



AVIS DU CONSEIL SUPERIEUR DE LA SANTE N° 8927

Téléphonie mobile et santé ; avec en point d'attention la 4g
In this scientific advice on public health, the Superior Health Council of Belgium provides a risk assessment of radiofrequency electromagnetic fields for the Belgian population with a special focus on 4g technology innovation

01 octobre 2014

1. INTRODUCTION ET QUESTION

Une nouvelle phase de communication sans fil se met activement en place en Belgique et à l'étranger. Les autorités, les entreprises de télécommunication et les fabricants de matériel électronique ont fait pression pour rendre possible les communications via les réseaux de téléphonie mobile de quatrième génération (4G). Les possibilités d'accéder à internet via le téléphone mobile ('Smartphone') sont dès lors plus larges et, grâce aux laptops et tablettes, des communications par internet peuvent aussi être établies plus facilement et indépendamment de leur localisation.

Cette évolution constitue pour le Conseil supérieur de la santé l'occasion de se pencher à nouveau sur les conséquences possibles pour la santé de l'exposition aux champs électromagnétiques de radiofréquence (CEM RF) provenant du réseau de téléphonie mobile et du téléphone mobile. Dans le présent avis, le Conseil répond de sa propre initiative aux questions suivantes:

- Que peut-on retenir de l'étude réalisée au cours des dernières années concernant l'influence du rayonnement de radiofréquence sur la santé et les constatations récentes donnent-elles un nouvel éclairage aux avis antérieurs du Conseil?
- La technologie 4G possède-t-elle des caractéristiques particulières susceptibles d'influencer la santé des utilisateurs et des riverains de stations de base?

2. AVIS

C'est en 2000 que le Conseil a rendu son premier avis concernant des recommandations en matière de limitation de l'exposition aux CEM RF dans le cadre de la téléphonie mobile. Depuis lors, des milliers de publications scientifiques sont parues au sujet de l'influence potentielle des CEM RF sur la santé. Il n'est néanmoins pas possible de répondre par un 'oui' ou un 'non' univoque à la question 'l'exposition aux CEM RF des systèmes de communication sans fil est-elle nocive pour la santé?'. Le fait qu'après de nombreuses années d'utilisation aucune indication claire n'ait pu être trouvée quant au détriment sanitaire si l'on prend en compte les valeurs guides préconisées par les instances nationales et internationales est en soi rassurant. D'autre part, nos connaissances ne sont pas suffisantes sur les conséquences de l'exposition actuelle aux CEM RF des systèmes de communication sans fil durant toute une vie et à l'échelle de l'ensemble de la population pour pouvoir statuer de manière définitive en la matière.

Le CSS estime dès lors que ses recommandations antérieures sont toujours d'application, y compris les limites d'exposition recommandé pour la santé. Il considère l'application du principe de précaution dans ce contexte comme un moyen de prévenir des dommages irréparables pour la santé publique. Le Conseil répond par la négative à la question de savoir si les systèmes 4G possèdent des caractéristiques particulières qui n'ont pas ou insuffisamment été prises en compte dans les considérations antérieures. Une modification des recommandations antérieures ne s'avère dès lors selon lui pas nécessaire compte tenu du développement technologique actuel. Le CSS constate cependant que l'utilisation de systèmes de communication sans fil, en termes de quantité d'informations échangées, est en forte augmentation (on parle d'un doublement tous les deux ans). En admettant que cette croissance se poursuive, elle ne pourra être compensée, sans augmentation considérable des niveaux de CEM RF dans l'environnement, que par le remplacement des anciennes technologies de communication sans fil par des technologies plus récentes telles que les systèmes 4G. En termes de réduction de l'exposition, vu la croissance continue, il est souhaitable d'éliminer rapidement les anciennes technologies

La conclusion relative à la validité des recommandations antérieures porte également sur les mesures pratiques destinées à limiter, dans un contexte de précaution, l'exposition aux CEM RF des systèmes de communication sans fil. A cet égard, le CSS fait également référence aux indications figurant dans la brochure 'Champs électromagnétiques et santé' du SPF Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement

En outre, le Conseil considère la relation entre communication sans fil et santé publique dans une perspective plus large. L'importante augmentation de l'utilisation d'internet et l'intercommunication 'toujours et partout' sont sources d'autres schémas sociaux et d'une modification de comportement. Cette évolution peut influencer la santé publique aussi bien dans un sens positif que négatif mais la recherche scientifique en la matière est encore limitée. Le déplacement de l'utilisation vers un âge toujours plus précoce requiert une attention toute particulière. Le CSS recommande d'encourager la recherche en ce qui concerne ces aspects des technologies de communication sans fil.

Mots clés

Keywords	Mesh terms*	Sleutelwoorden	Mots clés	Stichworte
GSM	Cellular Phone	GSM	GSM	GSM
Non-Ionizing Radiation	Radiation, Nonionizing	Niet ioniseerdestraling	Radiation non-ionisante	nicht ionisierende Strahlung
Wi-Fi		Wi-Fi	Wi-Fi	Wi-Fi
Specific absorption rate		specifiek absorptietempo	Débit d'absorption spécifique	spezifische Absorptionsrate
electromagnetic field	electromagnetic field	Elektromagnetische velden	Champs électromagnétique	elektromagnetisches Feld
radio frequency	Radio Waves	Radiofrequente	Radio fréquence	Radiofrequenz
extremely low frequency		Extreem lage frequentie	Extrêmement basse fréquence	extrem niedrige Frequenz

* MeSH (Medical Subject Headings) is the NLM controlled vocabulary thesaurus used for indexing articles for PubMed.

3. ELABORATION ET ARGUMENTATION

ABREVIATIONS ET SYMBOLES

ANFR	Agence National de Fréquences (France)
Anses	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (France)
IBPT	Institut belge des services postaux et des télécommunications
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
CMDA	Code Division Multiple Access
CSS	Conseil Supérieur de la Santé
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
EEG	électroencéphalogrammes
EHS	Electromagnetic hypersensitivity ou hypersensibilité électromagnétique
ELF CEM	champs électromagnétique d'extrêmement basse fréquence
CEM	Champ électromagnétique
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FDD	Frequency Division duplex
G	Generation dans le développement de la téléphonie mobile (1G, 2G, 3G,4G, 5G)
GPRS	General Packet Radio Services
GSM	Global System for Mobile Communications (2G-technologie)
CSS	Conseil supérieur de la Santé
HPA	Health Protection Agency
HSPA(=)	High-Speed Packet Access (Evolved High-Speed Packet Access)
IARC	International Agency for Research on Cancer (WHO)
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
IEI-EMF	Idiopathic environmental intolerance with attribution to EMF (intolérance idiopathique environnementale avec attribution aux CEM)
IF CEM	Champ électromagnétique de fréquence intermédiaire
ISSeP	Institut scientifique de service public (Wallonië)
LTE	Long Term Evolution
NMT	Nordic Mobile Telephone
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
CEM RF	Champ électromagnétique Radiofréquence
RTT	Régie des Télégraphe et Téléphone
SAR	Specific absorption rate (SI- eenheid W.kg-1)
SMS	Short Message Service
TDD	Time Division duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
UHF	Ultra high frequency
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
WCDMA	Wideband Code Division Multiple
WHO	World Health Organization (Wereldgezondheidsorganisatie)
WiFi	éthernet sans fil

3.1 Méthodologie

Après analyse de la demande, le Collège et le président du groupe de travail ont identifié les expertises nécessaires. Les experts du groupe ont rempli une déclaration générale et ad hoc d'intérêts et la Commission de Déontologie a évalué le risque potentiel de conflits d'intérêts.

L'avis est basé sur une revue importante de la littérature scientifique, publiée à la fois dans des journaux scientifiques et des rapports d'organisations nationales et internationales compétentes en la matière (peer-reviewed), ainsi que sur l'opinion des experts. Le Groupe de travail c'est aussi assuré de la qualité des études (type d'étude, méthodologie des études, financement,...).

Après approbation du projet d'avis par le groupe de travail, le Collège a validé l'avis en dernier ressort.

3.2 INTRODUCTION

3.2.1 Téléphonie mobile

La communication sans fil au moyen de rayonnements de radiofréquence remplit des fonctions dont notre société actuelle ne pourrait plus se passer. Outre les applications connues depuis longtemps telles que la radio et la télévision, la téléphonie sans fil ou mobile a connu un important essor au cours des dernières décennies. En 2013, la Belgique comptait environ 120 abonnements de téléphonie mobile pour 100 habitants (World Bank 2013). Non seulement le nombre de 'portables' a fortement augmenté mais leur utilisation a aussi subi une importante modification: à l'origine, il s'agissait principalement de conversations, l'échange de données n'étant devenu une des principales fonctions que pour la nouvelle génération d'utilisateurs.

L'essor important de la technologie de téléphonie mobile indique une large acceptation de cette dernière parmi la population. Mais, probablement en raison de cet essor important aussi, les utilisateurs, groupes de pression et autorités se sont posé des questions quant aux risques pour la santé de l'usage du téléphone. Les questions portent presque exclusivement sur l'influence potentielle de l'exposition aux rayonnements de radiofréquence sur la santé des personnes qui téléphonent et des riverains des stations de base. Les préoccupations concernent surtout le fait de provoquer ou de favoriser le cancer, l'influence sur le développement de l'enfant et l'hypermotilité aux rayonnements de radiofréquence.

3.2.2 Problématique

Le Conseil supérieur de la santé (CSS) s'est prononcé précédemment sur la base des résultats publiés par la recherche scientifique concernant l'influence potentielle du rayonnement de radiofréquence sur la santé (les plus récents: (Conseil supérieur de la santé 2009, 2010, 2011)). Globalement, le Conseil est parvenu à la conclusion que la recherche ne fournissait pas d'indication convaincante justifiant une crainte quant à des effets sur la santé. Le Conseil a toutefois également identifié des lacunes dans les connaissances et des incertitudes qui, selon lui, doivent, dans un contexte de santé publique, amener à une certaine prudence lors de l'emploi et du développement de la téléphonie mobile. Le Conseil indiquait, dans ses avis, des valeurs guides susceptibles selon lui d'apporter une aide lors de la fixation de normes légales.

Le développement de la technologie de téléphonie mobile se poursuit à un rythme élevé. Actuellement, les systèmes dits de quatrième génération (4G) font leur apparition. Ces systèmes sont caractérisés par des vitesses plus élevées lors du transport de données ce qui entraînera vraisemblablement aussi une augmentation de leur utilisation dans le cadre de l'échange de

données. Ce développement et les questions qu'il suscitera indubitablement incitent le Conseil à émettre un nouvel avis concernant l'influence sur la santé du rayonnement de radiofréquence, tel que celui utilisé pour la téléphonie mobile. Dans ce contexte, il répondra aux questions suivantes:

- Que peut-on retenir de l'étude réalisée au cours des dernières années concernant l'influence du rayonnement de radiofréquence sur la santé et les constatations récentes donnent-elles un nouvel éclairage aux avis antérieurs du Conseil?
- La technologie 4G possède-t-elle des caractéristiques particulières susceptibles d'influencer la santé des utilisateurs et des riverains de stations de base?

Pour répondre à ces questions, le Conseil se limite à la description des connaissances relatives à l'influence de l'exposition aux rayonnements de radiofréquence sur la santé et aux incertitudes concernant ces connaissances. L'avis peut être utile lors de l'évaluation des normes en vigueur.¹

3.2.3 Structure de l'avis

Dans le paragraphe 3.3, le Conseil consacre brièvement son attention au développement de la téléphonie mobile et à ses caractéristiques, en particulier les technologies 4G. De plus amples informations sont fournies dans une annexe A. Le chapitre 3.4 traite ensuite de l'influence du rayonnement de radiofréquence, avec une attention particulière pour les effets sur la santé dont il est fréquemment question dans les discussions scientifiques et sociales. Le chapitre 3.5 répond aux questions et aborde en bref la mesure des intensités de rayonnement. Après y avoir fait référence aux mesures pratiques précédentes destinées à limiter l'exposition, le Conseil situe dans le chapitre final (3.6) l'utilisation de la téléphonie mobile dans un cadre social plus large et plaide pour que l'attention portée aux avantages et inconvénients pour la santé ne se limite pas à un effet potentiel de l'exposition aux rayonnements de radiofréquence.

¹ Dans ses avis antérieurs, le Conseil utilisait le terme de 'norme' pour ses recommandations. Etant donné que le Conseil se base toutefois sur la littérature scientifique en matière de santé, il considère que le terme de valeur guide est préférable, afin de faire la distinction avec une norme légale qui peut inclure également d'autres considérations ne concernant pas la santé. Ce point est explicité plus avant dans le chapitre 3.

3.3 Développement de la technologie de communication sans fil

3.3.1 De la téléphonie mobile à la communication sans fil

L'essor important des communications sans fil s'illustre bien par le développement du nombre d'abonnements de téléphonie mobile par habitant (Figure 1). La possibilité de téléphoner à partir d'un portable est apparue en Belgique vers 1980. Il s'est écoulé 15 ans avant que la téléphonie mobile ne soit vraiment à la mode. Ensuite, les choses se sont accélérées très vite comme le montre la figure. Vers l'an 2000, la téléphonie mobile s'est banalisée et le nombre d'abonnements dépasse maintenant le nombre d'habitants. Les réseaux Wifi de communication au moyen d'ordinateurs portables et de Smartphones constituent une autre forme importante de communication sans fil.

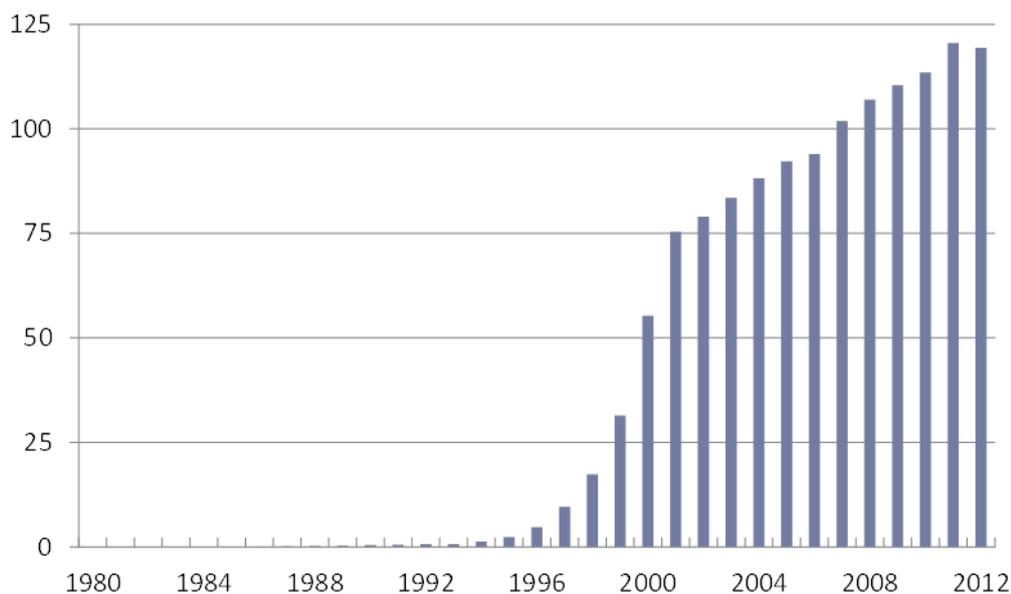


Figure 1 Nombre d'abonnements de téléphonie mobile pour 100 habitants en Belgique entre 1980 et 2012. Emprunté à (World Bank 2013).

Cette augmentation s'accompagne d'un développement technologique. L'annexe A en donne un aperçu depuis l'introduction des téléphones analogiques de première génération (1G) en passant par l'ère du numérique des GSM (2G) et UMTS (3G) jusqu'aux lancements actuel et futur des systèmes 4G. Il y est également fait mention des licences que les autorités belges ont délivrées aux opérateurs de télécommunication et pour quelle bande de fréquence.

A l'origine, le téléphone mobile (1G), tout comme le téléphone fixe, était axé sur la communication orale ('téléphoner'). Avec l'arrivée du 'GSM', l'envoi de brefs messages (SMS) est devenu populaire. La 3G et les prochaines générations de technologies de communication sans fil mettent de plus en plus l'accent sur l'échange de données.

Les téléphones mobiles sont toujours utilisés pour la communication orale et probablement dans une mesure croissante. Mais l'échange et la consultation de données sont devenus, comme mentionné déjà, une application importante, en tout cas pour les utilisateurs d'un Smartphone (Smith 2011, van der Giessen et al 2011, Duggan 2013, van Rooijans Schoenmakers 2013).

Les sites liés aux réseaux sociaux, nouveaux média, messagerie instantanée (« chat ») ainsi que les plateformes d'échange de contenu audio, d'images, de vidéos et de logiciels ou d'applications mobiles déterminent, dans une large mesure, l'utilisation des générations actuelles de téléphones mobiles (« Smartphone »), en particulier chez les adolescents. Selon une étude pour compte de l'opérateur de téléphonie Mobistar, un Belge sur trois possédait un Smartphone à l'automne 2012, généralement associé à un abonnement privé (Mobistar, 2013).

