les mesures effectuées, ce qui entraîne une forte validation de la procédure.

2.1.8 Validation des simulations par des mesures

L'IBGE continue actuellement de travailler sur le projet de la validation des simulations à l'aide d'une série de mesures tests. Pour l'heure, l'Institut a traité un premier lot de résultats et ceux-ci sont positifs : la concordance entre mesures et simulations est très bonne. Une seconde série de mesures sera entamée pour augmenter la fiabilité statistique de l'échantillon.

- *CONCLUSION* : Le comité applaudit l'initiative de Bruxelles-Environnement et se félicite de la bonne concordance entre simulations et mesures. C'est un pas important vers l'objectivation de l'étalonnage du simulateur à l'aide de mesures réelles. Cela répond à l'une des suggestions émises dans le précédent rapport. Le comité et l'administration sont unanimes à dire que ce test a l'avantage d'améliorer sensiblement la crédibilité de l'approche proposée. Ces mesures forment une base solide qui doit mener à l'obtention de prédictions, vérifiées par des mesures, du rayonnement à l'intérieur des bâtiments.

2.2 Conclusion générale sur le protocole technique de mesure

Le comité estime que Bruxelles-Environnement exécute les mesures de contrôle et les simulations de façon correcte, précise et judicieuse. Le comité relève l'évolution positive des procédures. Un effort notable a été consenti en vue d'y incorporer les mesures et les simulations sur les terrasses et à l'intérieur. Ce gros effort a débouché sur une amélioration des mesures et de leur traitement. Le comité accueille favorablement l'effort qui a été également fourni pour s'attaquer à l'étalonnage des mesures.

Évolutions et tendances actuelles de l'état de la technique

Cette partie du rapport brosse un panorama des évolutions de l'année écoulée susceptibles de présenter un intérêt quant à l'application de l'ordonnance. Ce second rapport étend la chronologie jusqu'à la date du début de l'ordonnance.

3 Aspects spécifiques de la propagation des ondes pour la norme 4G

Les aspects de la propagation et de la quantification de l'intensité du champ sont abordés dans le document en annexe. Le comité estime que le texte en annexe donne une bonne idée des spécificités de la problématique (141001_Avis_CSS_8927_4G.pdf).

4 Effets sur la santé

Depuis la parution du rapport 2015-2016, une étude en particulier a été portée à l'attention des scientifiques et du public. Il s'agit de celle du programme américain NTP (National Toxicological Programme) concernant les effets des radiations des téléphones mobiles sur les rats.

Les résultats en ont été présentés au congrès international de la « Bioelectromagnetics Society » et de la « European BioElectromagnetics Association » qui s'est tenu à Gand en juin 2016. Ils étaient assez surprenants. Jusque-là, les études avaient dans l'ensemble révélé que le rayonnement des GSM était inoffensif chez les animaux. Or, l'étude du NTP livre des observations suggérant le contraire. Elle a consisté à exposer des rats pendant toute leur vie dès avant la naissance (*in utero*), selon un cycle alternant 10 minutes avec exposition et 10 minutes sans, pendant 18 heures par jour, 7 jours par semaine (9 heures cumulées par période de 24 heures). Si l'étude a trouvé des effets, elle soulève davantage de questions qu'elle n'y répond.

Le rayonnement RadioFréquence - RF (GSM, CDMA) a conduit à une augmentation avérée des gliomes et des schwannomes chez les rats mâles, mais pas chez les ratte. Cette différence est-elle attribuable à la taille relativement petite des échantillons, ce qui rend marginale la signification statistique des observations ? De plus, les taux de morbidité se situent presque totalement dans la fourchette des taux des témoins historiques et toutes les informations nécessaires à une évaluation exhaustive ne sont pas disponibles dans le rapport provisoire (qui n'a pas encore été adapté depuis lors). L'étude a aussi montré que les animaux témoins (non exposés) avaient une longévité moindre que leurs congénères exposés. L'absence de tumeurs (gliomes, schwannomes) chez ces témoins était-elle due au fait qu'ils vivaient moins longtemps que les animaux exposés ? En fin de compte, les gliomes et les schwannomes sont des tumeurs qui n'apparaissent qu'à un âge assez

avancé. Ces deux types de tumeurs sont-ils particuliers pour ces raisons alors que d'autres sont passés inaperçus alors qu'ils étaient aussi présents chez les témoins ? On constate en effet que le pourcentage de schwannomes et de gliomes chez les témoins a été de 0 %, ce qui est inférieur aux taux historiques (1,3 et 2 %). Si les témoins avaient présenté des valeurs plus « normales », les écarts significatifs entre les groupes exposés et ceux non exposés auraient été gommés. Donc, ce qui est en fait anormal ici, c'est le niveau bas des valeurs des témoins plutôt que le niveau élevé des valeurs des animaux exposés. Par contre, on peut dire qu'il est quand même frappant que ce soit justement les gliomes et les schwannomes qui ressortent. Ce sont effectivement ces mêmes tumeurs qui sont mises en avant dans l'enquête épidémiologique. Il est dès lors permis de se demander s'il s'agit vraiment d'un hasard. Une autre question que l'on peut se poser, est celle de savoir pourquoi on n'a pas inclus de témoins positifs dans l'étude et pourquoi l'examen histopathologique n'a pas été réalisé « en aveugle ».

On ne peut donc encore rien exclure, mais il serait assurément déplacé de tirer des conclusions hâtives ainsi que d'aucuns l'ont fait. Les conditions d'exposition appliquées dans cette étude ne sont pas comparables (et sont nettement plus élevées) que l'exposition à laquelle un être humain peut être normalement soumis. Une exposition à des puissances de 1,5, 3 et 6 W/kg est nettement supérieure à la limite définie par l'ICNIRP pour la population (0,08 W/kg). L'exposition quotidienne que nous subissons en moyenne avec un téléphone portable de type GSM, est de l'ordre de quelques mW/kg, soit environ 1000x moins que l'exposition la plus faible appliquée dans les expériences.

Tels qu'ils se présentent aujourd'hui, les résultats de l'étude ne peuvent certainement pas influencer le classement du CIRC (2B = peut-être cancérigène pour l'Homme), en cas de révision des critères de classification du Centre. Pour l'instant, il semble peu probable que ces résultats partiels modifient l'évaluation scientifique existante des risques. S'agissant du débat sociétal, ils ne paraissent pas non plus présenter un intérêt immédiat parce qu'il n'est pas possible d'extrapoler les conclusions à l'homme ou qu'il est à tout le moins prématuré de le faire. L'étude n'a pas encore été publiée non plus dans une revue scientifique de premier plan et, pour cette simple raison, elle n'a pas encore été validée non plus.

Peut-être est-il aussi utile aussi de mentionner quelques nouvelles études menées sur l'homme en lien avec l'« hypersensibilité électromagnétique » (*electromagnetic hypersensitivity*, EHS).

Les personnes qui se disent atteintes d'EHS, font état d'un grand nombre de symptômes subjectifs lorsqu'elles sont exposées à des radio fréquences (RF). Des observations antérieures qui montraient que des sujets EHS placés dans les conditions contrôlées d'un laboratoire ne pouvaient pas détecter la présence de RF, ont été critiquées au motif qu'il se pouvait que les symptômes ne puissent pas être constatés au cours de la durée de l'étude en laboratoire. Pour évaluer cette possibilité, des personnes EHS affirmant pouvoir ressentir des symptômes dans un délai de 15 minutes après une exposition aux RF ont été testées chez elles ou dans un endroit

confortable de leur choix. Les résultats ont fait apparaître que ces personnes n'étaient pas non plus capables de percevoir une exposition aux RF dans des conditions hors laboratoire.

De récentes études ont cependant suggéré que le système sympatho-adrénergique médullaire est activé chez les sujets EHS. L'exposition à divers signaux RF que l'on rencontre normalement dans la nature (1 V/m), n'a toutefois pas semblé provoquer de différences entre l'activité du système nerveux autonome chez des sujets EHS et celle observée dans une population témoin.