3.3.2 Exposition au rayonnement électromagnétique de radiofréquence

La communication sans fil (radio, télévision, téléphonie mobile, Wifi) est rendue possible par le transport des informations via des champs électromagnétiques (CEM) de radiofréquence (RF), c'est-à-dire des CEM situés dans le champ de fréquence compris entre 300 kHz¹ et 300 GHz³. Les CEM RF pour la téléphonie mobile se situent dans le champ de fréquence compris entre 300 MHz⁴ et 3 GHz, le domaine dit UHF (UHF pour ultra high frequency); voir Annexe A. Les CEM RF également dénommé des rayonnements de radiofréquence; le terme CEM RF sera utilisé systématiquement dans la suite du texte.

Outre la téléphonie mobile, il existe différentes autres applications des CEM RF en communication sans fil. Récemment, les valeurs d'intensité de rayonnement ont été mesurées en Belgique, aux Pays-Bas et en Suède en différents endroits pour diverses technologies de communication sans fil (Joseph et al 2012); voir Tableau 1⁵. L'intensité de rayonnement s'exprime en termes de champ électrique ($V.m^{-1}$). En ce qui concerne les CEM RF, en tout cas ceux de la téléphonie mobile, le champ électrique peut presque toujours être converti en champ magnétique et en densité de puissance ($W.m^{-2}$)⁶. Comme il fallait s'y attendre, il ressort de l'aperçu que la téléphonie sans fil apporte une large contribution aux niveaux de rayonnement dans l'environnement. A la fin des années 1980, cette contribution était encore pratiquement inexistante. L'augmentation des niveaux de rayonnement se retrouve dès lors dans les valeurs mesurées (Tomitsch and Dechant 2012), (Urbinello *et al*, 2014)..

¹ Hz est l'abréviation de hertz, l'unité de fréquence; 1 Hz = 1 s⁻¹; kHz est l'abréviation de kilohertz, 1 kHz = 10³ Hz

² La limite inférieure de la portée des radiofréquences n'est pas décrite de manière univoque. On rencontre également des valeurs de 3 et 30 kHz; voir p. ex. <http://en.wikipedia.org>

³ GHz est l'abréviation de Gigahertz; 1 GHz = 10⁹ Hz

⁴ MHz est l'abréviation de Megahertz; 1 MHz = 10⁶ Hz

⁵ Lors du choix des lieux de mesure, les chercheurs ont tenté de se faire une idée de l'exposition dans différents types d'environnements (par exemple quartier résidentiel, milieu rural, dans des bâtiments). Il ne s'agit pas de lieux choisis en raison de la proximité d'une certaine source.

⁶ 1,0 V.m⁻¹ correspond à 2,7 mW.m⁻² (mW est l'abréviation de milliwatt). Cette conversion vaut dans un espace libre à distance de quelques longueurs d'onde (p. ex. 33 cm à 900 MHz) de l'antenne.

Tableau 1 Champ électrique dû aux technologies de communication sans fil. Emprunté à (Joseph et al 2012). E_{min} , E_{max} et E_{avg} correspondent respectivement au champ électrique minimal, maximal et moyen tel que mesuré en 311 endroits en Belgique, aux Pays-Bas et en Suède. Etant donné que la fréquence et la forme du signal des différentes contributions diffèrent, le total de toutes les sources ne correspond pas simplement à la somme de toutes les contributions prises séparément.

Source CEM RF	Bande fréquence (MHz)	Variation de		E_{avg} ($V \cdot m^{-1}$)
		de	sur	
		E_{min} ($V \cdot m^{-1}$)	E_{max} ($V \cdot m^{-1}$)	311
FM	100	0,005	1,44	0,15
T-DAB	220	0,011	0,28	0,04
TETRA	390	0,002	0,45	0,04
PMR	146–174	0,002	0,29	0,03
	406–470			
TV analogique— DVB-T	174–223	0,003	1,65	0,09
	470–830			
GSM900	900	0,013	3,85	0,49
GSM1800	1800	0,007	2,15	0,24
DECT	1880	0,008	2,67	0,15
UMTS-HSPA	2100	0,011	1,41	0,16
WiFi	2400	0,000	0,54	0,03
LTE	2600	0,024	0,76	0,19
WiMAX	3500	0,014	0,28	0,07
Total toutes sources	—	0,023	3,90	0,71

FM = frequency modulation, T-DAB = Terrestrial—Digital Audio Broadcasting, TETRA = Terrestrial Trunked Radio, PMR = Private Mobile Radio, DVB-T = Digital Video Broadcasting—Terrestrial, GSM = Global System for Mobile Communications, UMTS = Universal Mobile Telecommunications System, DECT = Digital Enhanced Cordless Telecommunications, HSPA = High Speed Packet Access, WiFi = éthernet sans fil (code 802.11), LTE = Long Term Evolution, WiMAX = Worldwide Interoperability for Microwave Access.

Comme il apparaît dans le Tableau 1, les intensités de rayonnement diffèrent d'un endroit à l'autre; en outre elles varieront également dans le temps. Les valeurs sur lesquelles le tableau repose sont également classées par les chercheurs en fonction du type de lieu: région rurale, région urbaine, quartier résidentiel, ... La figure 2 en donne un aperçu en termes de champ électrique total, c'est-à-dire le champ de toutes les sources réunies. Dans tous les types de régions, la moitié des mesures (valeur médiane) du champ électrique est inférieure à $1 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ et dans 95% des mesures inférieure à $3 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ (en ce qui concerne l'incertitude de ces valeurs, il est fait référence aux publications originales). Ces résultats vont dans le même sens que les mesures de l'ISSeP¹ en région wallonne (voir Annexe B).

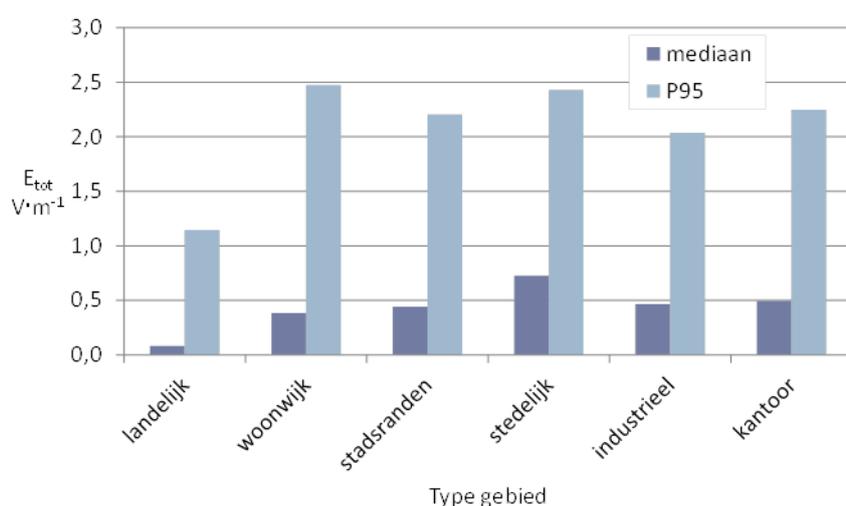


Figure 2 Valeurs de champ électrique total aux endroits mentionnés dans le Tableau 1 classés en fonction du type de région où la mesure a été effectuée. La valeur médiane est la valeur qui n'a pas été dépassée par 50% des valeurs mesurées, P95 n'a pas été dépassé par 95% des valeurs mesurées. Emprunté à (Joseph et al 2012). En ce qui concerne l'incertitude de ces valeurs, il est fait référence à l'article original.

Dans quelle mesure l'homme sera exposé aux CEM RF dépendra donc du temps passé à chaque endroit (ville, milieu rural, etc.) (Joseph et al 2010). Les niveaux à l'intérieur des habitations sont du même ordre de grandeur que ceux qui viennent d'être mentionnés (voir également Decat, 2008) et pour la plupart inférieurs à ceux d'autres endroits (Joseph et al 2010). Dans le cadre de l'exposition aux CEM RF de la téléphonie mobile, le fait de téléphoner ou non, la durée des communications, ainsi que la manière de téléphoner (écouteurs, oreillettes Bluetooth, etc.) auront également leur importance.

Les grandeurs permettant de caractériser l'exposition en vue d'une protection de la santé dépendent de l'idée que l'on se fait de la manière dont l'exposition peut nuire à la santé. Cette notion ne vaut que si elle concerne le réchauffement de parties du corps (voir ci-dessous). La

¹ ISSeP: Institut scientifique de service public

grandeur pertinente correspond alors à l'énergie absorbée à un endroit déterminé du corps, exprimée en terme de débit d'absorption spécifique (DAS) ou SAR avec pour unité $W \cdot kg^{-1}$ (WHO 1993). Voici de nombreuses années déjà que des publications font état de liens entre l'exposition aux CEM RF et le SAR¹ dans le corps (WHO 1993). En ce qui concerne les valeurs de champ électrique mentionnées dans le Tableau 1, le SAR moyen dans le corps est nettement inférieur à $1 mW \cdot kg^{-1}$. En cas d'utilisation d'un téléphone mobile à l'oreille, les valeurs locales de SAR peuvent être différentes. Il ressort d'études pilotes que les valeurs de SAR au niveau de la tête atteignent au maximum quelques dixièmes de $W \cdot kg^{-1}$ (moyenne sur des volumes de $1 cm^3$), les valeurs les plus élevées étant retrouvées à la face externe de la tête (van Leeuwen et al 1999a, van Leeuwen et al 1999b, Cardis et al 2011).

Les avis du Conseil et la littérature scientifique concernant les communications sans fil et la santé portaient principalement attention à l'exposition aux CEM de radiofréquence et c'est encore le cas aujourd'hui. Cette attention se justifie également pour l'exposition dans l'environnement, telle que celle due aux antennes émettrices de téléphonie mobile. Si l'on téléphone en portant l'appareil à l'oreille, il est également question d'exposition aux CEM dans la zone de 10 Hz à 300 kHz, la portée des CEM d'extrêmement basse fréquence (ELF) ou de fréquence intermédiaire (IF); le Conseil a déjà attiré l'attention sur la question précédemment (Conseil supérieur de la santé 2008, Gosselin et al 2013). L'exposition à ces CEM ne semble cependant pas être limitative en cas d'évaluation pour la santé (Jokela et al 2004, Ilvonen and Sarvas 2007) et n'est dès lors pas prise en considération dans la suite du document. Le CSS a examiné en 2008 une autre source potentielle d'exposition aux CEM ELF via des systèmes de communication sans fil, à savoir la démodulation des signaux de communication de radiofréquence (Conseil supérieur de la santé 2008). Ce phénomène constaté à l'époque présente une vraisemblance limitée d'exposition inquiétante pour la santé (Sheppard et al 2008) et n'est pas pris en compte ici non plus.

Afin de protéger la santé, des organisations internationales (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* 1998, Conseil des Communautés européennes 1999) et nationales, parmi lesquelles le CSS (Conseil supérieur de la santé 2009) ont fixé des valeurs limites pour le champ des CEM RF. Selon ces instances, le non dépassement de ces valeurs éviterait les effets néfastes de l'exposition aux CEM sur la santé. En raison des divergences dans l'évaluation des connaissances scientifiques concernant la relation entre CEM RF et santé et les incertitudes de ces connaissances, toutes les valeurs ne concordent pas. Le chapitre 3.4 ;1 traite plus avant du sujet. Toutes les valeurs mesurées dans l'environnement sont nettement inférieures aux valeurs proposées par l'*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP) (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* 1998). La réglementation européenne fait également référence aux recommandations de l'ICNIRP (directive 2013/35/EU).

¹ SAR – specific absorption rate

3.4 Champs électromagnétiques et santé

3.4.1 Normes et valeurs guides

Le CSS établit généralement des recommandations pour le gouvernement, et dans le présent avis, une distinction entre les notions de 'valeur guide' et de 'norme' est faite. Une valeur guide est déduite de données scientifiques concernant les conséquences d'une exposition à un agent déterminé. En cas d'exposition égale ou inférieure à la valeur guide, le risque d'apparition d'un effet néfaste pour la santé est, selon toute vraisemblance, nul (Gezondheidsraad: Commissie Afleiding gezondheidskundige advieswaarden 1996). Déduire des valeurs guides fait partie des tâches de groupes scientifiques tels que le CSS. Ces groupes doivent également évaluer l'intégration des incertitudes et lacunes dans les connaissances scientifiques. C'est la raison pour laquelle des groupes différents parviennent à des valeurs guides différentes (Schütz and Wiedemann 2005, Wiedemann et al 2005).

Les valeurs guides peuvent être utilisées comme base pour des valeurs limites ou normes légales. Ces dernières sont fixées par les autorités ou autres instances ayant un rôle législatif, généralement après consultation des partenaires sociaux. Outre les considérations de santé, d'autres considérations, notamment économiques, entrent également en ligne de compte. Une valeur limite légale ou norme peut donc correspondre à la valeur guide mais également s'en écarter à la hausse ou à la baisse.

Dans le présent avis, le CSS examine la base scientifique des valeurs guides pour l'exposition aux CEM RF liés aux communications sans fil.

3.4.2 Avis antérieurs du Conseil supérieur de la santé

Le CSS s'est déjà penché précédemment sur l'influence des CEM RF sur la santé dans le cadre de la téléphonie mobile (Conseil supérieur de la santé 2000, 2001, 2002, 2004, 2005). En 2009, le Conseil a répondu aux commentaires provenant du secteur des télécommunications sur ses précédents avis (Conseil supérieur de la santé 2009). Le Conseil a également examiné la signification de la classification des CEM RF de l'IARC comme 'potentiellement cancérigènes pour l'homme' (Conseil supérieur de la santé 2011b). Le CSS a par ailleurs résumé, dans une lettre adressée à la ministre fédérale de la santé publique, les fondements des valeurs guides proposées précédemment (Conseil supérieur de la santé 2010).

Dans ses avis, le CSS s'est toujours basé sur la dichotomie habituelle des effets potentiels de l'interaction entre CEM RF et tissus biologiques et organismes, à savoir les effets dus au réchauffement - effets thermiques - et les effets produits par d'autres mécanismes - généralement désignés comme effets non thermiques ou athermiques. Les effets thermiques sont bien connus et offrent une base pour déduire des valeurs guides en vue de leur prévention. Dans le cas des effets non thermiques potentiels à des niveaux d'exposition inférieurs à ceux où le réchauffement joue un rôle, les connaissances sont insuffisantes pour déduire des valeurs guides fiables. Ici, l'incertitude domine et le CSS a, pour cette raison, fait appel au principe de précaution¹ afin d'établir des valeurs guides (Conseil supérieur de la santé 2010).

Dans son avis de 2000 et dans les suivants de 2001 et 2005, le Conseil s'est rallié au résumé de l'état des connaissances scientifiques tel que formulé par l'ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* 1998), mais a toutefois proposé de prendre en compte des

¹ Pour l'application du principe de précaution, voir Gezondheidsraad (2008) et van Dijk et al (2011)

facteurs de précaution au-delà des facteurs de sécurité de l'ICNIRP. Le CSS a recommandé d'appliquer un facteur supplémentaire de 200 en terme de densité de puissance et à tout le moins un facteur 100 (Conseil supérieur de la santé 2000). Son objectif n'était pas tellement d'assurer une protection avec une plus grande marge de sécurité contre les effets thermiques de l'exposition aux CEM RF mais plutôt d'introduire également une marge au niveau des dommages potentiels à long terme. Le Conseil admettait que ces dommages n'étaient pas prouvés mais qu'il ne fallait pas non plus s'y attendre vu la période limitée d'application à grande échelle des technologies de communication sans fil (Conseil supérieur de la santé 2010). En ce qui concerne l'exposition aux CEM RF dans la bande de fréquence très utilisée des 900 MHz, le CSS est parvenu à une valeur guide de $3 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ pour l'exposition dans l'environnement en général. Les valeurs guides pour le champ électrique en ce qui concerne le domaine fréquentiel important pour la téléphonie mobile sont reprises dans la Figure 3. Il est utile de noter que la norme proposée par l'ICNIRP tient compte de l'effet thermique de l'exposition. Les effets non thermiques sont plus difficile à extrapoler, effectivement ceux-ci dépendent de plusieurs facteurs (longueur d'onde, puissance, ...)

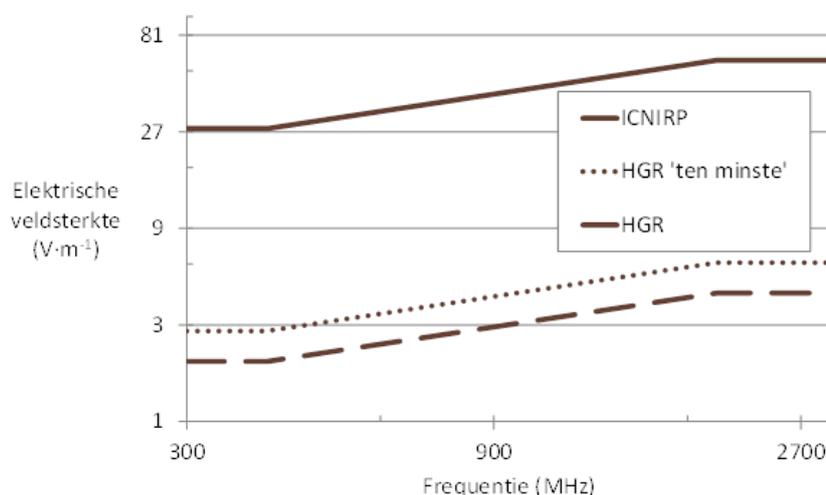


Figure 3 Valeurs guides pour le champ électrique des champs électromagnétiques de radiofréquence proposés par l'International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection 1998) et par le Conseil supérieur de la santé (CSS) (Conseil supérieur de la santé 2000). Pour la signification de "CSS 'au moins'" voir texte.

3.4.3 Considérations

Dans le paragraphe 3.4.4, le CSS résume les connaissances concernant l'influence de l'exposition aux CEM RF sur la santé. Il propose ici tout d'abord quelques considérations importantes pour l'interprétation des données de la recherche.

En tout premier lieu, la détermination de l'exposition aux CEM RF tout comme l'interaction des CEM RF avec les systèmes biologiques et la survenue potentielle de maladies et infections s'avère compliquée et être, par définition, une matière multidisciplinaire. Pour évaluer les résultats de la recherche scientifique en la matière, des spécialisations variées sont exigées. Seule la mise en commun des connaissances dans différents domaines peut amener à des conclusions justifiées.

Une exposition suffisamment élevée aux CEM RF peut entraîner un réchauffement. Les processus qui y mènent et déterminent dans quelle mesure le réchauffement se produit sont bien connus. De nombreux effets sur la santé rapportés dans la littérature scientifique peuvent s'expliquer par ce mécanisme de réchauffement, notamment les effets sur les descendants et également le cancer. En cas d'utilisation normale des systèmes actuels de communication sans fil, il ne faut toutefois pas s'attendre à des effets thermiques. Ainsi, l'augmentation de température lorsque l'on téléphone avec l'appareil à l'oreille reste limitée à moins de quelques dixièmes de degrés Celsius, avec une valeur maximale localement au niveau de la peau (van Leeuwen et al 1999).

Il s'avère difficile de réaliser une étude de laboratoire quant aux effets potentiels de l'exposition aux CEM RF sur des cellules et des animaux d'expérience, principalement au niveau de la maîtrise de l'exposition. Dans des études beaucoup plus anciennes, des effets considérés comme non thermiques ont, semble-t-il, dû être attribués à un réchauffement après examen plus approfondi (pour des exemples voir (Verschaeve and Maes 1998)).

Lors de discussions sociales au sujet de l'influence des CEM RF sur la santé, les résultats d'études sont souvent à tort relatés à d'autres formes de champs électromagnétiques (non ionisants). Les constatations relatives à l'influence potentielle des champs liés à l'approvisionnement en électricité, dits CEM ELF (*extremely low frequent*) ne peuvent en particulier pas être extrapolées à l'exposition aux CEM RF. Les propriétés et les effets biologiques potentiels des champs dans les différents domaines fréquentiels peuvent être très différents.

Les résultats d'un seul projet de recherche ne peuvent jamais conduire à un jugement définitif quant à la nocivité (ou l'innocuité) de l'exposition aux CEM RF. Les études à différents niveaux doivent être reproduites et, en outre, être évaluées de manière critique dans un contexte réciproque. Les différents niveaux d'étude sont les suivants: l'étude de laboratoire sur des cellules et tissus (étude *in vitro*), l'étude de laboratoire sur des animaux d'expérience (étude *in vivo*), l'étude sur des volontaires et l'étude épidémiologique quant au lien entre l'exposition aux CEM RF et certaines maladies. Ainsi, une étude *in vitro* peut contribuer à dévoiler un mécanisme d'action, à confirmer des effets constatés précédemment ou à étayer les résultats d'une précédente étude mais elle ne peut jamais en soi apporter une preuve d'un effet sur la santé de l'exposition aux CEM RF (ou de l'absence de celui-ci). Il en va de même pour les autres niveaux d'étude.

L'évaluation critique des résultats de l'étude en question doit notamment accorder de l'attention à la méthodologie, la justesse des mesures, la taille de l'échantillon et la pertinence des effets trouvés. Cela signifie que l'avis final ne peut jamais être constitué de la moyenne arithmétique du nombre de constatations 'positives' et 'négatives' (un nombre plus important de constatations négatives que de positives ne signifie pas tout simplement que la conclusion finale doit être 'négative' et inversement). Les résultats qui ne répondent pas aux attentes ou divergent des résultats d'autres études similaires nécessitent en particulier une attention supplémentaire.

Compte tenu de ces considérations, le CSS peut contribuer à réduire les malentendus dans les discussions sociales et de politique concernant l'influence possible des CEM RF sur la santé.

3.4.4 Aperçu des connaissances scientifiques concernant les effets potentiels des CEM RF des systèmes de communication sans fil sur la santé

Des groupes d'experts nationaux et internationaux ont réalisé l'évaluation critique des résultats de l'étude scientifique en question. Au cours de la période 2009-2011, un peu plus de 30 rapports d'évaluation ont été publiés (cf. Verschaeve and Brits 2011, Verschaeve 2012). Chaque rapport ou presque arrive à la conclusion qu'il n'existe pas d'argument prépondérant sur le plan scientifique concernant une influence néfaste des CEM RF des systèmes de communication sans fil sur la santé. En matière de téléphonie mobile, cela vaut aussi bien pour l'exposition durant l'usage du téléphone que pour celle aux CEM RF des antennes. Chaque groupe d'experts souligne cependant les incertitudes qui rendent difficile l'interprétation des résultats de l'étude, en particulier l'influence potentielle à long terme. Il en découle des points importants pour la politique et pour la recherche ultérieure. Cette dernière compte d'autant plus qu'il est question ici d'une technologie avec laquelle à peu près tout le monde entre en contact et qui évolue à une vitesse importante. Cela signifie que, malgré les nombreuses études réalisées au cours des dix dernières années, les conclusions basées sur les connaissances disponibles ne diffèrent pas fondamentalement.

Tant les rapports précités que le débat social accordent une attention majeure aux effets potentiels des CEM RF sur le matériel génétique (ADN), la barrière hémato-encéphalique, le système nerveux et les fonctions cérébrales (affections neurologiques) et le système hématopoïétique et immunitaire. L'influence potentielle sur les enfants et l'hypersensibilité aux CEM de certaines personnes sont aussi régulièrement soulevées. Dans le cadre des effets génétiques, l'apparition potentielle de cancer constitue un point important. Des études sont également réalisées concernant des effets d'un autre type. Le Conseil ne prend toutefois pas cet aspect en considération, notamment parce que cette étude ne permet pas d'apporter des arguments directement intéressants au sujet d'une influence des CEM RF sur la santé. Ci-dessous figure une brève description des constatations concernant les sujets mentionnés.

3.4.4.1 Effets génétiques

Les effets génétiques constituent des modifications du matériel héréditaire de nos cellules, l'ADN. Ils peuvent être responsables d'affections héréditaires, mais également de l'initiation du cancer et l'évolution du processus de cancérogenèse. Pratiquement tous les groupes d'experts sont parvenus à la conclusion que les CEM RF, du moins dans des conditions d'exposition non thermique, n'endommagent pas le matériel héréditaire et ne renforcent sans doute pas les effets provoqués par d'autres agents génotoxiques (Vijayalaxmi and Prihoda 2008, Verschaeve et al 2010, Vijayalaxmi and Prihoda 2012). Les résultats de certaines études déterminant les dommages génétiques dans le sang ou les cellules des glandes salivaires de personnes exposées aux CEM RF semblent susciter quelques préoccupations. Une évaluation critique a toutefois mis en évidence que ces études présentaient de graves lacunes, empêchant de tirer des conclusions des résultats (Verschaeve 2009). Un récent article de revue donne, selon l'opinion du CSS, un bon résumé de l'état actuel de nos connaissances (Miyakoshi 2013).

1. L'énergie des CEM RF est insuffisante pour provoquer des cassures de l'ADN intracellulaire. 2. La majeure partie des résultats de l'étude de génotoxicité est négative, à l'exception de l'exposition aux CEM RF puissants engendrant des effets thermiques. 3. Des modifications de l'expression génique par l'exposition aux CEM RF en relation avec la production de protéines de choc thermique constituent un phénomène étonnant. Les résultats de l'étude de cet effet sont toutefois contradictoires, sans doute en raison de différences dans les lignes cellulaires étudiées et les conditions d'exposition aux CEM RF. Répéter les expériences dans différents laboratoires est important. 4. Des techniques d'étude avancées ('microarray-analyse') n'ont pas fourni d'indication concluante quant à l'influence des CEM RF sur les fonctions cellulaires parmi

lesquelles la mortalité cellulaire, les fonctions immunitaires et la production de radicaux d'oxygène.¹

3.4.4.2 Effets sur la barrière hémato-encéphalique

La barrière hémato-encéphalique fait en sorte que les molécules de grande taille telles que les protéines ne puissent gagner le tissu cérébral à partir du sang. Si tel devait être le cas, cela pourrait avoir une influence sur le fonctionnement du cerveau et sur la santé. L'étude de l'influence de l'exposition aux CEM RF sur le fonctionnement de la barrière hémato-encéphalique revêt donc une importance certaine. Un groupe d'étude suédois a rapporté que les CEM RF, aux fréquences habituelles de la téléphonie mobile, perturbent la barrière hémato-encéphalique (Salford et al 1994, Salford et al 2003, Nittby et al 2009). Les résultats de ces études ont fait l'objet d'une discussion scientifique approfondie en même temps qu'environ 90 autres (Forschungsgemeinschaft Funk, 2005). En outre, des lacunes dans le projet d'étude ont également été examinées de manière approfondie, en particulier le mode d'exposition des animaux d'expérience. Il est établi que les CEM RF peuvent perturber la barrière hémato-encéphalique mais, dans ce cas, par un mécanisme de réchauffement c'est-à-dire lors d'expositions qui, d'une manière générale, ne se produisent pas dans l'environnement (Elder 2010, Perrin et al 2010, Stam 2010).

Le CSS se rallie à la conclusion selon laquelle l'exposition aux CEM RF à des niveaux non thermiques ne justifie pas de craindre une perturbation de la barrière hémato-encéphalique.

3.4.4.3 Affections neurologiques

Les CEM RF aux fréquences GSM peuvent influencer les schémas d'EEG² et l'activité cérébrale. Les résultats de diverses études ne sont toutefois pas concordants et n'ont sans doute aucune signification fonctionnelle (van Rongen et al 2009). Ceci est valable tant pour les enfants que pour les adultes. Une étude des effets cognitifs potentiels n'a fourni aucune indication convaincante d'un effet néfaste de l'exposition aux CEM RF aux fréquences de la téléphonie mobile (Juutilainen et al 2009, van Rongen et al 2009). Il en va de même pour une seule étude concernant la maladie d'Alzheimer (Arendash et al 2010, Arendash et al 2012).

Le CSS considère que les résultats ne montrent pas d'influence néfaste pour la santé de l'exposition aux CEM RF sur l'apparition d'affections neurologiques.

3.4.4.4 Effets sur le système hématopoïétique et immunitaire

En 1993, un groupe d'experts de l'Organisation mondiale de la Santé (WHO) a conclu qu'une augmentation trop importante de la température corporelle due à l'exposition aux CEM RF pourrait entraîner des dommages pour la santé par une atteinte du système hématopoïétique et immunitaire (effets thermiques) (WHO 1993). Certaines constatations de l'étude sur cellules exposées aux CEM RF ont abouti à une discussion concernant la possibilité que les fonctions cellulaires puissent également être influencées à des niveaux non thermiques de CEM RF. Certains auteurs ont interprété ces modifications comme un effet néfaste. D'autres considèrent qu'une telle stimulation est susceptible d'entraîner une augmentation de la résistance. En raison du faible nombre de données, il est difficile de se prononcer de manière définitive. Une étude sur des plants de tomates a montré une réponse accrue au stress entraînant certains effets immunologiques tels que la production de protéines de choc thermique (Vian et al 2007; Roux et

¹ Traduit de l'anglais par le CSS.

² EEG – électro-encéphalogramme

al 2008a, Roux et al 2008b). Par ailleurs, des effets similaires ont été signalés lors de l'exposition à d'autres stressseurs, par exemple une diminution et une augmentation de la température, un faible stress mécanique ou une modification de la salinité (Engelsma et al 2003, Huising et al 2003).

Le CSS se rallie à la conclusion selon laquelle une influence néfaste sur la santé de l'exposition aux CEM RF en raison d'une atteinte du système hématopoïétique et immunitaire ne peut être démontrée qu'à des niveaux d'exposition thermique (Juutilainen et al 2009, Szmigielski 2013).

3.4.4.5 Cancer

En 2011-2013, l'*International Agency for Research on Cancer* (IARC) de l'Organisation mondiale de la Santé a soumis à une évaluation approfondie la possibilité d'une influence cancérigène de l'exposition aux CEM RF (Baan et al 2011, IARC 2013). La conclusion de la majorité du groupe d'expert de l'IARC était que les CEM RF devaient être classés en classe 2B -'potentiellement cancérigènes pour l'homme'. Une minorité considérait qu'une classification en classe 3 - 'à ne pas classer en ce qui concerne la cancérigénicité pour l'homme' - était indiquée (IARC 2013).

Le CSS s'est précédemment préoccupé de la signification de ces constatations (Conseil supérieur de la santé 2011b). Dans le paragraphe 3.1 du présent avis, le Conseil indiquait que la conclusion reposait surtout sur les constatations d'une étude épidémiologique parmi les utilisateurs de téléphone. Dans la large étude *Interphone* (*The Interphone Study Group* 2010, Cardis and Sadetzki 2011), une augmentation de l'apparition d'une certaine forme de tumeurs cérébrales, à savoir les gliomes, a été constatée chez les très fréquents utilisateurs (Ilvonen S, Sarvas J, 2007; Independent Expert Group on Mobile Phones, 2000)¹. En outre, le groupe d'étude suédois de Hardell signale dans une série de publications depuis les années 1980 une apparition accrue de formes de tumeurs cérébrales liées à l'usage de téléphones mobiles (Hardell et al 2011). Bien que les résultats ne présentent pas d'image cohérente, le groupe d'expert de l'IARC estimait que ces résultats ne pouvaient être écartés sous prétexte de défauts dans les méthodes d'étude et d'un manque de cohérence. Pour de plus amples détails, le Conseil fait référence à son avis antérieur (Conseil supérieur de la santé 2011b) et à la publication de l'IARC (International Agency for Research on Cancer 2013).

Dans l'avis précité, le CSS s'est également penché sur la signification de la classification 2B. En premier lieu, la mention 2B signifie qu'une influence sur l'apparition ou le développement du cancer ne peut être exclue mais que d'autre part, il n'existe aucune certitude à cet égard. Cela est dû dans ce cas en particulier au fait que l'étude de laboratoire ne fournit aucune évidence quant au mode d'action de cette influence. En outre, la classification ne donne aucune réponse définitive au sujet des niveaux d'exposition susceptibles de provoquer un cancer. L'étude publiée ne permet pas d'étayer le sujet.

¹ Le risque dit relatif s'élevait à 1,4 avec un intervalle de confiance 95% de 1,0-1,9.

3.4.4.6 Intolérance attribuée aux champs électromagnétiques

Certaines personnes présentent des plaintes de santé qu'elles attribuent à l'exposition aux CEM à des niveaux inférieurs voire nettement inférieurs aux limites d'exposition recommandées en matière de santé. Il ne s'agit pas seulement d'un lien entre exposition aux CEM RF de la téléphonie mobile ou d'autres applications de communication sans fil mais également de CEM d'appareils électriques ou d'écrans par exemple. Dans la littérature, ce schéma de plaintes est qualifié par des termes tels que 'hypersensibilité électromagnétique' (*electromagnetic hypersensitivity*, EHS) et 'hypersensibilité électrique' (*electrical hypersensitivity*, EHS). En 2010, le CSS a émis un avis au sujet de ce schéma de plaintes (Conseil supérieur de la santé 2010). Le Conseil a suivi, à ce moment, la recommandation d'une conférence de travail de l'Organisation mondiale de la Santé (World Health Organization 2004, 2006) pour parler d'une 'intolérance idiopathique environnementale avec attribution aux CEM'¹ (*idiopathic environmental intolerance with attribution to EMF*, IEI-EMF). La raison en était l'absence de relation causale démontrée entre le schéma de plaintes et l'exposition aux CEM et l'absence d'explication biomédicale à cette 'hypersensibilité'. C'est pour la même raison que le Conseil utilise cette terminologie dans le présent avis.