Hormis et malgré l'étude retentissante du NTP, la conclusion générale demeure la même que celle formulée dans le précédent rapport (2015-2016) pour les raisons mentionnées à l'époque (effets marginaux, études inadéquates, expositions non pertinentes, etc.). Cette conclusion est que la recherche n'est toujours pas en mesure de démontrer que des intensités « normales » d'exposition (inférieures aux recommandations internationales de l'ICNIRP) peuvent entraîner des effets nocifs pour la santé ou des symptômes non spécifiques tels que maux de tête et vertiges. Cela veut dire non pas qu'il n'y a pas d'effets, mais que, pour l'instant, il n'a pas encore été possible de les identifier et de les prouver avec suffisamment de clarté.

5 Impact spécifique sur l'économie

5.1 Aspects socio-économiques internationaux

Objectifs : Dresser un panorama des impacts de la 5G sur le marché mondial et européen du secteur mobile et son impact sur : l'économie mondiale/européenne (contribution directe et indirecte en termes de croissance) ; l'emploi ; les infrastructures (antennes) ; le financement ; les services rendus et le bien-être des consommateurs ; les barrières.

5.1.1 Avant- propos

Beaucoup de chiffres repris dans cette partie doivent être considérés comme indicatifs. Il s'agit de prévisions. Par ailleurs les sources ne mentionnent pas toujours d'informations complètes sur les indicateurs économiques chiffrés, notamment, leur signification précise ou encore l'année de référence des unités monétaires citées et le taux de conversion \$/€. Un ensemble d'imprécisions en résulte et invite le lecteur à rester prudent.

5.1.2 Marchés mondial et européen du secteur mobile 5G

Au niveau mondial, le nombre de souscriptions prévues s'élèverait à 150 millions en 2021, 550 millions dès 2022 (Ericsson, 2016) pour passer à 1,1 milliard en 2025 (GSMA, 2017), soit un taux de couverture de la population de 34 %. Pour Ovum, en 2022, le montant de souscriptions mobiles serait sensiblement inférieur: 400 millions dont une large part (80 %) se situerait en Amérique du Nord et en Asie (Roberts, 2016).

En 2025, la 5 G couvrirait 12 % des connexions mobiles (GSMA, 2017). Pour le trafic mobile, il est déjà prévu qu'en 2021, les connexions 5G assureront 4,7 fois plus de trafic que la moyenne des 4G (Cisco, 2017). Cette évolution serait accompagnée de la vente/achat de nouveaux smartphones adaptés aux terminaux qui atteindrait 300 millions d'unités en 2025 (Kendall, 2016). La couverture mondiale des réseaux 5G, toucherait 10 % de la population, dès 2022 (Ericsson, 2016).

En 2030, il est prévu 100 milliards de connexions ce qui confirme le succès de la 5G par rapport aux standards antérieurs (Liu, 2016).

À l'échelle de l'Europe de l'ouest, nous n'avons pu trouver que quelques données chiffrées sur des prévisions de souscriptions, ainsi un chiffre est avancé par Ericsson 5 % en 2022 (Ericsson, 2016) alors qu'Ovum indique que l'Europe représentera 10 % des souscriptions mobiles mondiales à la fin 2021 (Roberts, 2016).

5.1.3 Moteur de croissance

Les retombées macroéconomiques attendues de ce réseau à très haut débit mobile ont fait l'objet de quelques études prospectives aux niveaux mondial et européen. Ces retombées couvrent des périodes qui démarrent en 2020 et se terminent en 2035. Deux études ont été prises comme référence compte tenu qu'elles suivent une approche méthodologique similaire, l'analyse input-output. D'autres études construites sur des extrapolations de la 3/4G ou encore des enquêtes ont été également prises en compte.

Au niveau mondial, une étude de IHS Markit (Campbell, 2017) estime que la 5G contribuerait en moyenne à 0,2 % dans la croissance annuelle globale, soit des revenus annuels nets de 163 à 223 milliards de \$ (\$ 2016) ce qui correspondrait à un total de 3,5 billions de \$ pour l'ensemble de la période 2020-2035.

Pour l'Europe, l'étude SMART financée par la Commission Européenne (EC, 2016) mentionne un revenu estimé de la 5G entre 95 et 110 milliards d'euros en 2020 pour les 28 États-membres contre 1,2 billion de \$ mondialement.

5.1.4 Contribution directe et indirecte à l'activité économique

Une première contribution concerne l'activité des fournisseurs d'équipements, des opérateurs et gestionnaires de réseau. Cette contribution recouvre les investissements nécessaires au déploiement du réseau (45 % équipement radio, télévision et communication, 34 % construction et 21 % PTT) ainsi que les revenus espérés des opérateurs. A ce stade, des données ont pu être trouvées sur les financements nécessaires en UE (28) qui se situeraient à 56,6 milliards d'euros en 2020 et 58 milliards d'euros en 2025 (EC, 2016).

Une deuxième contribution concerne les retombées directes et indirectes (impacts induits) liées aux usages du réseau.

Au niveau mondial, IHS Markit (Campbell, 2017) estime l'impact de la 5G en termes de ventes globales de biens et services à 12,3 milliards de \$ en 2035, ce qui représente 4,6 % du produit mondial.

L'étude européenne SMART (EC, 2016) estime les effets multiplicateurs des investissements du déploiement 5G dans les 28 États-membres en 2020 produiront en 2025 un effet multiplicateur de 141,8 milliards d'euros. Par ailleurs, des « bénéfiques » annuels directs de 62,5 milliards d'euros seraient attendus dans 4 secteurs verticaux (automobile, santé, transport et énergie). Ils seraient complétés de « bénéfiques » indirects (induits) sociétaux (industrie, 63 % et consommateurs 37 %) de 50,6 milliards d'euros, soit au total 113,1 milliards d'euros par an.

Emploi

La plupart des études mentionnent des créations d'emploi qui se chiffrent au niveau mondial à 22 millions en 2035 pour la construction et le maintien du réseau (Campbell, 2017) et au niveau européen à 2,3 millions quand la 5G sera pleinement opérationnelle dans les 28 États-membres (EC, 2016).

Mais peu d'études s'attardent à chiffrer les destructions d'emplois issues des hausses attendues de productivité. La 5G est considérée par certains comme « job killer », notamment dans son application dans la voiture autonome qui devrait toucher les chauffeurs (taxi, camions) ou dans le commerce (magasin électronique) et la fabrication (automatisation). C'est l'emploi peu qualifié qui devrait le plus souffrir de cette évolution et devrait être compensé par d'autres emplois nécessitant des qualifications numériques (Seagan, 2017).

5.1.5 Infrastructures (antennes et relais)

La 5G nécessite des compléments d'infrastructures par rapport à la 4G, notamment portant sur les hautes fréquences (> 6 GHz) nécessaires pour assurer les débits très rapides. Ceux-ci consisteront en un réseau dense de microcellules (des milliers, voire des millions) dont l'installation pourrait s'avérer assez coûteuse. A ce réseau, il faut compter l'ajout d'antennes pour de nouvelles fréquences 5G (< 6 GHz et < 1 GHz) ainsi que des modifications possibles dans les antennes existantes (GSMA, 2016 ; Lemstra, 2017).

Dans ce large spectre de plusieurs bandes de fréquences, certaines doivent encore être définies et devraient être codifiées en 2019 par l'International Communication Union (ITU), chapeauté par l'ONU. Un démarrage généralisé est prévu en 2020. Les premiers tests sont prévus en 2018 parmi lesquels figurent les jeux Olympiques d'hiver en Corée du Sud.

Des incertitudes subsistent concernant l'attribution des nouvelles bandes de fréquences hertziennes.