L'IEI EMF a été attribuée voici une dizaine d'années dans une étude suisse respectivement par ordre décroissant à l'exposition aux CEM des stations de base pour mobilophonie, au téléphone mobile lui-même (GSM), aux téléphones DECT, aux lignes à haute tension, aux transmetteurs radio, aux écrans d'ordinateurs, aux lignes de tram et de train, aux transformateurs, aux écrans TV et aux appareils électriques et à l'éclairage (Röösli et al 2004). Actuellement encore, les schémas de plaintes d'IEI sont souvent attribués aux CEM des systèmes de communication sans fil (Genuis and Lipp 2012). Les plaintes se composent de symptômes très fréquents, aspécifiques tels que mal de tête, irritation, troubles de la concentration et du sommeil, myalgie et nausée. Différentes études (par exemple (Röösli et al 2004, Siegriest et al 2005, Schreier et al 2006)) ne permettent pas de conclure que l'exposition aux CEM est à l'origine de ces plaintes, conclusion souscrite par la conférence de travail de l'Organisation mondiale de la Santé mentionnée plus haut (World Health Organization 2004, 2006) et précédemment par le Conseil (Conseil Supérieur de la Santé 2010). L'étude au cours de laquelle des personnes présentant une IEI EMF ont été exposées aux CEM consciemment (ou non précisément), appelée étude de provocation, devrait apporter une réponse définitive mais il semble que ce ne soit pas le cas (voir par exemple (Rubin et al 2005)). Les sujets ont presque tous présenté des symptômes de sensibilité lorsqu'ils pensaient avoir été exposés aux CEM, que cela ait effectivement été le cas ou non (Rubin et al 2006, Wilén et al 2009). Par ailleurs, l'organisation et les résultats de l'étude de provocation ont été critiqués pour différentes raisons, en particulier par des sujets présentant des schémas de plaintes et leurs représentants (Granlund-Lind and Lind 2004).

Comme le mentionnait le Conseil dans son avis précédent, il existe une grande diversité de facteurs environnementaux liés à ce type de schémas de plaintes tels que les IEI EMF (Conseil supérieur de la santé 2010). On pense aux substances chimiques - les phénomènes de *Multiple chemical Sensitivity* et *Sick Building Syndrome* -, aux odeurs (Herr et al 2009) et au bruit (Heinonen-Guzejev 2009). Récemment, une étude suédoise a démontré que les schémas de plaintes pour les divers facteurs environnementaux sont très concordants, ce qui pourrait indiquer une condition sociale sous-jacente (Palmquist et al 2014), déjà soulignée par le CSS précédemment. Une récente étude néerlandaise (étude de terrain 2011) est également parvenue à cette conclusion (Baliatsas et al 2014). Des connaissances plus poussées à ce sujet permettraient un meilleur traitement des plaintes souvent très graves pouvant entraîner pour la personne concernée des désagréments considérables.

¹ Désigné en bref dans l'avis sous le terme 'intolérance aux CEM'.

Le nombre de personnes souffrant d'IEI EMF a présenté une tendance à la hausse plutôt qu'à la baisse au cours des dernières années, y compris en Belgique. Les personnes qui se plaignent sont donc sujettes à un trouble social, comme il ressort d'une question posée récemment au parlement fédéral¹.

L'avis du CSS de 2010 concernant l'intolérance attribuée à des facteurs environnementaux n'a en rien perdu de son sens. En résumé: On ignore encore la cause des plaintes liées à l'IEI EMF (Genuis and Lipp 2012). Cependant, les plaintes peuvent être graves à très graves et les personnes qui en souffrent méritent attention et soins, même si de nombreuses questions subsistent quant à l'efficacité des possibilités de traitement. Une nouvelle diminution des valeurs guides et des limites d'exposition qui en découlent n'offre aux personnes souffrant d'IEI EMF toutefois aucun soulagement.

3.4.4.7 CEM RF et enfants

L'exposition des enfants aux CEM RF est-elle différente de celle des adultes? Les enfants pourraient-ils dès lors être plus sensibles aux effets potentiels sur la santé de cette exposition, par exemple lors de l'utilisation de téléphones mobiles? La forme et l'épaisseur du crâne se modifient manifestement en fonction de l'âge et cela vaut également pour les propriétés diélectriques du tissu cérébral. C'est sans doute la raison pour laquelle il ressort de l'étude pilote que l'énergie absorbée localement par les enfants peut être plus élevée que chez les adultes (Bakker et al 2010, Christ et al 2010, Gezondheidsraad 2011). Selon la commission Stewart², ceci pouvait justifier de déconseiller l'usage de téléphones mobiles par les enfants et, en tout cas, de le limiter autant que possible, compte tenu également de l'évolution continue du tissu cérébral durant l'enfance (*Independent Expert Group on Mobile Phones* 2000)³.

En outre, il n'existait, aux environs de l'an 2000 aucune indication d'une sensibilité accrue des enfants pour les CEM RF, même si les données d'étude étaient rares (*Independent Expert Group on Mobile Phones* 2000). Actuellement, plus de dix ans plus tard, de nombreuses études supplémentaires ont été réalisées mais il n'en reste pas moins que les indications de dommages pour la santé restent inexistantes (*Gezondheidsraad* 2011, *Advisory Group on Non-Ionizing Radiation* 2012, Anses 2013). Mais c'est ici que s'inscrit la remarque, émanant des rapports de groupes d'experts mentionnés ci-dessus, qu'il existe bel et bien des indications d'une influence des CEM RF sur le fonctionnement du système nerveux. En outre, les générations actuelles seront confrontées à une exposition de longue durée (plus de 15 ans) aux CEM RF des systèmes de communication sans fil. Aucune donnée n'est disponible quant à leurs conséquences potentielles sur la santé.

Le Conseil résume ci-après quelques données mises en évidence lors d'études réalisées au cours des dix dernières années.

Des rats et souris exposés en laboratoire à des signaux WiFi avant ou peu après la naissance n'ont pas montré d'anomalies supplémentaires à la naissance par rapport à un groupe

¹ Question de madame Thérèse Snoy et d'Oppuers au vice-premier ministre et ministre des Affaires Sociales et de la Santé publique, chargé de Beliris et des Institutions Culturelles Fédérales, concernant 'un monitoring de santé au sujet du rayonnement électromagnétique' (n° 19107, 09-10-2013).

² Dénomination officielle: *Independent Expert Group on Mobile Phones*.

³ En raison des lacunes dans nos connaissances concernant les conséquences de l'exposition aux CEM RF, la commission a recommandé une approche selon le principe de précaution.

témoin. Il n'existe aucune indication non plus d'effets génotoxiques ou d'influence sur les hormones du stress (Marino et al 2011, Pouletier de Gannes et al 2012).

L'exposition des souris gravides à des CEM RF de 900 MHz n'a pas entraîné d'effet sur la barrière hémato-encéphalique ni de modification de l'expression génique chez les jeunes (Finnie et al 2006a, Finnie et al 2006b). Aucun effet sur la barrière hémato-encéphalique n'a été trouvé après exposition de la tête de rats âgés de 4 et 10 semaines à des CEM RF de 1439 MHz de valeurs SAR de 0,2 et 6 W·kg⁻¹ (Kuribayachi et al 2005). Il en allait de même après exposition de rats âgés de 3 à 8 semaines à des CEM RF de 900 MHz de valeurs SAR de 0,3 et 3 W·kg⁻¹ (Kumlin et al 2007).

Durant un congrès qui s'est tenu à Bordeaux en 2010¹, quelques conférences ont été spécialement consacrées aux enfants. Aucun effet n'a été rapporté pour des CEM RF d'environ 2 GHz au vu des résultats de vingt études de génotoxicité sur des cellules d'enfants (voir (Marino et al 2011)). Un aperçu du nombre limité d'études épidémiologiques n'a pas montré d'effet sur la santé, à l'exception de quelques études à proximité d'antennes TV et radio qui ont toutefois été qualifiées d'insuffisantes (Feychting 2010) (voir également (Aydin et al 2011)).

Dans une large étude en Grande-Bretagne parmi la population habitant à proximité d'antennes de téléphonie mobile, aucun lien n'a été trouvé entre l'apparition de cancer infantile et l'exposition des mères durant la grossesse (Elliott et al 2010). Ceci va dans le même sens que la conclusion tirée par le Conseil associé au Gezondheidsraad des Pays-Bas, selon laquelle les indications étaient insuffisantes pour établir une relation entre l'exposition aux CEM RF avant ou peu après la naissance et la leucémie infantile (Health Council of the Netherlands and Superior Health Council 2012).

Il ressort d'une étude internationale patient-référent² parmi les enfants et les adolescents au Danemark, en Norvège, en Suède et en Suisse qu'il n'existe pas de lien causal entre l'utilisation d'un téléphone mobile et l'apparition de tumeurs cérébrales (Aydin et al 2011). La durée et l'intensité de l'utilisation étant limitée, il n'est pas possible de se prononcer, sur la base de cette étude et d'autres, quant aux effets potentiels à long terme. L'étude européenne MOBIL-KIDS fournit éventuellement plus d'informations (Goedhart 2011).

En résumé, le Conseil estime que, jusqu'à présent, il n'est pas apparu que les enfants couraient des risques particuliers en relation avec l'exposition aux CEM RF des systèmes de communication sans fil. Etant donné les lacunes persistantes et le manque de recul sur les conséquences potentielles d'une exposition à long terme, il considère toutefois que la prudence s'impose comme mentionné déjà dans ses avis précédents.

¹ 'EMF Event' jointly with EBEMS and WHO, Bordeaux, 27-28 May 2010.

² Anglais: *case-control study*.

3.5 CONCLUSION

3.5.1 Réponse aux questions posées

Dans le présent avis, le CSS fournit une réponse aux questions suivantes (voir 1.2):

Que peut-on retenir de l'étude réalisée au cours des dernières années concernant l'influence du rayonnement de radiofréquence sur la santé et les constatations récentes donnent-elles un nouvel éclairage aux avis antérieurs du Conseil?

La technologie 4G possède-t-elle des caractéristiques particulières susceptibles d'influencer la santé des utilisateurs et des riverains de stations de base?

3.5.1.1 Connaissances

Les connaissances concernant les effets potentiels de l'exposition aux CEM RF ne cessent de croître. Illustration en est donnée dans la figure 4 qui indique le nombre de publications mentionnées chaque année dans la base de données de littérature scientifique PubMed¹. Depuis que le CSS a publié son avis en 2000 sur les CEM RF, plus de 13.000 articles scientifiques sont parus au sujet des effets potentiellement néfastes des CEM et ce nombre augmente de plus de 1000 par an. Même si toutes les publications ne comporteront pas de nouvelles données et n'auront pas trait spécifiquement aux CEM RF, ces chiffres indiquent néanmoins une augmentation considérable des résultats d'études et donc un accroissement de nos connaissances.

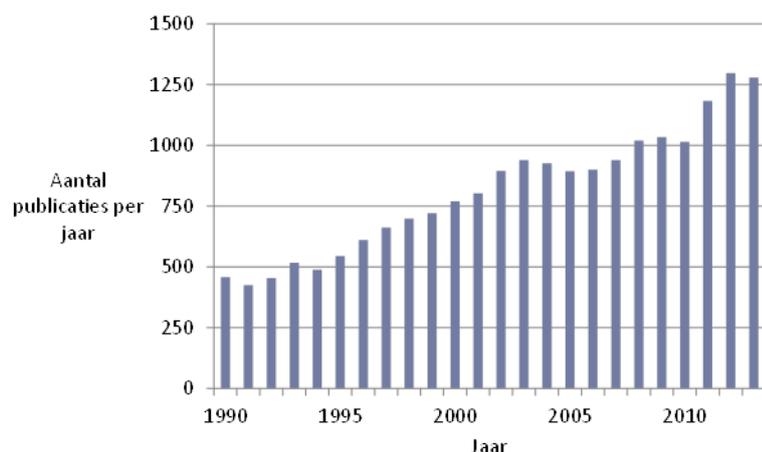


Figure 4 Nombre de publications scientifiques par an au sujet des effets potentiellement néfastes des CEM. Le nombre est déterminé en recherchant dans la base de données PubMed les publications qui répondent au mot-clé '([Année]) AND (adverse) AND (electromagnetic fields OR electromagnetic radiation OR electromagnetic waves)'

¹ PubMed est un moteur de recherche de littérature relativement accessible de la US National Library of Medicine, une partie des National Institutes of Health aux Etats-Unis (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>).

Le chapitre précédent donne un aperçu global de l'état actuel de nos connaissances. Bien que nous en sachions beaucoup plus qu'il y a dix ans, il n'est pas possible de répondre par un 'oui' ou un 'non' univoque à la question de savoir si l'exposition aux CEM RF aux niveaux actuellement présents dans l'environnement est nocive pour la santé. Cet état de chose est donc rassurant: si l'on pouvait parler de dommages graves pour la santé après des périodes relativement courtes d'exposition aux CEM RF, la recherche aurait dû les faire ressortir, ce qui n'est pas le cas. Cependant, les résultats d'études et donc nos connaissances de la relation entre CEM RF et santé sont inévitablement entourés d'incertitude, en particulier dans le cadre de l'exposition aux CEM RF des systèmes de communication sans fil 'durant toute la vie pour une large tranche de la population' telle que prévisible actuellement. De ce point de vue, la situation n'a pas beaucoup évolué depuis l'avis du CSS de 2000, si ce n'est que la recherche épidémiologique sur le cancer lié à la téléphonie mobile (voir 3.4.4.5), sur l'incertitude quant aux conséquences pour la santé a plutôt eu tendance à augmenter qu'à diminuer. L'incertitude est par ailleurs alimentée par le fait que l'utilisation des innovations technologiques telles que le smartphone, les tablettes, l'enseignement digital, ... précède les connaissances relatives aux risques supplémentaires pour la santé de cet usage. Ce fait n'est pas particulier au domaine de la communication sans fil mais se rencontre tout autant ailleurs, par exemple dans le cadre des nanotechnologies.

La conclusion du CSS est dès lors que ses recommandations antérieures, telles que résumées au point 3.4.2, restent d'application. En outre, l'application du principe de précaution peut être utile afin de ne pas freiner inutilement les progrès technologiques mais également pour veiller à ce que ce développement ne mette pas en danger la santé publique de manière irréversible (von Gleich et al 2013).

3.5.1.2 4G

L'exposition aux CEM RF des systèmes de communication sans fil qui seront utilisés dans un proche avenir est particulièrement importante pour la santé publique mais dépendra de la fréquence des champs et du taux d'utilisation. Ce dernier constitue un élément déterminant pour les niveaux des CEM RF dans l'environnement. En termes de quantité de données transmises (parole et données), il est plus ou moins question d'un doublement tous les 18 mois (Lekien 2010). Cette augmentation est rendue possible mais aussi compensée par l'évolution de la technologie (voir Annexe A)¹. Si les communications mobiles continuent de croître au rythme actuel, on ne pourra y parvenir sans augmentation notable de la puissance des stations de base que par le remplacement des anciennes infrastructures par les systèmes 4G plus récents (Rekhi et al 2012, COPIC 2013). Afin d'empêcher une augmentation des niveaux de CEM RF dans l'environnement, il est donc nécessaire de limiter l'ampleur et la nature de l'utilisation ou d'introduire une technologie plus neuve en remplacement de l'ancienne. Dans ce dernier cas, il est dès lors souhaitable, dans un contexte de limitation de l'exposition, de procéder rapidement à ce remplacement.

En ce qui concerne les effets thermiques, les CEM RF des systèmes 4G ne présentent pas de caractéristiques particulières. Cependant, les CEM RF utilisés possèdent généralement des fréquences plus élevées (voir Annexe A). La dépendance à la fréquence des propriétés diélectriques du corps entraîne une pénétration moindre qui se reflète également dans la dépendance à la fréquence des valeurs guides (voir Figure 3). A des niveaux d'exposition où le réchauffement n'est pas important pour la santé, le CSS ne dispose pas d'indication quant à une situation particulière qui aurait des effets spécifiques ou inconnus sur la santé. Il attire l'attention

¹ Le Conseil ne se prononce pas quant à savoir dans quelle mesure le besoin influence la technologie ni si le développement technologique stimule le besoin.

sur le fait que, suite à la dépendance à la fréquence des propriétés diélectriques du corps, la comparaison du DAS d'un appareil disposant de la 4G avec celui d'un autre limité à la 2G est biaisée.

Le Conseil considère que les connaissances concernant la relation entre CEM RF et santé telles que résumées sous 3.4.4 sont également d'application pour la nouvelle technologie. Les recommandations précédentes en matière de valeurs guides (3.4.2) restent valables.

3.5.2 Mesurer et calculer

Bien que le CSS vient de répondre aux demandes d'avis, le Conseil consacre, ici, encore un peu d'attention à la mesure des niveaux d'exposition aux CEM RF. Ce sujet est développé plus avant à l'Annexe B. Le problème réside dans le fait que, lors d'une demande de placement d'une installation émettrice pour la téléphonie mobile, les niveaux des CEM RF dans les environs de l'installation doivent être obtenus par modélisation. Dans un environnement urbain surtout, la modélisation n'est pas simple et s'entoure d'incertitudes. Lors de la comparaison avec les valeurs limites légales, la situation la plus défavorable est prise comme point de départ. C'est sans doute la raison pour laquelle on constate que les valeurs mesurées sont nettement plus basses que celles calculées précédemment afin de les comparer aux valeurs limites en vigueur. Le CSS recommande, en cas d'augmentation du nombre d'installations émettrices, de toujours comparer les valeurs calculées et les valeurs pratiques afin de prévenir la mise en place inutile de stations de base. Le Conseil est conscient qu'une telle comparaison n'est pas toujours simple à réaliser dans un environnement urbain.