Au niveau mondial, les coûts du déploiement (+ R&D) de la 5G s'élèveraient à une moyenne de 200 milliards de \$ par an dans 7 pays industrialisés avancés (Campbell, 2017). Au total, en 2025, les revenus prévus des opérateurs mobiles 5G s'élèverait à 247 milliards de \$ (ABI research, 2016).

Pour les 28 États membres, SMART indique que les coûts approximatifs du déploiement de la 5G se monteraient 56 milliards d'euros en 2020 à 58 milliards d'euros en 2025. Les coûts du déploiement par souscripteur s'élèveraient à 141 € en 2020 et 145 € en 2025 contre 135 € pour la 4G en 2013 (EC, 2016). L'étude mentionne que les coûts de gestion pourraient s'élever à 70-80 % des revenus des opérateurs ce qui correspondrait à une fourchette de 67-88 milliards d'euros par an en 2020 contre des revenus se situant entre 95-110 milliards d'euros.

5.1.6 Financement public /privé/tarifification

Il existe diverses initiatives au niveau mondial pour soutenir le déploiement de la 5G en particulier en Asie avec la « Korean 5G Forum Initiative », le groupe de promotion IMT2020 (5G) en Chine and l'ARIB 2020 & Beyond Ad Hoc Group au Japon (Osseiran, 2016).

En Europe (28), pour disposer d'un signal clair, la Commission européenne a lancé en 2013 un programme de partenariat public-privé (5GPPP) de 4,2 milliards d'euros dont 700 millions d'euros ont été avancés par la Commission. Dans cette enveloppe, 125 millions d'euros sont dévolus à des projets H2020 impliquant des centres de recherche, des opérateurs et des équipementiers (Mittal, 2017 ; Warren, 2014).

5.1.7 Services rendus (bien-être des consommateurs)

La 5G est dans ses premières phases de développement et ses applications sont multiples et encore à construire pour certaines, compte tenu de la puissance de ce réseau interconnecté en termes de « capacités » (capacités, connectivité, fiabilité, temps de réponse, efficacité énergétique) (Goldman, 2016). Actuellement, des études assez approfondies ont été menées dans des secteurs (« verticaux ») destinés à valoriser cette technologie « support » d'innovations: automobile, santé, transport, énergie, robotique, smart home, média et jeux vidéo, réseaux sociaux, etc.

Autre avantage mis en avant : l'efficacité énergétique chiffrée comme le nombre de bits transmis par Joule consommé. Dans ce domaine, la 5G permettra 1000 x plus de trafic pour une consommation inférieure de moitié à l'actuelle.

Par sa conception, le système se révèle particulièrement adapté aux grandes agglomérations (Goldman, 2015).

5.1.8 Barrières

Certaines barrières dénoncées dans le précédent rapport sont toujours d'actualité (Rolain, 2016). Il faut y rajouter le coût des infrastructures de réseau qui doivent comporter un grand nombre de microcellules (car de portée limitée) nécessaires aux vitesses ultra élevées. Ainsi à Londres, les coûts d'investissement et de fonctionnement du réseau de microcellules s'élèveraient à respectivement 141 millions de \$ et 1,42 milliard de \$ d'après Intel (Tracy, 2016).

5.2 Aspects micro-économiques

5.2.1 Le secteur mobile en Belgique

Le secteur des communications électroniques belge comprend trois opérateurs disposant de leurs propres réseaux mobiles (opérateurs MNO¹), à savoir Proximus, Orange (ex-Mobistar) et Telenet Group (qui a intégré Base), et de 25 opérateurs virtuels, c'est-à-dire sans réseau mobile propre (opérateurs MVNO²).

La croissance du secteur se poursuit en Belgique, bien qu'elle connaisse un certain ralentissement par rapport à 2015. La hausse observée du chiffre d'affaires est surtout due à l'augmentation des services internet à large bande fixe et à la TV, tandis que la part de la téléphonie fixe continue à diminuer et que les services mobiles connaissent une certaine contraction, à savoir -0,3 % (Rapport IBPT 2017³). Le chiffre d'affaires du secteur a atteint 7,2 milliards d'euros en 2016 (Rapport IBPT 2017).

En matière de services mobiles, un domaine enregistre une forte croissance : le nombre de cartes « machine-to-machine » (M2M) a augmenté de + 39,7 en 2016 par rapport à 2015. Cette croissance se poursuivra très probablement avec le développement des technologies « intelligentes » et l'adoption progressive de politiques « smart cities » à travers la Belgique. Bruxelles en particulier a une politique particulièrement ambitieuse dans le domaine, avec le lancement en 2016 du projet Smartcity.brussels et l'adoption en 2017 du plan NextTech Brussels 2017-2021, dont l'objectif est de « *créer un environnement qui supporte et favorise la création et la croissance des entreprises actives dans les technologies de l'information et de la communication en Région bruxelloise en formulant une série d'objectifs et de mesures concrètes* ». Remarquons par ailleurs que le développement de la 5G vise, entre autres, de rendre possibles certaines applications intelligentes nécessitant non seulement une grande capacité de transfert de données, mais aussi une latence⁴ très faible.

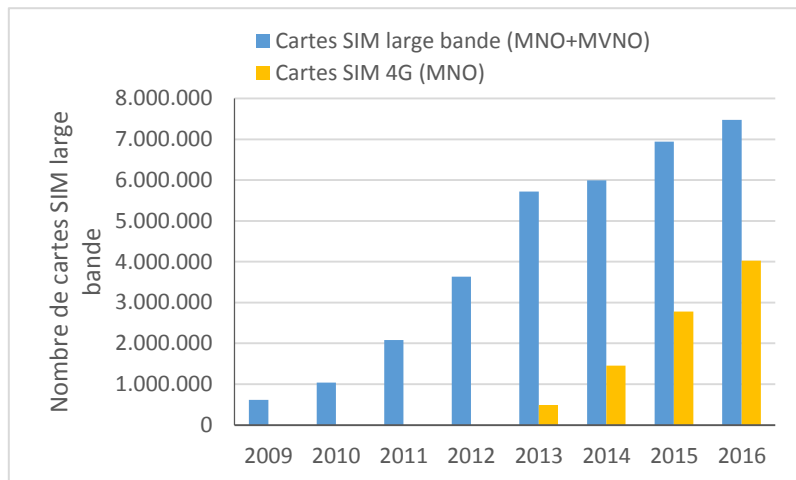
Le nombre de cartes SIM à large bande (utilisées pour les données mobiles) en circulation poursuit sa croissance, en particulier pour les cartes SIM supportant la 4G, qui représentent aujourd'hui environ 65 % des cartes à données mobiles (rapport IBPT 2016).

¹ MNO – Mobile Network Operator

² MVNO – Mobile Virtual Network Operator

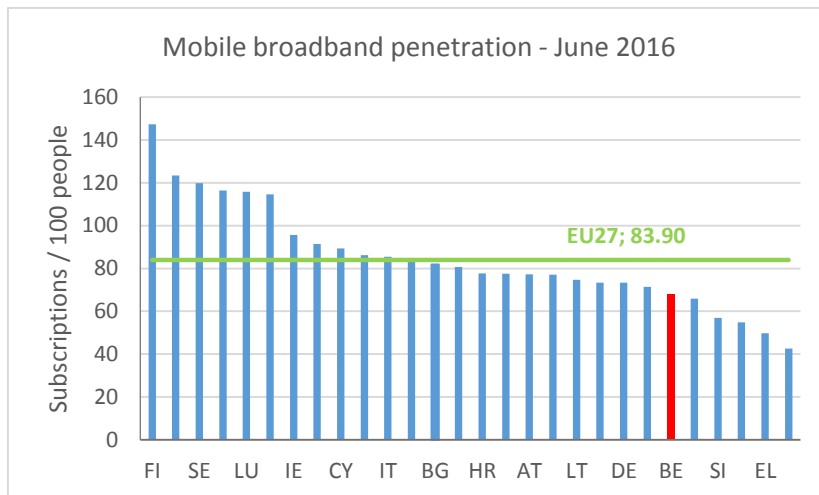
³ Situation économique du secteur des télécommunications 2016 – IBPT, 2017. On s'y référera ci-après comme au rapport IBPT 2017.

⁴ La latence est l'intervalle de temps compris entre le moment de l'envoi et le moment de la réception d'un paquet de données.

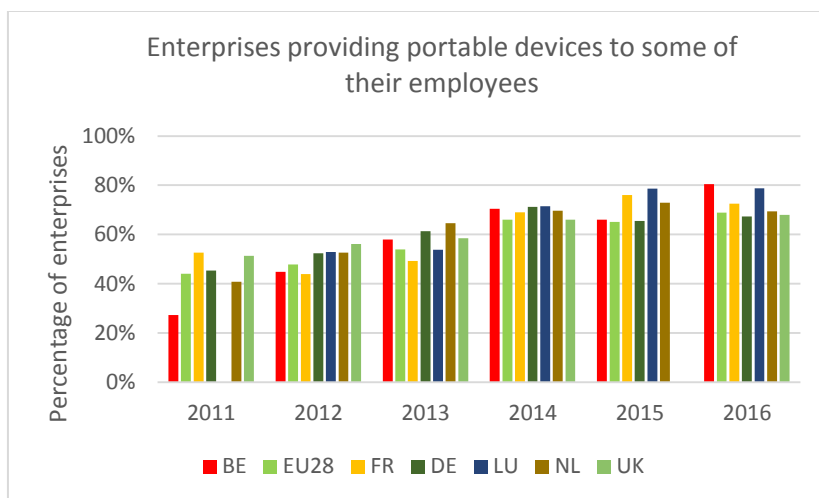


Évolution du nombre de cartes SIM à large bande en Belgique. Source : Situation économique du secteur des communications électroniques 2016 – Rapport IBPT 2017.

Toutefois, l'internet mobile à haut débit reste globalement encore relativement peu développé en Belgique par rapport aux autres pays européens et en dessous de la moyenne européenne. Si la couverture s'est améliorée et si pratiquement l'ensemble du territoire est aujourd'hui couvert par les technologies 3G et 4G, la Belgique marque encore un retard relativement important concernant l'adoption de ces technologies par la population. Ainsi, en juin 2016, le taux de couverture de la population par la 4G était de 94,5 %, mais la Belgique ne comptait que 67,81 abonnements Internet mobile à haut débit pour 100 habitants, contre une moyenne européenne de 83,90. Il y a toutefois une nette augmentation du taux de pénétration par rapport aux années précédentes, et ceci est en partie dû aux entreprises offrant des appareils permettant des connexions internet mobiles à large bande à leurs employés ; ainsi 79,9 % des PME et 96,4 % des grandes entreprises belges ont fourni des smartphones et tablettes à leurs collaborateurs en 2016 (Digital Agenda Scoreboard key indicators, 2017).

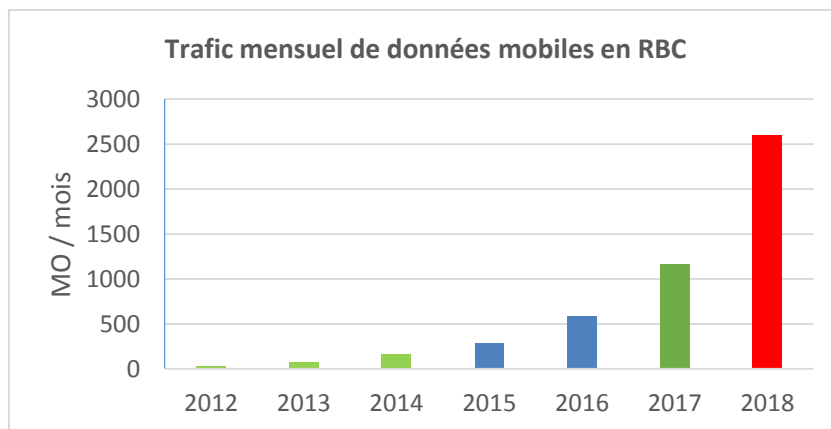


Taux de pénétration des services mobiles à large bande en juin 2016. Source : Digital Agenda Scoreboard key indicators, 2017 (<https://goo.gl/2MQm5V>).



Pourcentage d'entreprises offrant des appareils « données mobiles » à leurs employés. Comparaison avec les pays limitrophes. Notons la position en tête de la Belgique en 2016. Source : Digital Agenda Scoreboard key indicators, 2017 (<https://goo.gl/5yV5ZR>).

Le trafic de données mobiles est en augmentation constante et a atteint en 2016 plus de 77 millions de giga-octets pour l'ensemble de la Belgique (Rapport IBPT 2017). Plus de la moitié du trafic de données mobiles – 58,2 % – des trois opérateurs mobiles a été généré par des smartphones. La technologie 4G compte pour 66,8 % du volume total de données mobiles des 3 MNO. Il est prévu que cette croissance se poursuivra, avec l'arrivée prochaine de la 4,5G et de la 5G. Rien qu'à Bruxelles, les opérateurs prévoient que l'utilisation de données mobiles atteindra 2 600 mégaoctets par mois en 2018.



Évolution du trafic mensuel de données mobiles à Bruxelles, en mégaoctets / mois ainsi que prévisions pour 2018. Source : Agoria, 2016 (communication personnelle).

5.2.2 Contribution directe et indirecte au développement économique du secteur numérique belge et bruxellois et contribution à l'emploi

5.2.2.1 Secteur des TIC belge : importance et contribution de la branche télécommunications

Les technologies de l'information et de la communication (TIC) investissent tous les domaines économiques et constituent un important moteur de croissance et de développement, mais aussi d'innovation technologique et organisationnelle. Ainsi le secteur des TIC a assuré 7,7 de la croissance économique depuis 1995, alors que leur part dans l'économie ne s'élève qu'à 3,7 % (Belgium 2.0 – Conseil Central de l'Économie, 2015⁵).

Le secteur TIC est défini sur base des codes NACE-BEL 2008 et comprend toute une série d'activités, dont le secteur des télécommunications, identifié sous le code 61, et plus précisément 61.1, 61.2, 61.3 et 61.9 (SPF Économie 2017⁶). En 2015, cette branche regroupait plus de 11 % des entreprises du secteur TIC, soit 3 979, et son chiffre d'affaires représentait plus de 40 % du chiffre d'affaires total du secteur des TIC, soit 11,95 milliards d'euros. En termes d'emploi, le secteur des télécoms occupait 20 655 travailleurs à temps plein en 2016, ce qui représente plus de 24 % de l'ensemble du secteur TIC (SPF Économie 2017). La branche télécommunications est donc un des moteurs de l'économie numérique en termes aussi bien de chiffre d'affaires que d'emplois.

Pour illustrer la place des TIC dans l'économie belge, citons quelques chiffres à titre d'exemple. Ainsi, presque 100% des entreprises belges ont désormais accès à internet, dont 97,4 % ont un

⁵ Belgium 2.0 – Vers une transformation numérique de l'économie réussie : Le rôle des infrastructures à haut débit et d'autres éléments – Conseil Central de l'Économie (CCE), 2015 – Ci-dessous, CCE 2015.