3.5.3 Mesures pratiques

Le présent avis n'a pas pour but d'examiner les mesures destinées à influencer l'exposition aux CEM RF des systèmes de communication sans fil. Dans des avis antérieurs (Conseil Supérieur de la Santé 2004, 2011, 2014), le CSS a indiqué qu'il serait bon, dans un contexte de précaution, de limiter l'exposition et que la prudence s'impose lorsque les téléphones mobiles sont utilisés par des adolescents et de jeunes enfants. Il a, dans ce cadre également, examiné des mesures pratiques. Il faut par ailleurs faire référence à la brochure du SPF Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement (SPF SPSCAE 2009). En outre, ce n'est pas seulement sur le plan de l'exposition aux CEM RF que la prudence est importante, comme expliqué brièvement ci-après.

3.6 Perspective

Le CSS s'est constitué une tradition dans l'étude et l'évaluation de l'influence des systèmes de communication sans fil sur la santé (3.4.2). L'approche du Conseil correspond à celle des organisations sœurs dans les pays voisins¹, à savoir qu'il existe une influence sur la santé

¹ Quelques exemples: France: Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail – Anses Anses. Radiofréquences et santé. Mise à jour de l'expertise. Maison-Alfort, France: Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail; 2013 octobre 1. Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective. Internet: <http://www.anses.fr/sites/default/files/documents/AP2011sa0150Ra.pdf>, accessed 07-03-2014.; Pays-Bas: Gezondheidsraad Gezondheidsraad. Mobiele telefoons. Een gezondheidskundige analyse. Den Haag: Gezondheidsraad; 2002. Publicatie nr. 2002/01. Internet: <http://www.gezondheidsraad.nl/nl/adviezen/mobiele-telefoons-eeen-gezondheidskundige-analyse>, accessed 07-03-2014.; Grande-Bretagne – Health Protection Agency Advisory Group on Non-Ionising Radiation. Health Effects from Radiofrequency Electromagnetic Fields. Chilton Didcot Oxon OX11 0RQ: Health

publique attribuable à l'exposition aux CEM RF. Dans ce chapitre final, le Conseil souligne une perspective plus large: l'utilisation des technologies de communication sans fil dans notre société comporte plus de facteurs de risque que la seule exposition aux CEM RF. L'évaluation en matière de santé doit prendre en compte à la fois les autres facteurs de risque de même que les influences potentiellement favorables sur la santé. Cet aspect est ici développé brièvement.

L'infrastructure des systèmes de communication sans fil se compose d'antennes (stations de base) et d'instruments émetteurs et récepteurs mobiles ou fixes chez l'utilisateur. Les premières applications à grande échelle étaient la radio et (ultérieurement) la télévision. Au cours des dernières décennies du siècle dernier, la téléphonie mobile a rapidement gagné du terrain. Ensuite est apparu l'internet 'mobile', tout d'abord par l'intermédiaire d'ordinateurs portables et du WiFi, et au cours de ce siècle également par les Smartphones, tablettes et l'infrastructure de téléphonie mobile. Il en résulte que nous pouvons toujours et partout communiquer avec d'autres et avoir accès toujours et partout aussi à une quantité infinie d'informations via internet, du moins en principe (Duggan 2013; Mobistar 2013). Le public s'attend à ce que non seulement lui-même mais également les autres personnes avec lesquelles il est en contact ou veut entrer en contact aient accès aux nouvelles technologies de communication (Ling 2014).

La technologie de communication sans fil, sous sa forme actuelle, s'est banalisée en peu de temps et exerce une grande influence sur les relations sociales entre les hommes et les groupes. Cela aura des conséquences sur le bien-être des hommes et également sur la santé publique. Ces conséquences peuvent s'avérer tant positives que négatives et varier d'un individu à l'autre et d'un groupe à l'autre. Une plus grande attention y a été accordée d'un point de vue scientifique au cours des dernières années, bien que les efforts pour acquérir des connaissances soient limités par rapport à ceux mis en œuvre en ce qui concerne les effets des CEM RF. Une importante partie de la recherche est axée sur les adolescents en raison notamment de la popularité du téléphone mobile parmi ceux-ci (Karnowski and Jandura 2014, Vanden Abeele et al 2014).

L'utilisation de systèmes de communication sans fil, en particulier le téléphone mobile, peut entraîner un comportement problématique (Bianchi and Phillips 2005). Un exemple, qui a déjà retenu l'attention précédemment, est le risque accru d'accident si l'on téléphone tout en conduisant (Redelmeier and Tibshirani 1997, Klauer et al 2014).

De nombreux pays parmi lesquels la Belgique (AR du 24 juin 2000, 2000) ont dès lors décidé d'interdire le téléphone mobile au volant, du moins le téléphone à l'oreille.

L'attention s'est ultérieurement portée sur un comportement considéré par les chercheurs comme une addiction: ne plus savoir se passer du téléphone mobile (Bianchi and Phillips 2005, Kamibeppu and Sugiura 2005). C'est ici que se rejoignent la recherche concernant l'utilisation problématique de l'ordinateur (Meerkerk 2007) et celle relative à l'utilisation de systèmes de communication sans fil: l'utilisation problématique de l'ordinateur n'est plus liée à un endroit grâce au téléphone.

Un sujet a également trouvé écho dans la presse, à savoir le cyber harcèlement (David-Ferdon and Hertz 2007, Låftman et al 2013). Si le harcèlement parmi les adolescents constitue un

Protection Agency; 2012 April. Documents of the Health Protection Agency RCE 20. Internet: http://www.hpa.org.uk/webw/HPAweb&HPAwebStandard/HPAweb_C/1317133826368, accessed 07-03-2014.; Allemagne: Strahlenschutzkommission Strahlenschutzkommission. Elektromagnetische Felder neuer Technologien: Empfehlung der Strahlenschutzkommission zum Schutz der Bevölkerung und Statusbericht der Strahlenschutzkommission. Bonn, Deutschland: Strahlenschutzkommission; 2004. Heft 41..

phénomène intemporel, le harcèlement par l'intermédiaire du téléphone et des médias sociaux possède des caractéristiques particulières car la victime ne peut (quasi) pas s'y soustraire.

L'utilisation de la technologie de communication sans fil se déplace vers un âge de plus en plus jeune (Holloway et al 2013). Cela commence parfois dès le berceau, même si la vente de téléphones mobiles axée sur les jeunes enfants est légalement interdite en Belgique (AR du 30 juillet 2013, 2013)¹. Le maniement de Smartphones et tablettes est relativement facile pour de jeunes enfants étant donné qu'il ne nécessite pas de grandes aptitudes motrices. Certaines applications peuvent favoriser le développement des enfants mais des risques d'utilisation compulsive et d'expériences indésirables et non désirées en matière d'internet guettent ici aussi (Holloway et al 2013).

Enfin, le Conseil souligne les controverses sur la localisation des antennes (Burgess 2004, Burgess 2007). L'influence potentielle des CEM RF sur la santé se trouve, il est vrai, généralement au centre des préoccupations mais d'autres aspects sont à la base des controverses comme des aspects esthétiques ou le frein apporté à d'autres développements. Dans son avis sur les éoliennes, le CSS a examiné la manière dont ces controverses pouvaient exercer une influence négative sur la santé et le bien-être (Superior Health Council 2013).

Ci-dessus sont évoquées les influences sur la santé publique liées aux systèmes de communication sans fil mais qui ne concernent pas l'exposition aux CEM RF. Le conseil recommande de stimuler la recherche relative à ces influences en Belgique. Le CSS est disposé à étudier et évaluer les résultats de cette étude.

¹ Le CSS a rendu un avis sur cet Arrêté Royal

4. REFERENCES

- Advisory Group on Non-Ionising Radiation. Health Effects from Radiofrequency Electromagnetic Fields. Chilton Didcot Oxon OX11 0RQ: Health Protection Agency; 2012 April. Documents of the Health Protection Agency RCE 20. Internet: http://www.hpa.org.uk/webw/HPAweb&HPAwebStandard/HPAweb_C/1317133826368, accessed 07-03-2014.
- Anses. Radiofréquences et santé. Mise à jour de l'expertise. Maisons-Alfort, France: Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail; 2013 octobre 1. Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective. Internet: <http://www.anses.fr/sites/default/files/documents/AP2011sa0150Ra.pdf>, accessed 07-03-2014.
- Arendash GW, Mori T, Dorsey M, Gonzalez R, Tajiri N, Borlongan C. Electromagnetic treatment to old Alzheimer's mice reverses beta-amyloid deposition, modifies cerebral blood flow, and provides selected cognitive benefit. *PLoS ONE* 2012;7(4):e35751.
- Arendash GW, Sanchez-Ramos J, Mori T, Mamcarz M, Lin X, Runfeldt M, *et al.* Electromagnetic Field Treatment Protects Against and Reverses Cognitive Impairment in Alzheimer's Disease Mice. *J Alzheimers Dis* 2010;19(1):191-210.
- Aydin D, Feychting M, Schüz J, Tynes T, Andersen TV, Schmidt LS, *et al.* Mobile Phone Use and Brain Tumors in Children and Adolescents: A Multicenter Case-Control Study. *J Natl Cancer Inst* 2011;103(16):1264-76.
- Baan R, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, *et al.* Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. *Lancet Oncol* 2011;12(7):624-6.
- Bakker JF, Paulides MM, Christ A, Kuster N, van Rhoon GC. Assessment of induced SAR in children exposed to electromagnetic plane waves between 10 MHz and 5.6 GHz. *Phys Med Biol* 2010;55(11):3115-30.
- Baliatsas C, van Kamp I, Hooveld M, Yzermans J, Lebrecht E. Comparing non-specific physical symptoms in environmentally sensitive patients: Prevalence, duration, functional status and illness behavior. *J Psychosom Res* 2014;pre-publication.
- Bianchi A, Phillips JG. Psychological predictors of problem mobile phone use. *Cyberpsychol Behav* 2005;8(1):39-51.
- Burgess A. Cellular phones, public fears, and a culture of precaution. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 2004.
- Burgess A. Real and phantom risks at the petrol station: The curious case of mobile phones, fires and body static. *Health Risk Soc* 2007;9(1):53-66.
- Cardis E, Sadetzki S. Indications of possible brain-tumour risk in mobile-phone studies: should we be concerned? *Occup Environ Med* 2011;68(3):169-71.
- Cardis E, Varsier N, Bowman JD, Deltour I, Figuerola J, Mann S, *et al.* Estimation of RF energy absorbed in the brain from mobile phones in the Interphone Study. *Occup Environ Med* 2011;68(9):686-93.
- CENELEC. Basic standard for the in-situ measurement of electromagnetic field strength related to human exposure in the vicinity of base stations. Brussels: European Committee for Electrotechnical Standardization - CENELEC; 2008. EN 50492:2008. Internet: http://www.cenelec.eu/dyn/www/f?p=104:110:3328154358422445:::FSP_PROJECT,FSP_LANG_ID:14408_25, accessed 07-03-2014.
- Christ A, Gosselin M-C, Christopoulou M, Kühn S, Kuster N. Age-dependent tissue-specific exposure of cell phone users. *Phys Med Biol* 2010;55(7):1767-83.

CSS – Conseil Supérieur de la Santé. Avis du Conseil Supérieur de la Santé sur la proposition d'Arrêté modifiant l'Arrêté Royal du 29 avril 2001 fixant la norme pour les antennes émettant des ondes électromagnétiques entre 10 MHz ET 10 GHz. Bruxelles: CSS; 2000. Avis n° 6605.

CSS – Conseil Supérieur de la Santé. GSM, Téléphonie mobile en toute sécurité ? Bruxelles: CSS; 2002. Avis n° 6605-5.

CSS – Conseil Supérieur de la Santé. Recommandation du 12 mars 2004 du CSH concernant l'usage du téléphone mobile (GSM) par la population générale. Bruxelles: CSS; 2004. Avis n° 6605-5.

CSS – Conseil Supérieur de la Santé. Avis du Conseil Supérieur d'Hygiène concernant le projet d'Arrêté Royal fixant la norme pour les antennes émettant des ondes électromagnétiques entre 10 MHz ET 10 GHz. Bruxelles: CSS; 2005. Avis n° 8103.

CSS – Conseil Supérieur de la Santé. Effets biologiques potentiels des micro-ondes modulées. Bruxelles: CSS; 2008. Avis n° 8194.

CSS – Conseil Supérieur de la Santé. Avis sur les normes relatives aux antennes émettrices. Bruxelles: CSS; 2009. Avis n° 8519.

CSS – Conseil Supérieur de la Santé. Intolérance ou hypersensibilité aux facteurs environnementaux physiques et chimiques. Bruxelles: CSS; 2010. Avis n° 8356.

CSS – Conseil Supérieur de la Santé. Avis au sujet d'un projet d'arrêté Royal relatif à la disponibilité d'information à l'attention des consommateurs concernant le débit d'absorption spécifique et à la publicité pour les produits destinés au consommateur qui émettent des ondes radio. Bruxelles: CSS; 2011. Avis n° 8770.

COPIC. Diminution de l'exposition aux ondes électromagnétiques émises par les antennes relais de téléphonie mobile – Rapport de synthèse des expérimentations du COPIC. La Défense CEDEX, France: Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie; 2013 juillet 31. Internet: http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_COPIC_31_juillet_2013.pdf, accessed 07-03-2014.

David-Ferdon C, Hertz MF. Electronic Media, Violence, and Adolescents: An Emerging Public Health Problem. *J Adolesc Health* 2007;41(6):S1-S5.

Decat G, Deckx L, Maris U. Persoonlijke exposimetrie voor het bepalen van de binnenhuis-blootstelling van kinderen aan ELF, VLF en RF elektromagnetische velden afkomstig van interne en externe bronnen. VITO; 2008. Studie uitgevoerd in opdracht van het departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE) - dienst Milieu & Gezondheid; nr. 2008/IMS/R/93.

Duggan M. Cell Phone Activities 2013. Washington, DC: Pew Internet & American Life Project; 2013 September 16. Internet: <http://pewinternet.org/Reports/2013/Cell-Activities.aspx>, accessed 07-03-2014.

Elder JA. Radiofrequency studies on tumorigenesis and the blood-brain barrier in lab animals support the conclusion of no adverse effects without significant tissue temperature increase: IEEE; 2010. Contribution at the 2010 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC), 12-16 April 2010.

Elliott P, Toledano MB, Bennett J, Beale L, de Hoogh K, Best N, *et al.* Mobile phone base stations and early childhood cancers: case-control study. *Br Med J* 2010;340:c3077-.

Engelsma MY, Hougee S, Nap D, Hofenk M, Rombout JH, van Muiswinkel WB, *et al.* Multiple acute temperature stress affects leucocyte populations and antibody responses in common carp, *Cyprinus carpio* L. *Fish Shellfish Immunol* 2003;15(5):397-410.

EU. Richtlijn 2013/35/EU van het Europees Parlement en de Raad van 26 juni 2013 betreffende de minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysieke agentia (elektromagnetische velden) (twintigste bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16, lid 1, van Richtlijn 89/391/EEG) en tot intrekking van Richtlijn 2004/40/EG. Publicatieblad van de Europese Unie 2013;179(29.6.2004):1-21.

Feychting M. RF exposure and health effects in children – epidemiology: COST Action BM0704 Emerging EMF Technologies: Health Risk Management; 2010. Presentation at "EMF Event" jointly with EBEMS and WHO, Bordeaux, 27-28 May 2010. Internet: http://www.cost-action-bm0704.org/doc/Feychting_Epidemiological_studies_of_RF_and_health_in_children_Bordeaux.pdf, accessed 07-03-2014.

Finnie JW, Blumbergs PC, Cai Z, Manavis J, Kuchel TR. Neonatal mouse brain exposure to mobile telephony and effect on blood-brain barrier permeability. *Pathology* 2006a;38(3):262-3.

Finnie JW, Cai Z, Blumbergs PC, Manavis J, Kuchel TR. Expression of the immediate early gene, c-fos, in fetal brain after whole of gestation exposure of pregnant mice to global system for mobile communication microwaves. *Pathology* 2006b;38(4):333-5.

FOD VVVL – Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu. Elektromagnetische velden en gezondheid. Uw wegwijzer in het elektromagnetische landschap. Brussel: 2009. Available from :
URL:<http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@mixednews/documents/ie2divers/19089633_nl.pdf>

Forschungsgemeinschaft Funk. The blood-brain barrier - can it be influenced by RF-field interactions? Speakers manuscripts of a workshop from 2-6 November 2003, Reisenburg, Germany. Chapter II. In: FGF-Workshops: I Genetic and cytogenetic aspects of RF-field interaction (2002) II The blood-brain barrier - can it be influenced by RF-field interactions (2003) III Can electromagnetic fields used in mobile communications provoke sleep disorders and other cognitive changes? (2003). Cologne: Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik; 2005. p. 57-100. Internet: http://etf.bgetem.de/htdocs/r30/vc_shop/bilder/firma53/m_12_a07-2005.pdf, accessed 07-03-2014.