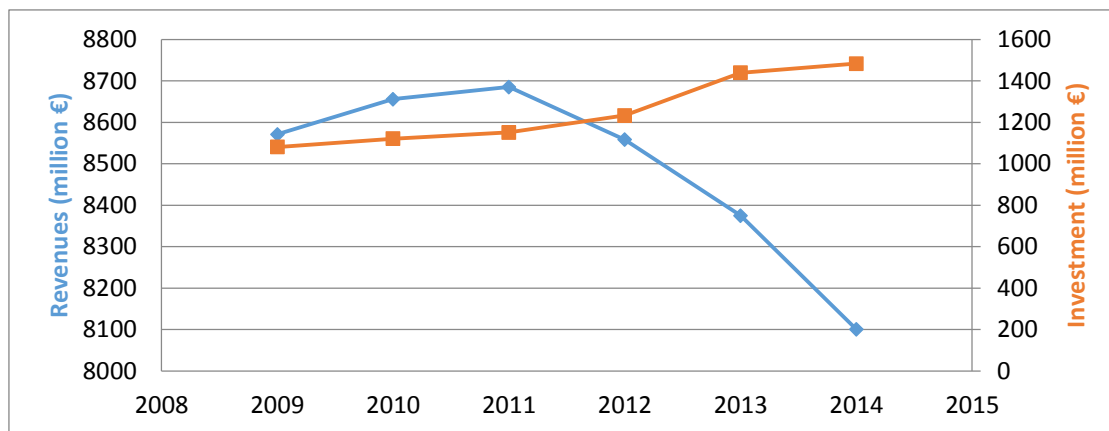
⁶ Baromètre de la société de l'information 2017 - SPF Économie, juillet 2017. Nous nous y référons sous le terme SPF Économie 2017.

accès à large bande, fixe ou mobile. Par ailleurs, 74,2 % des entreprises belges utilisent une connexion mobile à haut débit. La part du chiffre d'affaires des entreprises belges généré par le commerce électronique continue à augmenter passant de 25,4 % en 2015 à 28,6 % en 2016. Par ailleurs, 24 % des entreprises belges ont payé pour diffuser de la publicité sur internet (SPF Économie 2017). On pourrait continuer cette liste, mais ce qui est à retenir est que les TIC font désormais partie intégrante de la vie des entreprises et de plus en plus souvent, elles contribuent au chiffre d'affaires. Il est donc essentiel d'assurer le développement du secteur, ce qui passe entre autres aussi par le développement de réseaux de communications de qualité.

5.2.2.2 Chiffre d'affaires et investissements du secteur télécoms en Belgique

Comme mentionné plus haut le chiffre d'affaires du marché des communications électroniques a atteint 7,216 milliards d'euros en 2016, soit une croissance de +1 % par rapport à 2015 (Rapport IBPT 2017). Cette hausse est surtout due aux services à large bande fixe et à la TV, alors que la part des services mobiles diminue légèrement.

Les investissements dans les réseaux tant fixes que mobiles continuent à augmenter et consomment une part de plus en plus importante du chiffre d'affaires généré. Ainsi, en 2016 les investissements dans les réseaux représentent (hors acquisition de licences) 21,9 % du chiffre d'affaires généré contre 19,6 % en 2015. Ces investissements servent non seulement pour entretenir le réseau existant, mais aussi pour déployer les nouvelles technologies et augmenter la capacité du réseau pour faire face à l'augmentation constante du trafic. Ainsi, les trois opérateurs sont déjà en train de déployer la 4,5G et de se préparer à l'avènement de la 5G. Selon les prévisions des opérateurs, la mise en place du réseau 5G nécessitera des moyens importants pour un retour sur investissement comparativement faible. Ceci est déjà en fait observable : les revenus du secteur sont en train de diminuer depuis plusieurs années, alors que les investissements augmentent. Toutefois, cette évolution est non seulement inévitable, mais aussi capitale pour l'économie belge.



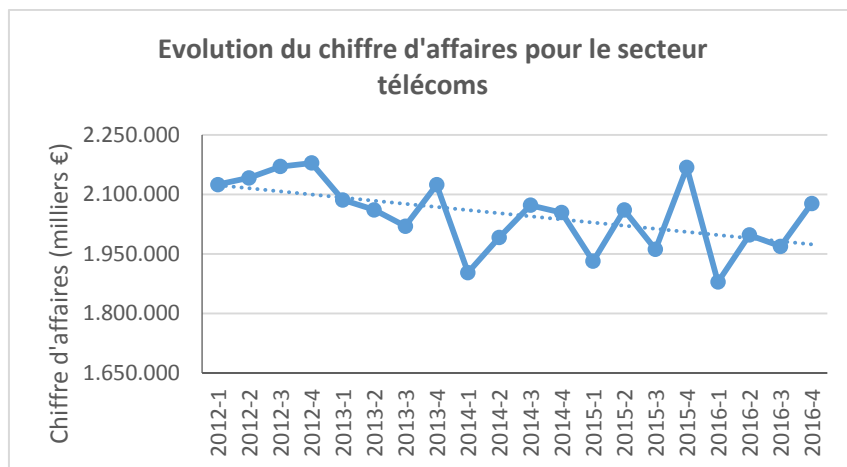
Évolution des revenus du secteur des communications et des investissements dans les réseaux mobiles en Belgique. Source : Digital Agenda Scoreboard key indicators, 2017 (<https://goo.gl/dnzoEA>).

En plus des investissements dans les actifs fixes, les montants investis par les opérateurs pour l'acquisition de droits d'utilisation (licences) dépassent les 3 milliards d'euros. Le renouvellement de certaines de ces licences et l'acquisition de droits sur des bandes nouvellement mises à disposition, d'ici 2021, devraient mobiliser environ 700 millions d'euros (données Agoria, 2016).

5.2.2.3 Situation économique du secteur télécoms en RBC

Il est nécessaire de préciser tout d'abord que les chiffres économiques concernant spécifiquement le secteur des télécommunications bruxellois sont rares, car aucune institution régionale ne les collecte. L'Institut Bruxellois des Statistiques et d'Analyse (IBSA) n'analyse que les chiffres agrégés pour les rubriques NACE-BEL à deux digits ; ainsi, pour le secteur des télécommunications les chiffres dont dispose l'IBSA portent sur l'ensemble de la rubrique 61, sans qu'il y ait des données plus ciblées. De plus, les dernières années pour lesquelles les données économiques sont disponibles varient en fonction des sujets et des sources. Malgré ces limitations les données reprises ci-dessous donnent une bonne image de l'importance du secteur télécoms dans l'économie bruxelloise.

Le chiffre d'affaires du secteur télécoms bruxellois a atteint 2,077 milliards d'euros en 2016 (IBSA, 2017), en diminution par rapport à 2015 (IBSA, 2017). Ceci représente environ 29 % du chiffre d'affaires au niveau national et souligne bien évidemment l'importance du secteur dans l'économie bruxelloise.



Évolution du chiffre d'affaires pour le secteur des télécommunications bruxellois. Source : IBSA 2017 (communication personnelle).

La valeur ajoutée brute du secteur était en 2015 d'un peu plus de 2,26 milliards d'euros, ce qui représente environ 40 % de la valeur ajoutée du secteur au niveau national. Par ailleurs, cela représente aussi près de 60 % de la valeur ajoutée du secteur TIC bruxellois (IBSA 2017). Bien évidemment, une partie de ces valeurs s'expliquent par la présence des sièges centraux de certains opérateurs à Bruxelles ; néanmoins cela ne diminue en rien l'importance du secteur pour l'économie bruxelloise.

En 2015, le nombre d'emplois dans le secteur était de 10 992 postes, soit 1,6 % de l'emploi régional et plus de 34% des emplois de l'industrie technologique bruxelloise dans son ensemble⁷.

En termes d'investissements, les trois opérateurs ont investi 109 millions d'euros dans le réseau mobile bruxellois sur la période 2015-2016, et ils estiment que d'ici 2019 environ 300 nouveaux sites seront nécessaires pour les réseaux 4G et 4G+, en plus de 1300 sites existants (données Agoria 2016).

Les contributions financières du secteur sont également très importantes. Ainsi, le secteur des télécommunications verse plus de 300 millions d'euros d'ISOC et de charges annuelles au Trésor (hors dividendes et contributions diverses), dont une partie revient à la Région. De plus, le secteur public et parapublic bruxellois perçoit en loyers plus de 3 millions d'euros annuellement, pour l'occupation d'espaces dédiés aux sites techniques (données Agoria, 2015).

5.2.3 Politiques de soutien à l'économie numérique

L'importance des nouvelles technologies est surlignée par les nombreuses initiatives politiques mises en place tant au niveau fédéral que régional. Sous l'impulsion de l'Agenda Numérique pour l'Europe, la Belgique a adopté le plan Digital Belgium en 2015. Ce plan, organisé autour de

⁷ « L'industrie technologique compte 31.578 emplois, dont 60 % directement dans le secteur TIC, 28 % dans des services liés et 12 % dans l'installation et la maintenance ». Source : Plan NextTech Brussels 2017 – 2020.

5 thématiques prioritaires, a trois objectifs principaux à l'horizon 2020, notamment la création de 50 000 nouveaux emplois dans le secteur des TIC.

Au niveau bruxellois, les ambitions sont également au rendez-vous. La Région a adopté début 2017 le Plan NextTech Brussels 2017 – 2021 pour soutenir le développement du secteur des TIC et transformer Bruxelles en capitale du numérique. En plus du plan, une marque (Digital Brussels) a également été lancée, ainsi que le projet Smartcity.brussels. Le but est de mettre en place une stratégie numérique cohérente et volontaire pour stimuler l'innovation et l'entrepreneuriat dans le secteur du numérique. Si de nombreux outils existent déjà, deux problèmes essentiels se posent à Bruxelles : 1) le manque de coordination et communication entre les différents acteurs ; 2) des freins législatifs et juridiques au développement des réseaux. Le nouveau plan a justement pour but de faciliter les collaborations entre parties prenantes, notamment entre les secteurs privé et public, mais aussi de positionner Bruxelles dans le paysage numérique international. Pour ce faire, le plan est doté de près de 8 millions d'euros et un premier appel à projets a déjà été lancé en juillet 2017. Les ambitions de la Région sont donc grandes, mais pour qu'elles se réalisent, des infrastructures performantes sont absolument nécessaires.

5.2.4 Importance des réseaux pour l'économie numérique et déploiement des nouvelles technologies à Bruxelles

En effet, un réseau de communication à haut débit (fixe et mobile) est essentiel pour la numérisation de l'économie. Les services actuels, qu'ils soient à finalité professionnelle ou de loisirs, sont de plus en plus gourmands en bande passante et le nombre d'utilisateurs est en constante augmentation. De nouvelles applications sont également en cours de développement (services de santé à distance, voitures autonomes, technologies intelligentes variées) nécessitant des réseaux très performants tant en termes de capacité, que de vitesse et de latence. De plus, différentes études ont montré que le haut débit peut être « *un levier pour la croissance économique et l'emploi (...) et qu'une infrastructure de télécommunications bien développée constitue un facteur d'attrait majeur pour les entreprises étrangères* » (Belgium 2.0 - CCE 2015). Il est également important de souligner que chaque euro investi dans les nouveaux réseaux très haut débit (fixes et mobiles) génère 3 euros de PIB, ce qui engendre 1,5 euro de recettes fiscales et sociales (Le paysage des télécoms en Belgique, Arthur D. Little, 2015).

À Bruxelles, le débat très polarisé autour des infrastructures et une législation qui reste malgré tout très lourde à appliquer, ne créent pas un cadre favorable pour les investissements nécessaires pour maintenir la qualité des réseaux et déployer des nouvelles technologies, notamment la 5G. Tandis que les opérateurs sont déjà en train de déployer la 4,5G dans la plupart des grandes villes belges, à Bruxelles les choses n'avancent que très lentement. Selon les opérateurs, la norme bruxelloise actuelle, limitant fortement la puissance d'émission, rend le basculement vers la

technologie 4,5G, et donc a priori 5G aussi, très compliqué techniquement et plus coûteux qu'ailleurs.

Remarquons toutefois que la 5G est une technologie encore en cours de développement, et il n'existe pas encore d'études concernant son éventuel effet sur la croissance économique et l'emploi. Néanmoins, comme mentionné plus haut, les hauts débits, indépendamment de la technologie utilisée, ont généralement des effets socioéconomiques positifs, notamment en termes de création d'opportunités d'emplois et d'avantages financiers (CCE 2015). Par ailleurs, l'augmentation des capacités « *incite les entreprises à innover et à essayer de nouvelles idées, et crée ainsi de nouvelles opportunités qu'il est impossible de s'imaginer par avance. En d'autres termes, un grand nombre des avantages économiques de l'internet ultrarapide ne seront évidents qu'une fois les réseaux déployés* » (CCE 2015).

Vu le potentiel économique de cette technologie et les enjeux économiques à la clé, les investissements dans son développement sont importants. La Commission européenne a ainsi lancé un vaste programme de partenariat avec l'industrie, le 5G Infrastructure Public Private Partnership (5G PPP - <https://5g-ppp.eu/>) pour développer le réseau 5G européen, avec un budget de départ de 1,4 milliard d'euros. En même temps, différents pays européens et asiatiques ont mis en place des programmes propres de recherche et de développement dans le domaine et certains sont déjà en train de lancer des tests à grande échelle (Suède, Corée du Sud).

Signalons par ailleurs que Proximus a déjà réalisé un premier test des fréquences 5G sur un réseau expérimental à Bruxelles, sur le campus de la VUB. L'opérateur est ainsi parvenu à atteindre un débit de 70 gigabits par seconde, une vitesse 100 fois plus rapide que celle atteinte avec le réseau 4G actuel, démontrant la faisabilité technique. Si la 5G ne sera pas déployée tout de suite, les opérateurs travaillent déjà sur la mise en place de la 4,5G, technologie intermédiaire entre la 4G actuelle et la 5G.

5.2.4.1 *Permis d'environnement*

Cf. Rapport Bruxelles Environnement 2017.

5.2.4.2 *Permis d'urbanisme*

Cf. Rapport BDU 2017.

5.2.5 Conclusions

Le secteur des télécoms est essentiel pour l'économie bruxelloise, et ceci est en ligne avec la situation belge générale. Il présente un important potentiel de développement, mais celui-ci est limité par une législation à la fois très complexe et très stricte, évoluant constamment. Les changements législatifs continuels créent un climat d'insécurité juridique peu favorable à l'investissement et rend les perspectives économiques du secteur assez sombres. Il est dès lors nécessaire de simplifier la législation et de diminuer autant que possible les démarches et exigences administratives, dans le but non seulement de diminuer la charge de travail de l'administration (particulièrement la Direction de l'Urbanisme), mais aussi pour favoriser le déploiement des réseaux.

La transition numérique souhaitée par le Gouvernement bruxellois ne pourra pas se faire sans un cadre juridique, fiscal et administratif favorable. Une évaluation constante de la norme, de son application et de son impact sur la qualité des réseaux, à mettre en parallèle avec les développements technologiques et l'évolution des connaissances, devra être assurée pour garantir que celle-ci reste adéquate et appropriée.

Un frein important aux nouvelles installations est l'opposition d'une certaine partie du public. Il est donc nécessaire de continuer d'informer et éduquer le public de façon objective, et de dépassionner le débat autant que possible. À cette fin, les outils développés par Bruxelles-Environnement pourraient s'avérer très utiles s'ils sont accompagnés d'une communication positive et efficace sur les enjeux environnementaux, sanitaires, sociaux et économiques liés aux technologies mobiles.

5.3 Bibliographie

ABI research, 2016 : ABI Research Projects 5G Worldwide Service Revenue to Reach \$247 Billion in 2025 - <https://www.abiresearch.com/.../abi-research-projects-5g-worldwid...>

Campbell, K., Di ley, J., Flanagan, B., Morelli, B., O'Neil, B. Sideco, F. 2017 « The 5G economy: How 5G technology will contribute to the global economy ? » IHS ECONOMICS & IHS TECHNOLOGY - 34 p.