Genuis SJ, Lipp CT. Electromagnetic hypersensitivity: Fact or fiction? *Sci Tot Environ* 2012;414(0):103-12.

Gezondheidsraad. Mobiele telefoons. Een gezondheidskundige analyse. Den Haag: Gezondheidsraad; 2002. Publicatie nr. 2002/01. Internet: <http://www.gezondheidsraad.nl/nl/adviezen/mobiele-telefoons-een-gezondheidskundige-analyse>, accessed 07-03-2014.

Gezondheidsraad. Invloed van radiofrequente telecommunicatiesignalen op kinderhersenen. Den Haag: Gezondheidsraad; 2011 oktober 18. Publicatie nr. 2011/20. Internet: <http://www.gezondheidsraad.nl/nl/adviezen/invloed-van-radiofrequente-telecommunicatiesignalen-op-kinderhersenen>, accessed 07-03-2014.

Gezondheidsraad: Commissie Afleiding gezondheidskundige advieswaarden. Toxicologische advieswaarden voor blootstelling aan stoffen. Den Haag: Gezondheidsraad; 1996 augustus 29. Publicatie nr 1996/12. Internet: <http://www.gezondheidsraad.nl/nl/adviezen/toxicologische-advieswaarden-voor-blootstelling-aan-stoffen>, accessed 11-02-2014.

Goedhart G. MOBI-KIDS: Study on communication technology, environment and brain tumours in young people. Oberschleissheim, Germany: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection; 2011. Presentation at the Conference NIR & Children's Health, 18-20 May, 2011, Ljubljana, Slovenia. Internet: <http://www.icnirp.org/Kids/GoedhartPre.pdf>, accessed 07-03-2014.

Gosselin M-C, Kühn S, Kuster N. Experimental and numerical assessment of low-frequency current distributions from UMTS and GSM mobile phones. *Phys Med Biol* 2013;58(23):8339-57.

GR – Gezondheidsraad. Voorzorg met rede. Den Haag: GR; 2008. Publicatienummer 2008/18.

Granlund-Lind R, Lind J. Black on White: Voices and witnesses about electro-hypersensitivity, the Swedish experience. Sala, Sweden: Mimerns Brunn Kunskapsförlaget; 2004. Internet: <http://www.feb.se/feb/blackonwhite-complete-book.pdf>, accessed 07-03-2014.

Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. Pooled analysis of case-control studies on malignant brain tumours and the use of mobile and cordless phones including living and deceased subjects. *Int J Oncol* 2011;38(5):1465-74.

Health Council of the Netherlands, Superior Health Council. Childhood leukaemia and environmental factors. The Hague / Brussels: Health Council of the Netherlands / Superior Health Council; 2012 December 6. Publication no. 2012/33 / Advisory report no. 8548. Internet: <http://www.gezondheidsraad.nl/en/publications/childhood-leukaemia-and-environmental-factors>, accessed 07-03-2014.

Heinonen-Guzejev M. Noise sensitivity – medical, psychological and genetic aspects [PhD-thesis]. Helsinki, Finland: University of Helsinki; 2009.

Herr CEW, Zur Nieden A, Kopka I, Rethage T, Gieler U, Eikmann TF, *et al.* Assessment of somatic complaints in environmental health. *Int J Hyg Environ Health* 2009;212(1):27-36.

Hoge Gezondheidsraad. Advies van de Hoge Gezondheidsraad betreffende Het Ontwerp van Koninklijk Besluit houdende de normering van zendmasten voor elektromagnetische golven tussen 10 MHz en 10 GHz Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2000 oktober 11. Advies HGR nr. 6605. Internet: <http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/4400390.pdf>, accessed 07-03-2014.

Hoge Gezondheidsraad. Advies van de Hoge Gezondheidsraad betreffende Het Ontwerp van Koninklijk Besluit tot wijziging van het Koninklijk Besluit van 29 april 2001 houdende de normering van zendmasten voor elektromagnetische golven tussen 10 MHz en 10 GHz Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2001 december 6. Advies HGR nr. 6605. Internet: <http://www.health.belgium.be/eportal/Aboutus/relatedinstitutions/SuperiorHealthCouncil/publications/4402387?ie2Term=zendmasten&ie2section=9744>, accessed 07-03-2014.

Hoge Gezondheidsraad. De GSM, Veilig mobiel telefoneren? Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2002. Advies HGR 6605-5. Internet: <http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/4402391.pdf>, accessed 07-03-2014.

Hoge Gezondheidsraad. Aanbevelingen 12 maart 2004 van de HGR met betrekking tot het gebruik van mobiele telefoontoestellen (GSM) door de algemene bevolking. Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2004. Advies HGR 6605-5. Internet: <http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/4402389.pdf>, accessed 07-03-2014.

Hoge Gezondheidsraad. Advies van de Hoge Gezondheidsraad met betrekking tot het Ontwerp van Koninklijk Besluit houdende de normering van zendmasten voor elektromagnetische golven tussen 10 MHz en 10 GHz Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2005 april 13. Advies HGR nr. 8103. Internet: <http://www.health.belgium.be/eportal/Aboutus/relatedinstitutions/SuperiorHealthCouncil/publications/4496409?ie2Term=zendmasten&ie2section=9744>, accessed 07-03-2014.

Hoge Gezondheidsraad. Mogelijke biologische effecten van gemoduleerde microgolven. Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2008 februari 6. Publicatie van de Hoge Gezondheidsraad nr. 8194. Internet: <http://health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/14138513.pdf>, accessed 07-03-2014.

Hoge Gezondheidsraad. Advies betreffende de normering voor zendmasten Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2009 februari 4. Advies HGR nr. 8519. Internet: <http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/16398531.pdf>, accessed 07-03-2014.

Hoge Gezondheidsraad. Brief aan minister Onkelinx over de normering van zendmasten. Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2010a oktober 26.

Hoge Gezondheidsraad. Intolerantie of hypergevoeligheid voor fysische en chemische milieufactoren. Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2010b juli. Publicatie nr. 8356. Internet: http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/19063175_nl.pdf, accessed 07-03-2014.

Hoge Gezondheidsraad. Advies betreffende een ontwerp van koninklijk besluit betreffende de beschikbaarheid van consumenteninformatie over het specifieke energieabsorptietempo en de reclame voor consumentenproducten die radiogolven uitzenden. Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2011a november 9. Publicatie No 8770. Internet: <http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/19088632.pdf>, accessed 07-03-2014.

Hoge Gezondheidsraad. Betekenis van de IARC classificatie van radiofrequente elektromagnetische velden als "mogelijk kankerverwekkend". Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2011b juli 6. Publicatie No 8762.
HGR - Hoge Gezondheidsraad. Aanbevelingen 12 maart 2004 van de HGR met betrekking tot het gebruik van mobiele telefoontoestellen (GSM) door de algemene bevolking. Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2004. Advies nr. 6605-5.

HGR - Hoge Gezondheidsraad. Advies betreffende een ontwerp van koninklijk besluit betreffende de beschikbaarheid van consumenteninformatie over het specifieke energieabsorptietempo en de reclame voor consumentenproducten die radiogolven uitzenden. Brussel: HGR; 2011. Advies nr. 8770.

- HGR - Hoge Gezondheidsraad. Advies inzake een ontwerp van KB betreffende de verplichte terbeschikkingstelling van een oortelefoon bij verkoop van mobiele telefoons. Brussel: HGR; 2014. Advies no 9155.

Holloway D, Green L, Livingstone S. Zero to Eight: Young children and their internet use. London: London School of Economics (EU Kids Online); 2013 August. Internet: <http://internetscience.nl/wp-content/uploads/2013/10/Holloway-Green-Livingstone-2013-Zero-to-Eight-Young-children-and-their-internet-use.pdf>, accessed 07-03-2014.

Huising MO, Guichelaar T, Hoek C, Verburg-van Kemenade BM, Flik G, Savelkoul HF, *et al.* Increased efficacy of immersion vaccination in fish with hyperosmotic pretreatment. *Vaccine* 2003;21(27-30):4178-93.

Ilvonen S, Sarvas J. Magnetic-Field-Induced ELF Currents in a Human Body by the Use of a GSM Phone. *IEEE Trans Electromagn Compat* 2007;49(2):294-301.

Independent Expert Group on Mobile Phones. Mobile Phones and Health. Chilton, Didcot, UK: National Radiological Protection Board; 2000 April 28. Internet: <http://www.iegmp.org.uk/report/index.htm>, accessed 07-03-2014.

International Agency for Research on Cancer. Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer; 2013. IARC Monographs Volume 102. Internet: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol102/index.php>, accessed 07-03-2014.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys* 1998;74(4):494-522.

ISSEP. Méthode de mesure des rayonnements électromagnétiques pour le contrôle des antennes émettrices en Région wallonne. Liège, Belgique: Institut scientifique de service public - ISSEP; 2009 août 11. Rapport no 1658/2009. Internet: <http://www.issep.be/files/files/ELECTROMAGNETISME/Méthode de mesure RW Août 2009.pdf>, accessed 07-03-2014.

Jokela K, Puranen L, Sihvonen A-P. Assessment of the magnetic field exposure due to the battery current of digital mobile phones. *Health Phys* 2004;86(1):56-66.

Joseph W, Verloock L, Goeminne F, Vermeeren G, Martens L. Assessment of RF Exposures from Emerging Wireless Communication Technologies in Different Environments. *Health Phys* 2012;102(2):161-72.

Joseph W, Verloock L, Goeminne F, Vermeeren G, Martens L. Assessment of general public exposure to LTE and RF sources present in an urban environment. *Bioelectromagnetics* 2010;31:576-9.

Juutilainen J, Lagroye I, Miyakoshi J, van Rongen E, Saunders R, de Seze R, *et al.* Review of Experimental Studies of RF Biological Effects (100 kHz – 300 GHz). Chapter II. In: Vecchia P, Matthes R, Ziegelberger G, Lin J, Saunders R, Swerdlow A, editors. Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz-300 GHz). Oberschleissheim, D: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection; 2009. p. 94-319. Internet: <http://www.icnirp.de/documents/RFReview.pdf>, accessed 07-03-2014.

Kamibeppu K, Sugiura H. Impact of the mobile phone on junior high-school students' friendships in the Tokyo metropolitan area. *Cyberpsychol Behav* 2005;8(2):121-30.

Karnowski V, Jandura O. When lifestyle becomes behavior: A closer look at the situational context of mobile communication. *Telemat Inf* 2014;31(2):184-93.

KB van 24 juni 2000. Koninklijk besluit tot wijziging van het koninklijk besluit van 1 december 1975 houdende algemeen reglement op de politie van het wegverkeer. *Belgisch Staatsblad* 2000;28.06.2000:22706-7.

KB van 30 juli 2013. Koninklijk besluit betreffende het verbod op het op de markt brengen van mobiele telefoons speciaal ontworpen voor jonge kinderen. *Belgisch Staatsblad* 2013;30.08.2013:60129-30.

Klauer SG, Guo F, Simons-Morton BG, Ouimet MC, Lee SE, Dingus TA. Distracted Driving and Risk of Road Crashes among Novice and Experienced Drivers. *N Engl J Med* 2014;370(1):54-9.

Kumlin T, Iivonen H, Miettinen P, Juvonen A, Groen Tv, Puranen L, *et al.* Mobile Phone Radiation and the Developing Brain: Behavioral and Morphological Effects in Juvenile Rats. *Radiat Res* 2007;168(4):471-9.

Kuribayashi M, Wang J, Fujiwara O, Doi Y, Nabae K, Tamano S, *et al.* Lack of effects of 1439 MHz electromagnetic near field exposure on the blood-brain barrier in immature and young rats. *Bioelectromagnetics* 2005;26(7):578-88.

Låftman SB, Modin B, Östberg V. Cyberbullying and subjective health: A large-scale study of students in Stockholm, Sweden. *Children and Youth Services Review* 2013;35(1):112-9.

Lekien P. The Road to LTE. Jambes, Belgique: Agence Wallonne des Télécommunications; 2010 décembre 8. Présentation à l'occasion de la 9ème édition du M-Forum, le 8 décembre 2010 au Golf d'Hulencourt à Vieux-Genappe. Internet: http://www.awt.be/content/tel/mob/MForum9_Belgacom.pdf, accessed 07-03-2014.

Ling R. From ubicomp to ubiexp(ectations). *Telemat Inf* 2014;31(2):173-83.

Marino C, Lagroye I, Scarfi MR, Sienkiewicz Z. Are the young more sensitive than adults to the effects of radiofrequency fields? An examination of relevant data from cellular and animal studies. *Progr Biophys Mol Biol* 2011;107(3):374-85.

Meerkerk G-J. Pwned by the Internet: Explorative research into the causes and consequences of compulsive internet use [PhD-thesis]. Rotterdam: Erasmus Universiteit Rotterdam; 2007.

Miquel A. Rénovation du dispositif de contrôle des expositions. Travaux du COMOP (comité opérationnel). Maisons-Alfort, France: Agence Nationale de Fréquences; 2011 décembre 15. Présentation à la 18^{ème} Journée Interaction Onde Personne, Actions 2011 de l'Agence nationale des fréquences. Internet: <http://whist.institut-telecom.fr/JBio2011/08-Miquel.pdf>, accessed 07-03-2014.

Miyakoshi J. Cellular and Molecular Responses to Radio-Frequency Electromagnetic Fields. *Proc IEEE* 2013;101(6):1494-502.

Mobistar. Het gebruik van de smartphone in België. Brussel: Mobistar; 2013. Internet: http://business.mobistar.be/resources/img/learn/files/M%20Magazine_Smartphones%20onderzoek_NL_DEF.pdf, accessed 07-03-2014.

Nittby H, Brun A, Eberhardt J, Malmgren L, Persson BRR, Salford LG. Increased blood-brain barrier permeability in mammalian brain 7 days after exposure to the radiation from a GSM-900 mobile phone. *Pathophysiology* 2009;16(2-3):103-12.

Palmquist E, Claeson A-S, Neely G, Stenberg B, Nordin S. Overlap in prevalence between various types of environmental intolerance. *Int J Hyg Environ Health* 2014;Pre-publication.

Perrin A, Cretallaz C, Collin A, Amourette C, Yardin C. Effects of radiofrequency field on the blood-brain barrier: A systematic review from 2005 to 2009. *C R Physique* 2010;11(9-10):602-12.

Poullétier de Gannes F, Haro E, Hurtier A, Taxile M, Athane A, Ait-Aissa S, *et al.* Effect of In Utero Wi-Fi Exposure on the Pre- and Postnatal Development of Rats. *Births Defects Res B* 2012;95(2):130-6.

Raad van de Europese Gemeenschappen. Aanbeveling van de Raad van 12 juli 1999 betreffende de beperking van de blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz-300 GHz (1999/519/EG). *Publicatieblad van de EG* 1999;L199(30.7.1999):59-70.

Redelmeier DA, Tibshirani RJ. Association between cellular-telephone calls and motor vehicle collisions. *N Engl J Med* 1997;336(7):453-8.

Rekhi PK, Luthra M, Malik S, Atri R. Throughput Calculation for LTE TDD and FDD Systems 2012 December. White Paper (Slideshare). Internet: <http://www.slideshare.net/veermalik121/throughput-calculation-for-lte-tdd-and-fdd-system>, accessed 07-03-2014.

Röösli M, Moser M, Baldinini Y, Meier M, Braun-Fahrlander C. Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure - a questionnaire survey. *Int J Hyg Environ Health* 2004;207(2):141-50.

Roux D, Faure C, Bonnet P, Girard S, Ledoigt G, Davies E, *et al.* A possible role for extra-cellular ATP in plant responses to high frequency, low amplitude electromagnetic field. *Plant Signal Behav* 2008a;3(6):383-5.

Roux D, Vian A, Girard S, Bonnet P, Paladian F, Davies E, *et al.* High frequency (900 MHz) low amplitude (5 V m⁻¹) electromagnetic field: a genuine environmental stimulus that affects transcription, translation, calcium and energy charge in tomato. *Planta* 2008b;227(4):883-91.

Rubin GJ, Hahn G, Everitt BS, Cleare AJ, Wessely S. Are some people sensitive to mobile phone signals? Within participants double blind randomised provocation study. *Br Med J* 2006;332(7546):886-91.

Rubin GJ, Munshi JD, Wessely S. Electromagnetic Hypersensitivity: A Systematic Review of Provocation Studies. *Psychosom Med* 2005;67(2):224-32.