Cisco, 2017 : « Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2016–2021 » White Paper - 35 p.

EC, 2016 : « Identification and quantification of key socio-economic data to support strategic planning for the introduction of 5G in Europe ». SMART 2014/0008 – Tech4i2 ; Real Wireless ; CONNECT, Trinity College Dublin ; InterDigital - Publications Office of the European Union , Luxembourg - 114 p.

Ericson, 2016 : « ERICSSON MOBILITY REPORT on the pulse of the networked society » - 35 p.

Goldman, D., 2016 : What will a world with 5G look like? <http://money.cnn.com/2016/02/09/technology/5g/index.html> - 2 p.

Goldman, D., 2015 : What is 5G? <http://money.cnn.com/2015/12/04/technology/what-is-5g/index.html> - 6 p.

GSMA, 2017 : « The 5G era: Age of boundless connectivity and intelligent automation » - GSMA 5G Taskforce - GSMA Intelligence – 42 p.

GSMA, 2016 : « Spectre 5G – Position en matière de politique publique » - GSMA Intelligence – 6 p.

GSMA, 2014 : « Understanding 5G: Perspectives on future technological advancements in mobile » - GSMA Intelligence - 26 p.

Kendall P. and Ukonaho V-P., 2016 « 5G to reach 690M Connections and 300M Handset Shipments by 2025 » Strategy Analytics - Press Releases

Lemstra, W., Cave, M., Bourreau, M., 2017 : « Towards the successful deployment of 5G in Europe: What are the necessary policy and regulatory conditions? » CERRE 5G Report 2017 - 116 p. + list of Acronyms

Mittal, S., 2017 « The Push for 5G Shaking Up the Landscape » - DBS Asian Insights - Telecom, Media and Technology Analyst DBS Group Research - 39 p.

Osseiran, A., Monserrat, J-F., Marsch, P., 2016 : « 5G Mobile and Wireless Communications Technology » - Cambridge University press - 405 p.

Rolain, Y., Beauvois, V., Erzeel, D., Hecq, W., Lagroye, I., Pollin, S., Rebreau, L., Vanderstreaten, J., Verschaeve, L., 2016 : « Rapport du comité d'experts sur les radiations non ionisantes. 2015-2016 » Bruxelles-Environnement - 29 p.

Segan, S., 2017 « We Need to Prepare for the 5G Jobs Apocalypse » PCMag reviews (February 21, 2017) - 8 p.

Tracy, P., 2016 : « Small cells: Backhaul difficulties and a 5G future » - www.rcrwireless.com › Network Infrastructure › LTE - 5 p.

6 Évolutions de la norme 5G influençant l'ordonnance

La prochaine génération de communication sans fil est en cours de développement en vue de répondre à divers nouveaux besoins, dont la demande sans cesse croissante de vitesses de transmission élevées, de faibles latences (meilleurs temps de réaction, par exemple de voiture à voiture), ou de pouvoir prendre en charge de grosses quantités d'appareils à petit débit de données (Internet des Objets, par exemple les compteurs intelligents). Les détails de la prochaine génération de technologies de communication sans fil (5G) n'ont pas encore été arrêtés, mais il est d'ores et déjà clair que trois évolutions importantes se profilent : la réduction de la taille des cellules, le passage à des fréquences plus élevées et l'utilisation de très nombreuses antennes.

Le comité a pris des initiatives en vue de recueillir des informations actuelles de grande qualité auprès des opérateurs actifs en Région bruxelloise. Nous donnons ci-dessous quelques explications à ce sujet et nous indiquons quelles peuvent être les conséquences de ces changements sur le plan du rayonnement, et quelle pourrait être leur incidence sur l'ordonnance.

6.1 Initiatives visant à recueillir des informations

BUT : Bien que le protocole de la 5G n'ait pas encore été totalement normalisé, les opérateurs commencent déjà à préparer et à déployer un certain nombre de prototypes de réseau. Vu que la norme de la 5G est très diverse, il faut des informations spécifiques sur les projets d'avenir des opérateurs si l'on veut donner un avis clair sur l'incidence qu'aura la 5G sur l'ordonnance. Il est dès lors nécessaire de pouvoir consulter les opérateurs dans cette phase précoce et de pouvoir ainsi mieux apprécier ces projets.

MÉTHODE : Le comité a choisi de prendre contact avec les trois principaux opérateurs mobiles actifs en Région bruxelloise et de les inviter à une série d'entretiens. Afin de ne pas alourdir inutilement l'agenda, le comité a désigné deux membres et les a chargés de prendre les rênes de l'opération. Une fois les rendez-vous fixés, tous les autres membres sont invités, à titre facultatif, à assister à la réunion. Les membres-clés font ensuite rapport au comité.

RÉALISATIONS : Une première réunion a eu lieu à Bruxelles-Environnement le 9 novembre 2017. On en trouvera un bref compte rendu ci-dessous, ainsi que le calendrier des travaux du comité pour 2018. Le compte rendu synthétise les sujets abordés lors de cette réunion. Le comité pourra se baser sur les sujets évoqués pour poursuivre en 2018 son exploration du rôle des évolutions de la technologie. Au point 6.1.1, un rapport est donné sur ce qui a été examiné lors de la réunion d'information, ce n'est en aucun cas le fruit d'une étude scientifique ou un résumé de la vision du comité.

6.1.1 Réunion d'information avec les opérateurs, le 9 novembre 2017

Le comité a invité les trois grands opérateurs mobiles ayant des activités à Bruxelles dans le but de recueillir des informations sur les prochaines évolutions des réseaux mobiles bruxellois. L'évolution vers la 5G en est la motivation concrète. L'UE ayant défini comme objectif de déployer la 5G dans au moins 1 ville de chaque pays à l'horizon 2020, ces opérateurs sont aussi occupés à dresser des plans dans cette optique.

Le comité désire surtout rassembler des informations auprès des opérateurs sur les bandes de fréquences envisagées pour la 5G, sur le recours à plusieurs antennes intégrées dans une même station de base afin d'en accroître le rendement spectral, et sur d'autres possibles changements radicaux des types de rayonnement de la 5G. Les tendances identifiées par le comité dans le cadre de ces entretiens sont présentées ci-dessous. Les informations spécifiques fournies par les opérateurs pendant la réunion d'information sont indiquées en italique. **Elles sont reproduites telles que les opérateurs les ont communiquées, et elles ne reflètent donc pas le point de vue du comité ou ne reposent pas sur une étude scientifique.**

- **Fréquences et 5G :** La norme actuelle est prévue pour des fréquences allant jusqu'à 300 GHz et elle laisse donc assez de place pour les éventuelles nouvelles bandes de fréquences prévues dans la 5G. L'outil de simulation actuellement utilisé pour vérifier si la norme n'est pas dépassée peut simuler des champs jusqu'à 30 GHz. La 5G peut recourir à des fréquences plus élevées, ainsi que l'a déjà fait observer le comité.
 - Informations données par les opérateurs concernant l'usage de nouvelles bandes de fréquences : *« Les opérateurs projettent de se focaliser sur 3,5 GHz dans une première phase. Il est prévu de mettre en service des fréquences plus élevées dans une seconde phase seulement. Mais, pour l'instant, les opérateurs ne savent pas vraiment s'il sera utile d'utiliser de nouvelles bandes à Bruxelles (y compris la 3,5 GHz). En effet, selon leur raisonnement, de nouvelles bandes signifient plus de puissance totale émise, ce qui n'est pas possible à Bruxelles pour le moment sans investir dans de nouveaux sites, puisque la norme applique une limite cumulée. »*
- **Technologies à antennes multiples :** Pour accroître l'efficacité de la communication, la 5G fera appel dans une mesure importante à la technologie MIMO (Multiple Input Multiple Output) dans laquelle on utilise plusieurs antennes à la fois pour réaliser une voie de communication. Moyennant l'activation judicieuse des antennes, cela permet d'augmenter le rendement spectral (plusieurs utilisateurs utilisent le spectre au même moment) ou le rendement en matière de portée (émission plus focalisée de la puissance dans des directions bien choisies).