- Rysavy Research. Mobile Broadband Explosion. The 3G Wireless Evolution. Hood River, OR, USA: Rysavy Reserach; 2012. Internet: http://www.rysavy.com/Articles/2012_09_Mobile_Broadband_Explosion.pdf, accessed 07-03-2014.
- Salford LG, Brun A, Stureson K, Eberhardt JL, Persson BR. Permeability of the blood-brain barrier induced by 915 MHz electromagnetic radiation, continuous wave and modulated at 8, 16, 50, and 200 Hz. *Microsc Res Tech* 1994;27(6):535-42.
- Salford LG, Brun AE, Eberhardt JL, Persson BRR. Nerve Cell Damage in Mammalian Brain after Exposure to Microwaves from GSM Mobile Phones. *Environ Health Perspect* 2003;111(7):881-3.
- Schreier N, Huss A, Rösli M. The prevalence of symptoms attributed to electromagnetic field exposure: a cross-sectional representative survey in Switzerland. *Soz Präventivmed* 2006;51(4):202-9.
- Schütz H, Wiedemann P. How to deal with dissent among experts. Risk evaluation of EMF in a scientific dialogue. *J Risk Res* 2005;8(6):531-45.
- Sheppard AR, Swicord ML, Balzano Q. Quantitative evaluations of mechanisms of radiofrequency interactions with biological molecules and processes. *Health Phys* 2008;95(4):365-96.
- Siegrist M, Earle TC, Gutscher H, Keller C. Perception of mobile phone and base station risks. *Risk Anal* 2005;25(5):1253-64.
- Smith A. 35% of American adults own a smartphone. One quarter of smartphone owners use their phone for most of their online browsing. Washington, DC: Pew Internet & American Life Project; 2011 July 11. Internet: <http://pewinternet.org/Reports/2011/Smartphones.aspx>, accessed 07-03-2014.
- Stam R. Electromagnetic fields and the blood–brain barrier. *Brain Res Rev* 2010;65(1):80-97.
- Strahlenschutzkommission. Elektromagnetische Felder neuer Technologien: Empfehlung der Strahlenschutzkommission zum Schutz der Bevölkerung und Statusbericht der Strahlenschutzkommission. Bonn, Deutschland: Strahlenschutzkommission; 2004. Heft 41.
- Superior Health Council. Public health effects of siting and operating onshore wind turbines. Brussels: Superior Health Council; 2013 April 3. Publication nr. 8738. Internet: http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/19085692_nl.pdf, accessed 07-03-2014.
- Szmigielski S. Reaction of the immune system to low-level RF/MW exposures. *Sci Tot Environ* 2013;454–455:393-400.
- The Interphone Study Group. Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Int J Epidemiol* 2010;39(3):675-94.
- Tomitsch J, Dechant E. Trends in residential exposure to electromagnetic fields from 2006 to 2009. *Radiat Prot Dosimetry* 2012;149(4):384-91.
- Urbinello D, Joseph W, Verloock L, Martens L, Rösli M. Temporal trends of radio-frequency electromagnetic field (RF-EMF) exposure in everyday environments across European cities. *Environ Res* 2014;134:134-42.
- van der Giessen A, van der Plas A, van Oort S. Marktrapportage Elektronische Communicatie: Juni 2011. Delft: TNO; 2011 juli 1. TNO-rapport 35532.
- van Dijk HF, van Rongen E, Eggermont G, Lebret E, Bijker WE, Timmermans DR. The role of scientific advisory bodies in precaution-based risk governance illustrated with the issue of uncertain health effects of electromagnetic fields. *J Risk Res* 2011;14:451-66.

van Leeuwen GMJ, Lagendijk JJW, van Leersum BJAM, Zwamborn APM. Thermal & RF Modelling of Cellular Phones (THERMIC). Work Package 2: Demonstration and validation of the models Den Haag: TNO Physics and Electronics Laboratory; 1999a. TNO report FEL-99-C128.

van Leeuwen GMJ, Lagendijk JJW, van Leersum BJAM, Zwamborn APM, Hornsleth SN, Kotte ANTJ. Calculation of change in brain temperatures due to exposure to a mobile phone. *Phys Med Biol* 1999b;44:2367-79.

van Rongen E, Croft R, Juutilainen J, Lagroye I, Miyakoshi J, Saunders R, *et al.* Effects of Radiofrequency Electromagnetic Fields on the Human Nervous System. *J Toxicol Environ Health B* 2009;12(8):572 - 97.

van Rooij AJ, Schoenmakers TM. Het (mobiele) gebruik van sociale media en games door jongeren. Rotterdam: IVO - Instituut voor Verslavingsonderzoek; 2013 januari. Monitor internet en Jongeren 2010 – 2012. Internet: <http://www.ivo.nl/UserFiles/File/Publicaties/2013-01%20Factsheet%20Social%20media%20en%20gamen.pdf>, accessed 07-03-2014.

Vanden Abeele M, Antheunis ML, Schouten AP. Me, myself and my mobile: A segmentation of youths based on their attitudes towards the mobile phone as a status instrument. *Telemat Inf* 2014;31(2):194-208.

Verschaeve L. Genetic damage in subjects exposed to radiofrequency radiation. *Mut Res* 2009;681(2-3):259-70.

Verschaeve L. Evaluations of International Expert Group Reports on the Biological Effects of Radiofrequency Fields. Chapter 20. In: Eksim A, editor. *Wireless Communications and Networks - Recent Advances*. <http://www.intechopen.com/>; InTech; 2012. Internet: <http://www.intechopen.com/download/get/type/pdfs/id/31625>, accessed 07-03-2014.

Verschaeve L, Brits E. Inventarisatie en kritische evaluatie van internationale rapporten betreffende gezondheidseffecten van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden± methodologie, conclusies en aanbevelingen. Brussel: Wetenschappelijk Instituut voor de Volksgezondheid; 2011 juli. LNE/OL201000026/10143/M&G. Internet: <http://www.lne.be/themas/milieu-en-gezondheid/zendantennes/eindrapport-nis-studie.pdf>, accessed 07-03-2014.

Verschaeve L, Juutilainen J, Lagroye I, Miyakoshi J, Saunders R, de Seze R, *et al.* In vitro and in vivo genotoxicity of radiofrequency fields. *Mut Res* 2010;705(3):252-68.

Verschaeve L, Maes A. Genetic, carcinogenic and teratogenic effects of radiofrequency fields. *Mut Res* 1998;410(2):141-65.

Vian A, Faure C, Girard S, Davies E, Halle F, Bonnet P, *et al.* Plants Respond to GSM-Like Radiation. *Plant Signal Behav* 2007;2(6):522-4.

Vijayalaxmi, Prihoda TJ. Genetic damage in mammalian somatic cells exposed to radiofrequency radiation: a meta-analysis of data from 63 publications (1990-2005). *Radiat Res* 2008;169(5):561-74.

Vijayalaxmi, Prihoda TJ. Genetic damage in human cells exposed to non-ionizing radiofrequency fields: A meta-analysis of the data from 88 publications (1990–2011). *Mut Res* 2012;749(1–2):1-16.

von Gleich A, Pade C, Wigger H. Indizien und Indikatoren zur Umsetzung des Vorsorgeprinzips. *TATuP - Zeitschrift des ITAS zur Technikfolgenabschätzung* 2013;22(3):16-24.

WHO. Electromagnetic fields (300 Hz - 300 GHz). Geneva: United Nations Environment Program, International Radiation Protection Association, World Health Organization; 1993. Environmental Health Criteria 137. Internet: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc137.htm>, accessed 07-03-2014.

WHO. Electromagnetic Hypersensitivity. Geneva World Health Organization; 2006. Proceedings of the International Workshop on Electromagnetic Field Hypersensitivity, Prague, Czech Republic, October 25-27, 2004. Internet: http://www.who.int/peh-emf/meetings/hypersensitivity_prague2004/en/ accessed 07-03-2014.

Wiedemann P, Schütz H, Spangenberg A. Risk evaluation of the health effects of mobile phone communication. Results of a scientific dialogue. Jülich, Deutschland: Forschungszentrum Jülich GmbH, Programmgruppe Mensch, Umwelt, Technik; 2005. Internet: http://www.emf-risiko.de/projekte/ergeb_bewlit_e.html, accessed 07-03-2014.

Wilén J, Johansson A, Kalezic N, Lyskov E, Sandström M. Psychophysiological tests and provocation of subjects with mobile phone related symptoms. *Bioelectromagnetics* 2006;27(3):204-14.

World Bank. Mobile cellular subscriptions (per 100 people). Washington, DC: The World Bank; 2013. Internet: <http://data.worldbank.org/indicator/IT.CEL.SETS.P2>, accessed 07-03-2014.

World Health Organization. WHO workshop on Electrical Hypersensitivity: Workshop Summary. Geneva World Health Organization; 2004. WHO workshop on Electrical Hypersensitivity, Prague, Czech Republic, October 25-27, 2004. Internet: http://www.who.int/peh-emf/meetings/hypersensitivity_prague2004/en/ accessed 07-03-2014.

5. ANNEXES

Le Conseil fournit les annexes suivantes pour information. L'information contenue dans ces annexes fait partie intégrante de l'avis et est soutenue par le Conseil.

Annexe A : Développement de la technologie de téléphonie mobile

Annexe B : Calculer et mesurer les niveaux de CEM RF

A Développement de la technologie de téléphonie mobile¹

A la fin des années 1970, la téléphonie mobile a fait son entrée en Belgique et dans d'autres pays. Depuis lors, la technologie a fortement évolué, l'utilisation a augmenté de manière telle que la ligne fixe est actuellement supplantée tandis que les possibilités d'emploi de la communication vocale sont élargies à la consultation et l'échange de données qui, voici trente ou quarante ans, étaient à peine possibles, même via PC.

Les étapes successives de l'évolution technologique sont souvent indiquées par la lettre 'G' de génération. Actuellement, la 2G et la 3G sont courantes en Belgique et la 4G est introduite à un rythme élevé. Une cinquième génération (5G) se profile entre-temps à l'horizon.

1G - première génération (NMT)

En 1977, la Régie des Télégraphes et Téléphones (RTT) a mis en service le premier réseau de téléphonie mobile appelé MOB-1. En 1987, la RTT l'a remplacé par le réseau MOB-2 utilisant la technologie NMT (Nordic Mobile Telephone) dans la bande de fréquence des 450 MHz. La technologie NMT était une technologie dite analogique, développée par les instances de télécommunication scandinaves dans les années 1970. Elle n'a été pratiquement utilisée que dans les pays européens. L'introduction de la téléphonie mobile numérique (2G) a fait tomber la technologie NMT en désuétude. Le réseau MOB-2 de la RTT - entre-temps devenue Belgacom - a été fermé le 31 août 1999.

2G - deuxième génération (GSM)

En Europe, les réseaux 2G utilisaient la technologie GSM (*Global System for Mobile Communication*) dans les bandes de fréquence 900 MHz² et 1800 MHz³. La technologie GSM a été développée par la *European Conference of Postal and Telecommunications Administrations* (CEPT) et l'*European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) dans les années 1980. Le GSM utilise différentes bandes de fréquence pour le signal entrant et sortant (FDD: *Frequency Division duplex*) et offre la possibilité jusqu'à huit utilisateurs d'utiliser un même canal de 200 kHz duplex (TDMA: *Time Division Multiple Access*).

D'autres technologies 2G sont utilisées en dehors de l'Europe:

- IS-136 ou D-AMPS
- IS-95 ou cdmaOne
- iDEN
- PDC.

¹ Cette annexe est basée sur un document de travail du Dr Benoît Stockbroeckx de l'ANPI.

² Bandes de fréquences combinées de 880-915 MHz et 925-960 MHz.

³ Bandes de fréquences combinées de 1710-1785 MHz et 1805-1880 MHz.

Par ailleurs, le GSM est également utilisé dans les bandes de fréquence 850 MHz et 1900 MHz en dehors de l'Europe.

La technologie GSM est spécialement conçue pour la communication vocale (téléphonie). Elle a cependant été développée également pour permettre le transfert de données. On peut citer à titre d'exemples les GPRS (*General Packet Radio Services*) et le EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*), parfois qualifiés de technologies 2,5G.

Depuis 1994, Belgacom¹ est autorisé à exploiter en Belgique un réseau GSM dans la bande de fréquence 900 MHz. A l'origine, Belgacom occupait une position monopolistique. Le choix de Mobistar comme deuxième opérateur GSM dans la bande 900 MHz y a mis fin. En 1998, un troisième opérateur, Base Company², a reçu l'autorisation d'exploiter un réseau GSM dans la bande de fréquence 1800 MHz. Par la suite, Base Company a reçu l'autorisation d'exploiter un réseau GSM dans la bande 900 MHz tandis que Belgacom et Mobistar pouvaient exploiter des réseaux dans la bande 1800 MHz. Les trois opérateurs 2G utilisent tous la technologie GSM dans les bandes 900 MHz et 1800 MHz.

3G - troisième génération (UMTS)

En Europe, les réseaux 3G reposent sur la technologie UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*). Cette technologie a été standardisée à la fin des années 1990 par le 3rd Generation Partnership Project (3GPP). L'UMTS est également appelé WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*). HSPA (*High-Speed Packet Access*) et HSPA+ (*Evolved High-Speed Packet Access*) constituent les formes plus récentes de la technologies UMTS.

L'UMTS est standardisé dans deux modes, à savoir FDD et TDD (*Time Division Duplex*). Aucun réseau TDD³ n'est toutefois utilisé. L'UMTS est une technologie CDMA (*Code Division Multiple Access*) permettant à différents utilisateurs d'utiliser le même canal de 5 MHz duplex simultanément. La bande 2 GHz peut aussi être utilisée pour l'UMTS. Actuellement, la bande 900 MHz est également employée. CMDA2000 est une autre technologie 3G utilisée en dehors de l'Europe.

En Belgique, les trois opérateurs 2G peuvent aussi exploiter un réseau 3G à la suite d'une adjudication de 2001. En pratique, les réseaux 3G n'ont été déployés qu'en 2003. Depuis 2011, un quatrième opérateur (Telenet Tecteo Bidco) peut exploiter un réseau 3G.

¹ Belgacom offre ses services de communication mobile sous la marque déposée 'Proximus'.

² L'entreprise qui a reçu une licence en 1998 s'appelait KPN-Orange. Elle porte actuellement le nom de Base Company et offre ses services sous la marque déposée 'Base'.

³ Au niveau du TDD, les signaux entrant et sortant utilisent la même fréquence.

4G - quatrième génération (LTE)

Les technologies LTE (*Long Term Evolution*) et WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) sont les principales technologies 4G. Il semblerait que la technologie LTE prenne l'avantage. Tout comme l'UMTS, la LTE est standardisée par 3GPP, tant en mode FDD que TDD. La LTE est une technologie de type OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) permettant à plusieurs utilisateurs d'utiliser un même canal simultanément. La largeur des canaux LTE peut être de 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz ou 20 MHz. Les bandes de fréquence 800 MHz¹ (FDD) et 2,6 GHz² (FDD et TDD) sont, au départ, dédiées à l'usage LTE. La technologie LTE peut aussi être utilisée dans la bande de fréquence 1800 MHz (FDD).

Sur la base de l'adjudication de 2011, quatre opérateurs peuvent exploiter un réseau 4G en Belgique dans la bande de fréquence 2,6 GHz. Aucun ne l'a fait jusqu'à présent. Fin 2011, l'IBPT (Institut Belge des Services postaux et des Télécommunications) a donné l'autorisation aux opérateurs de 3G d'utiliser la technologie LTE dans les bandes de fréquence 900 MHz, 1800 MHz et 2 GHz. Belgacom, Mobistar et Base Company offrent actuellement des services 4G dans la bande 1800 MHz. Cinq opérateurs ont actuellement reçu l'autorisation d'exploiter un réseau 4G reposant sur la technologie LTE: Belgacom, Mobistar, Base Company, Telenet Tecteo Bidco et BUCD.

Fin 2013, la bande de fréquence 800 MHz a été adjugée et Belgacom, Mobistar et kpnGroup Belgium ont obtenu des licences pour utiliser cette bande pour la 4G.

5G - cinquième génération

Dans les années 2020, les réseaux de cinquième génération verront le jour. Actuellement, ils en sont encore au stade de l'élaboration et le processus de standardisation n'a pas encore débuté.

Aperçu

Le Tableau 2 donne un aperçu des bandes de fréquence, la technologie autorisée dans celles-ci et la technologie utilisée par les différents opérateurs.

¹ Bandes de fréquences combinées de 791-821 MHz et 832-862 MHz.

² Bandes de fréquences combinées de 2500-2570 MHz et 2620-2690 MHz, et la bande de fréquence de 2575-2620 MHz.

Tableau 2 Aperçu des services de communication mobile en Belgique

Bande de fréquence	Technologie autorisée	Technologie utilisée	Opérateur
900MHz	GSM UMTS LTE	GSM (1994) UMTS (2008)	Belgacom Mobistar kpnGroup Belgium Bidco (2015)
1800MHz	GSM UMTS LTE	GSM (1998) LTE (2012)	Belgacom Mobistar KPN Group Belgium Bidco (2015)
2GHz	UMTS LTE	UMTS (2003)	Belgacom Mobistar kpnGroup Belgium Bidco
2,6GHz	Tous	LTE (?)	Belgacom Mobistar kpnGroup Belgium BUCD
800MHz	Tous	LTE (2014)	Belgacom Mobistar kpnGroup Belgium
3,5GHz	Tous	Nextnet (2004)	b.Lite Mac Telecom

Ensuite, le tableau 3 donne un aperçu des débits pour les différentes technologies.

Tableau 3 Aperçu des débits 'downlink' et 'uplink' pour les différentes technologies. La dernière colonne donne la 'latence', le temps nécessaire aux données pour parcourir l'ensemble du réseau. Les données sont empruntées à la pratique et donc inférieures aux valeurs théoriquement maximales praticables. Emprunté à (Rysavy Research 2012).

Technologie	Downlink	Uplink	Latency
2G GPRS	40 kbit/s	40 kbit/s	700 ms
EDGE	70-135 kbit/s	70-135 kbit/s	300 ms
3G UMTS (5 MHz)	200-300 kbit/s	200-300 kbit/s	200 ms
HSPA (5 MHz)	0.7-1.7 Mbit/s	0,5-1.2 Mbit/s	100 ms
HSPA+ (5 MHz)	1,9-8,8 Mbit/s	1-4 Mbit/s	50 ms
4G LTE (10 MHz)	6,5-26,3 Mbit/s	6-13 Mbit/s	20 ms
LTE Advanced (20 MHz)	1.2 Gbit/s (theoretical peak)	568 Mbit/s (theoretical peak)	5 ms (theoretical)

B Calculer et mesurer les niveaux de CEM RF¹

Lorsqu'une antenne à construire est soumise à autorisation, la procédure impose généralement de démontrer que le rayonnement émis respectera la limite autorisée dans tous les lieux où la norme s'applique. Or, la plupart des antennes produisent un rayonnement dont la variabilité de l'intensité dans l'espace est très importante. Garantir qu'une norme est respectée partout implique une vérification (par calcul ou par des mesures in situ) en de nombreux endroits.

Déterminer l'intensité du rayonnement que produit une antenne par des mesures in situ à l'intérieur de bâtiments nécessite l'accord de l'occupant, ce qui constitue souvent un problème dont l'ampleur est d'autant plus importante que les bâtiments sont nombreux.

Garantir qu'une norme est respectée par des mesures in situ n'est par conséquent envisageable que si la zone concernée est peu étendue et accessible, ce qui est rarement le cas en milieu urbain. En outre, lorsque l'antenne n'est pas encore construite, ce qui est fréquent lors de l'examen des demandes d'autorisation (permis d'urbanisme ou permis d'environnement), des mesures in situ sont inutiles. Le champ produit ne peut alors être estimé qu'au moyen de modèles mathématiques.

On sait par ailleurs que le champ produit par une antenne présente d'importantes variations d'intensité sur de courtes distances (inférieures à la longueur d'onde). Ces variations résultent du fait que le champ en un point donné est la somme vectorielle d'une onde directe et de plusieurs ondes réfléchies par les obstacles environnants. Dans le cadre de la présente note, on considérera toujours l'intensité moyenne du champ afin d'éliminer les effets de telles variations. Il s'agit d'une moyenne spatiale calculée ou mesurée soit le long d'un trajet, soit sur une surface, soit dans un volume. Dans le cas d'une moyenne sur un trajet, sa longueur sera au minimum égale à la longueur d'onde du rayonnement, par exemple une trentaine de centimètres si la fréquence est de 900 MHz. Dans la suite de la présente note, on ne considérera, implicitement, que la moyenne spatiale du champ.

Il faut également signaler que le champ généré par les antennes de téléphonie mobile varie au cours du temps du fait que la puissance émise dépend du nombre de communications en cours et des conditions de propagation entre l'antenne-relais et le téléphone portable. La puissance émise par l'antenne-relais n'atteint son maximum que dans certaines circonstances rarement rencontrées. Lorsque des mesures sur site sont effectuées, il est néanmoins possible, de déterminer, par extrapolation², l'intensité du rayonnement qui serait atteinte lorsque cette puissance maximale est émise. C'est ce maximum temporel qui sera pris en compte dans la suite.

En résumé, dans la suite de la présente note, les comparaisons entre mesures et calculs porteront sur la moyenne spatiale du maximum temporel du champ afin d'éliminer les variations sur de très courtes distances ainsi que l'influence du trafic et des conditions de propagation.

¹ Cette annexe est basée sur un document de travail de l'Ir Willy Pirard de l'Institut scientifique de service public (ISSeP).

² La méthode appliquée est décrite dans les deux documents suivants :

[ISSeP 1658-09] Méthode de mesure des rayonnements électromagnétiques pour le contrôle des antennes émettrices en Région wallonne (www.issep.be) - § 1, 2 et 3.

[EN 50492] Norme de base pour la mesure du champ électromagnétique sur site, en relation avec l'exposition du corps humain à proximité des stations de base – CENELEC - § 6.3.3 et 9.

Calculer le champ en un point situé à l'extérieur en vue directe¹ d'une antenne est le cas le plus simple. Sa valeur dépend essentiellement des distances, des angles ainsi que des caractéristiques techniques des antennes (c'est-à-dire la puissance injectée et la forme des diagrammes de rayonnement). Bien que ces données puissent être déterminées avec une assez bonne précision, le champ calculé par les modèles de prédiction est entaché d'une incertitude, laquelle augmente lorsqu'on s'écarte de l'antenne. Les travaux du COMOP² fournissent de précieuses indications sur l'importance de l'incertitude des prédictions. L'exemple repris à la figure 1 a été présenté lors d'un exposé³ d'un membre de ce comité. La figure représente une vue en plan d'un quartier exposé aux rayonnements de 6 antennes (représentées dans le coin supérieur gauche). Les chiffres sur fond rose⁴ correspondent à la valeur du champ (exprimé en V/m) calculée par le modèle. Il s'agit du champ à l'extérieur, en façade de bâtiments situés en vue directe des antennes. Les valeurs calculées sont suivies de l'intervalle⁵ de confiance à 95%. Dans cet exemple, l'incertitude sur le champ (exprimé en V/m) est de 60% de part et d'autre de la valeur calculée.



E = 2,1 V/m IC95% (1,2 – 3,2 V/m) E = 2,7 V/m IC95% (1,6 – 4,3 V/m)

Figure 1 : Résultats de simulations présentés dans le cadre des travaux du COMOP

Calculer le champ présent à l'intérieur d'un bâtiment également situé en vue directe d'une antenne entraîne une augmentation de l'incertitude (en valeur relative) en raison de l'atténuation produite par l'enveloppe du bâtiment (mur, toit, fenêtres ...). Cette atténuation est due au fait qu'il n'y a qu'une faible proportion du rayonnement qui pénètre effectivement dans les bâtiments. L'atténuation d'enveloppe dépend de nombreux paramètres et ne peut être déterminée précisément que par des mesures in situ. Parmi les paramètres déterminants, citons la superficie

¹ Ce qui est le cas lorsqu'il n'y a aucun obstacle important entre le point considéré et l'antenne.

² COMOP est l'abréviation de « Comité opérationnel ».

³ Arnaud MIQUEL - Rénovation du dispositif de contrôle des expositions - 18^{ième} Journée Interaction Onde Personne - Actions 2011 de l'Agence nationale des fréquences – 15 décembre 2011.

⁴ Afin d'améliorer la lisibilité, ces chiffres ont été reproduits à l'extérieur de la figure.

⁵ Cela signifie que la valeur réelle a 95% de chance de se trouver dans cet intervalle et 5% de chance de se trouver en dehors.

des fenêtres, le type de vitrages (simple, double, ...), l'angle d'incidence du rayonnement, la nature et l'épaisseur des parois (murs et toit). L'atténuation d'enveloppe est souvent importante et peut atteindre plusieurs dizaines de pourcents. Le cas extrême est sans doute celui des bâtiments dont les vitrages comportent un film conducteur destiné à améliorer l'isolation thermique. Ce film a pour effet de bloquer complètement le rayonnement radiofréquence provenant de l'extérieur, à tel point que l'utilisation de téléphones mobiles dans le bâtiment nécessite souvent l'installation de répéteurs ou de « picocellules ».

Si le bâtiment n'est pas en vue directe de l'antenne, ce qui est le cas lorsqu'il est masqué par un obstacle que le rayonnement ne peut traverser (par exemple un autre bâtiment ou un accident du relief), la propagation de l'onde implique au minimum une diffraction, ce qui entraîne une réduction du champ (exprimé en V/m) d'un facteur de l'ordre de 10.

Lorsque l'on calcule un champ dans le cadre de l'examen d'une demande d'autorisation, la règle veut que l'on évite toute sous-estimation du champ. En effet, si des mesures sur le terrain, effectuées a posteriori, conduisaient à conclure que l'imprécision des modèles ne permet pas de garantir le respect de la norme, les conséquences juridiques et économiques seraient considérables. Il en résulte que l'incertitude des prédictions doit être prise en compte et que l'atténuation d'enveloppe ne peut en aucun cas être surestimée, ce qui entraîne généralement une surestimation du champ. Lorsqu'une vérification sur le terrain est effectuée, on observe d'ailleurs que le champ mesuré est généralement inférieur, parfois très largement, au champ calculé ce qui atteste de la prudence avec laquelle les simulations sont effectuées. A ce sujet, il est sans doute intéressant de mentionner les résultats des nombreuses mesures effectuées par l'ISSEP depuis l'entrée en vigueur de la norme wallonne en matière de protection contre les effets des rayonnements non-ionisants. En un peu plus de 3 ans, près de 850 stations de base de téléphonie mobile ont été contrôlées, ce qui a nécessité des prises de mesures en plus de 10.000 points situés aux endroits les plus exposés. Il a été constaté que la valeur instantanée du cumul des champs dus aux antennes de téléphonie mobile dépassait 3 V/m dans moins de 10 locaux. On précisera qu'une fraction importante (au moins 1/3) des 10.000 points se trouvait en zone urbaine. Ce constat pourrait sembler en contradiction avec les difficultés rencontrées par la Région de Bruxelles-Capitale lors de la mise en œuvre de l'ordonnance de mars 2007 qui fixe une limite cumulative de 3 V/m. Le fait que la Région de Bruxelles-Capitale base ses évaluations de champ sur des simulations, ce qui est la seule solution applicable vu l'étendue de la zone à analyser et les difficultés d'effectuer des mesures sur site, explique cette apparente contradiction. Il est d'ailleurs assez paradoxal de constater que les objectifs de la Région de Bruxelles-Capitale (3 V/m cumulatif) sont pratiquement atteints en Wallonie (très peu de lieux où le cumul dépasse 3 V/m) où la norme est pourtant nettement moins sévère. Cette observation nous conduit à conclure que la difficulté n'est pas de respecter une limite cumulative de 3 V/m, mais bien de produire la démonstration que cette limite est effectivement respectée.

Il a été mentionné ci-dessus que l'incertitude des modèles de prédiction est d'autant plus importante que le point considéré est éloigné de l'antenne. Cela se comprend aisément puisque le nombre d'éléments « perturbateurs » susceptibles d'influencer la propagation augmente avec la distance. Il est évident par ailleurs que le niveau de champ que l'on peut considérer comme négligeable est d'autant plus faible que la norme est sévère. Par exemple, dans le contexte de la recommandation de l'ICNIRP (41,2 V/m à la fréquence de 900 MHz), un champ de 9,2 V/m ne représente (en termes de densité de puissance ou de SAR) que 5 % de la norme et peut être considéré comme faible, voire négligeable. Or, ces 9,2 V/m ne peuvent être atteints que jusqu'à une cinquantaine de mètres d'une antenne de téléphonie mobile émettant une PIRE¹ de 7000 W.

¹ PIRE est l'abréviation de « Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente ». La PIRE se réfère à la notion d'antenne isotrope dont la particularité est d'émettre un rayonnement d'égale intensité dans toutes les directions de l'espace ; mentionnons que c'est un concept purement théorique puisque pareille antenne est

Si une norme cumulative de 3 V/m est d'application et que l'on considère comme négligeable ce qui est inférieur à 5% de la norme, c'est-à-dire 0,67 V/m, la même PIRE de 7000 W conduit à un rayon d'investigation de plus de 680 m. A une telle distance, l'incertitude des modèles de prédiction est beaucoup plus importante qu'elle ne l'est à 50 m. En conclusion, l'impact de l'incertitude des prédictions est d'autant pénalisant que la limite imposée est faible.

Les raisons pour lesquelles l'autorité qui délivre une autorisation (permis d'urbanisme ou d'environnement) ne peut se permettre aucune sous-estimation du champ ont été exposées ci-dessus. Cette autorité se doit par conséquent d'utiliser les modèles mathématiques avec prudence. Les surestimations qui en résultent donnent lieu à des dépassements dont certains seront en fait de « faux dépassements » qui nécessiteront éventuellement une réduction de la puissance émise. La conséquence d'une telle réduction est une perte de capacité qui doit être compensée par l'installation d'une ou plusieurs autres antennes si l'on veut éviter une dégradation de la couverture radioélectrique. Augmenter la hauteur de l'antenne permet une réduction limitée de l'exposition des riverains, mais cette solution se heurte aux règles urbanistiques.

impossible à réaliser en pratique. Dans le cas des antennes « réelles », l'intensité du rayonnement émis est, pour chaque direction considérée, inférieure ou supérieure à celle que produirait l'antenne isotrope alimentée avec la même puissance P . Si l'on considère la direction dans laquelle l'intensité du rayonnement émis par une antenne réelle est maximale, le gain G traduit cet effet d'amplification. En tout point situés dans cette direction, l'intensité du champ est la même que s'il était produit par une antenne isotrope alimentée par une puissance égale à $P \times G$ que l'on appelle PIRE.

A titre d'exemple, une antenne dont le gain est égal à 50 (c'est-à-dire 17 dBi) et qui est alimentée par une puissance de 140 W rayonne une PIRE de 7000 W.

L'abréviation correspondante en anglais est EIRP (pour *Equivalent Isotropic Radiated Power*).

6. COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL

Tous les experts ont participé *à titre personnel* au groupe de travail. Les noms des experts nommés du CSS par AR ainsi que les membres du Bureau et du Collège sont disponibles sur notre site web (page : [composition et fonctionnement](#)).

Les experts suivants ont participé à l'élaboration de l'avis :

ADANG Dirk	Toxicologie et radiohygiène	UCL
DE RIDDER Maurits	Médecine du travail	Ugent
DE THIBAUT DE BOESINGHE Léopold	Médecine du travail	Ugent
MAES Annemarie	Toxicologie et radiohygiène	ISP
PASSCHIER Wim	Analyse du risque	Maastricht University
PIRARD Willy	Electrotechnique	ISSeP
QUAEGHEBEUR Luc	Médecine du travail	CMBT
STOCKBROECKX Benoît	Electrotechnique	ANPI
VANDERSTRAETEN Jacques	Toxicologie et radiohygiène	ULB
VANDROOGENBROEK Michael	Electrotechnique	IBPT
VAN GOOL Stefaan	Oncologie	KUL
VERSCHAEVE Luc	Toxicologie et radiohygiène	ISP

Le groupe de travail a été présidé par Luc VERSCHAEVE et le secrétariat scientifique a été assuré par Eric JADOUL.

Les déclarations générales d'intérêts des experts ayant approuvé ou validé l'avis sont accessibles sur notre site web (page : [Conflits d'intérêts](#)).

Au sujet du Conseil Supérieur de la Santé (CSS)

Le Conseil Supérieur de la Santé est un service fédéral relevant du SPF Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement. Il a été fondé en 1849 et rend des avis scientifiques relatifs à la santé publique aux ministres de la santé publique et de l'environnement, à leurs administrations et à quelques agences. Ces avis sont émis sur demande ou d'initiative. Le CSS ne prend pas de décisions en matière de politique à mener, il ne les exécute pas mais il tente d'indiquer aux décideurs politiques la voie à suivre en matière de santé publique sur base des connaissances scientifiques les plus récentes.

Outre son secrétariat interne composé d'environ 25 collaborateurs, le Conseil fait appel à un large réseau de plus de 500 experts (professeurs d'université, collaborateurs d'institutions scientifiques), parmi lesquels 200 sont nommés à titre d'expert du Conseil. Les experts se réunissent au sein de groupes de travail pluridisciplinaires afin d'élaborer les avis.

En tant qu'organe officiel, le Conseil Supérieur de la Santé estime fondamental de garantir la neutralité et l'impartialité des avis scientifiques qu'il délivre. A cette fin, il s'est doté d'une structure, de règles et de procédures permettant de répondre efficacement à ces besoins et ce, à chaque étape du cheminement des avis. Les étapes clé dans cette matière sont l'analyse préalable de la demande, la désignation des experts au sein des groupes de travail, l'application d'un système de gestion des conflits d'intérêts potentiels (reposant sur des déclarations d'intérêt, un examen des conflits possibles, et un comité référent) et la validation finale des avis par le Collège (ultime organe décisionnel). Cet ensemble cohérent doit permettre la délivrance d'avis basés sur l'expertise scientifique la plus pointue disponible et ce, dans la plus grande impartialité possible.

Les avis des groupes de travail sont présentés au Collège. Après validation, ils sont transmis au requérant et au ministre de la santé publique et sont rendus publics sur le site internet (www.css-hgr.be), sauf en ce qui concerne les avis confidentiels. Un certain nombre d'entre eux sont en outre communiqués à la presse et aux groupes cibles parmi les professionnels du secteur des soins de santé.

Le CSS est également un partenaire actif dans le cadre de la construction du réseau EuSANH (*European Science Advisory Network for Health*), dont le but est d'élaborer des avis au niveau européen.

Si vous souhaitez rester informé des activités et publications du CSS, vous pouvez envoyer un mail à l'adresse suivante : info.hgr-css@health.belgium.be .