- Informations données par les opérateurs concernant l'utilisation d'antennes MIMO : les opérateurs confirment que : *« la technologie des antennes intelligentes arrive et qu'elle est aussi déjà présente dans la 4G dans une mesure limitée (4x4 MIMO) en certains endroits. Mais, pour l'instant, les opérateurs ont le sentiment qu'il n'est pas possible de déployer les 4x4 MIMO dans la 4G à Bruxelles parce que la norme actuelle prend en compte la puissance de chaque antenne, qu'elle soit ou non activée intelligemment. Les opérateurs citent un exemple : ainsi, la technologie 4x4 MIMO qui a été installée à Bruxelles, est utilisée dans la configuration moins optimale du 2x2 MIMO afin de respecter la norme. Les opérateurs affirment que, pour rester dans les limites de la norme, ils doivent désactiver 2 des 4 antennes. Ils posent la question de savoir s'il est possible d'examiner la possibilité d'utiliser le rayonnement effectif à la place du rayonnement le plus défavorable (worst case) afin de prendre en compte le rayonnement des antennes et de pouvoir exploiter la technologie avec un maximum d'efficacité. Les opérateurs citent des études internationales qui disent qu'il est judicieux de travailler avec une norme qui n'est pas dépassée dans 95 % des cas [8]. »*
- Remarque du comité : Le comité souhaite ajouter qu'à Bruxelles, on travaille avec une marge de 3 dB si bien que l'on en tient déjà compte en partie. Il faut une étude supplémentaire pour voir dans quelle mesure 3 dB suffisent pour obtenir une description représentative des variations de puissance attendues dans la norme 5G.
- **Variations du comportement radiatif dans le temps :** Les opérateurs pointent encore par ailleurs une autre évolution de la 5G qui peut entraîner une variation du mode de rayonnement dans le temps :
 - Informations fournies par les opérateurs : *« Un autre changement radical lié à la 5G réside dans le recours potentiel au TDD (duplex à répartition dans le temps), ce qui permet d'avoir du trafic montant et descendant dans une même bande. »* Le comité ajoute que la bande de 3,4-3,8 GHz sera affectée au TDD. Les signaux des liaisons montantes et descendantes passent par les mêmes voies ou fréquences.

⁸ IEC 62232:2017: Determination of RF Field Strength and SAR in the Vicinity of Radio Communication Base Stations for the Purpose of Evaluating Human Exposure, IEC Standard IEC 62232:2017, Aug. 2017.

Dans l'ensemble, les opérateurs soulignent les positions suivantes :

- *Les opérateurs affirment que : « Il est impossible de fournir plus de capacité sans utiliser plus de puissance pour cela. En effet, chaque bit envoyé a besoin d'une certaine quantité d'énergie. Les nouvelles technologies étant meilleures et plus efficaces, elles ont donc besoin de moins d'énergie/bit. Mais, comme la demande de capacité augmente beaucoup plus vite que ce que les progrès de la technologie peuvent absorber, une augmentation de l'énergie nécessaire s'impose pour prendre en charge la hausse des débits. »*
- *Les opérateurs affirment que : « Des solutions sont développées dans le monde afin de respecter la norme internationale de l'ICNIRP, par exemple via le pilotage groupé intelligent des technologies d'antenne. Grâce à des algorithmes complexes, ces technologies permettent d'optimiser l'énergie/bit nécessaire sans sortir des normes internationales. On voit mal un opérateur d'une petite zone telle que Bruxelles demander aux grands acteurs mondiaux du domaine des équipements radio de développer et de mettre en œuvre de nouveaux algorithmes optimisant le rapport énergie/bit et garantissant que l'exposition au rayonnement répondra à la norme bruxelloise concernée. »*
- Le comité demande s'il est possible d'avoir une idée générale de la façon dont d'autres régions du monde appliquant d'autres normes gèrent cette problématique.
L'IBGE formule une première réponse : « La Russie, la Chine et l'Inde, qui représentent ensemble 42 % de la population mondiale, utilisent une norme de, respectivement, 6, 12 et 13 V/m, des valeurs qui ne correspondent pas non plus à la norme de l'ICNIRP évoquée par les opérateurs. La ville de Paris utilise une puissance de champ maximale indicative de 5 V/m par le biais d'une charte (non contraignante) et pourtant, dans chacune de ces régions, on travaille résolument sur la 5G. »

Conclusion du comité : Le comité conclut de planifier une réunion au printemps 2018 afin de rester au courant des dernières évolutions sur le plan de la 5G. Des informations seront recueillies sur l'efficacité des technologies et sur leur applicabilité potentielle dans le cadre de la norme.

Le comité projette concrètement de rédiger un rapport dans le courant de 2018 en se fondant sur ces renseignements. Son objectif est d'établir ce rapport en deux parties :

- revue des innovations techniques actuelles (4.5G et au-delà) et de leur incidence sur la puissance rayonnée, et ce sur la base de l'expérience concrète des opérateurs bruxellois, d'une part, et des apports de Bruxelles-Environnement et de la littérature internationale et de l'état de la technique, d'autre part ;
- commentaire sur la suite du déroulement de la feuille de route à long terme de la 5G, y compris des informations sur la réglementation internationale s'appliquant à la 5G.

○ Influence sur la métrologie

Le comité remarque que les évolutions de la norme 5G conduiront à une série de changements d'importance dans les mesures du champ EM à effectuer. Le passage à des signaux dits agiles est la modification dont nous prévoyons qu'elle aura le plus d'influence sur les mesures et les procédures de mesurage.

Ces nouveaux signaux changent de façon dynamique en fonction de la position et du temps. Dans la norme 5G, la puissance du signal de communication est adaptée à la largeur de bande dont on a réellement besoin en un point donné et à un moment donné.

- La position est déterminé par formation des faisceaux (*beamforming*). Les antennes peuvent alors grouper la puissance rayonnée en faisceaux orientés sélectivement dans une série de directions. La notion de puissance 'moyenne' en est déforcée.
- La norme prévoit l'établissement de réseaux temporaires entre des terminaux (portatifs) de sorte que la topologie du réseau ne soit plus fixe. Cela complique nettement le contrôle du niveau du rayonnement.

Pour pouvoir relever ces défis métrologiques, le comité propose :

- de continuer à suivre la littérature afin de pouvoir évaluer correctement la tournure que prendra cette nouvelle situation ;
- d'adapter la capacité de mesure. Il faudra mesurer les signaux autrement dans le temps et dans l'espace. L'équipement actuel (simulation et appareils de mesure) n'est pas apte à exécuter de telles mesures ;
- de vérifier la mesure dans laquelle le logiciel de simulation peut prendre ces nouveaux signaux en compte. Bien que, de prime abord, l'on ne s'attende pas à de gros problèmes, il est quand même indiqué de poser explicitement la question du traitement des nouveaux signaux à l'auteur du logiciel.

SUGGESTION

- Le comité fait observer qu'il faudra acquérir de nouveaux équipements pour mesurer correctement les nouveaux signaux.
- Le comité propose aussi d'interroger explicitement l'auteur du logiciel sur les possibilités de son produit en ce qui concerne la simulation de signaux à variation dynamique.

7 Conclusion générale

L'ordonnance de la Région bruxelloise paraît rechercher un bon compromis entre des conditions générales divergentes : prestation de bons services à l'ère numérique, impact minime sur la santé publique, exploitation économiquement justifiée par les opérateurs, mise en application correcte des normes de rayonnement et contrôle de leur respect. Au vu des informations actuellement disponibles, le comité pense que l'ordonnance a trouvé un bon équilibre.