

Champs électromagnétiques et santé : entre complexité et incertitudes

Electromagnetic fields and health : between complexity and uncertainties

Vanderstraeten J.

Unité de Recherche en Santé environnementale et Santé au travail, Ecole de Santé publique, Université libre de Bruxelles (ULB)

RESUME

Les champs électromagnétiques (EM) de notre environnement peuvent-ils affecter la santé et si oui, à partir de quelle intensité/durée d'exposition ? Comme pour d'autres questions en santé-environnement, toute tentative de réponse se heurte aux difficultés suivantes : complexification de l'environnement, donc diversification des facteurs confondants ; influence de la perception du risque et/ou de conflits d'intérêt ; utilisation d'outils d'analyse toujours plus sensibles, donc moins spécifiques ; accroissement du nombre de publications avec complexification consécutive de toute revue de littérature. Et la question des champs EM, elle-même, expose encore à des difficultés supplémentaires. En ce qui concerne les radiofréquences (GSM, wifi, etc.), la dosimétrie d'une part est extrêmement aléatoire. Il est en effet impossible de prédire l'intensité moyenne d'exposition aux antennes environnantes ou au combiné d'un GSM ou smartphone. D'autre part, toute observation faite sur les rongeurs ne peut être extrapolée à l'Homme que moyennant l'application d'un facteur correctif à l'intensité d'exposition concernée. Or la valeur exacte de ce facteur reste incertaine. Egalement, les mécanismes d'interaction des champs EM avec le vivant semblent encore imparfaitement compris. En effet, pour les 50/60 Hz de l'électricité, un doublement du risque de leucémie infantile existe pour une exposition prolongée à une intensité 500 fois inférieure à celle à partir de laquelle des effets biologiques paraissent possibles. Et en radiofréquences, où seuls les effets thermiques sont considérés à ce jour, des données récentes supportent la possibilité d'un effet cancérigène pour des intensités plus faibles que celles qui causent un échauffement significatif des tissus.

Rev Med Brux 2019 ; 40 : 339-44

ABSTRACT

Could the electromagnetic fields (EMF) affect health, and in case, from which intensity/duration of exposure? Like for other questions in environmental health, any attempt to answer is hindered by the following difficulties: complexification of the environment, hence diversification of confounding factors; influence of with risk perception and / or conflicts of interest; use of analysis tools that are increasingly sensitive, so less specific; increase in the number of publications, with consequent complexification of any literature review. And the issue of EM fields itself, still exposes to additional difficulties. Regarding radio frequencies (GSM, wifi, etc.), the dosimetry on the one hand is extremely hazardous. It is indeed impossible to predict the average intensity of exposure to nearby antennas or the handset of a mobile phone or smartphone. On the other hand, any observation made on rodents can only be extrapolated to humans by applying a corrective factor to the intensity of exposure concerned. But the exact value of this factor remains uncertain. Also, the mechanisms of interaction of the EM fields with the living matter still seem imperfectly understood. Indeed, for the 50/60 Hz of electricity, a doubling risk of childhood leukemia exists for a prolonged exposure to an intensity 500 times lower than the lowest one from which biological effects seem possible. And in radio-frequencies, where only thermal effects are considered to date, recent data support the possibility of carcinogenic effect for intensities lower than those which cause significant heating of tissues.

Rev Med Brux 2019 ; 40 : 339-44

Key words : cancer, extremely low frequency, mobile phones, radiofrequency fields

INTRODUCTION

Un champ électrique (E) ou magnétique (B) est un vecteur, qui se caractérise donc par sa grandeur et sa direction. L'intensité de E s'exprime en volts par mètre (V/m) et celle de B s'exprime en Tesla (T), l'unité de densité de flux magnétique. L'onde électromagnétique (EM) est constituée des champs E et B dits " rayonnés ", dont l'alternance dans le temps assure la propagation dans l'espace. Au-delà d'une fréquence d'alternance de l'ordre de 100 kilohertz (kHz) et jusqu'en micro-ondes (< 300 gigahertz ou GHz), les ondes EM servent, notamment, de support aux radio- et télécommunications, dont la téléphonie et l'internet mobile. Dans cette gamme, dite des radiofréquences (RF), la puissance de l'onde est exprimée en watts par mètre carré (W/m^2), celle-ci étant proportionnelle à E^2 . Et l'énergie reçue par l'organisme est, quant à elle, exprimée en densité d'absorption spécifique (DAS), dont l'unité est le watt par kilo de poids corporel (W/kg). Ces champs et ondes EM appartiennent à la partie non ionisante du spectre EM. En effet, leur énergie intrinsèque est insuffisante que pour causer une quelconque ionisation et son cortège d'effets toxiques. Pas question donc ici d'effets stochastiques : un seuil d'intensité existera toujours, en dessous duquel aucun effet ne sera jamais observé¹.

Les sources des champs EM de notre environnement moderne sont pour l'essentiel, d'origine humaine. En effet, le bruit de fond naturel est tout à fait négligeable au-delà de quelques hertz de fréquence et jusqu'au seuil des infra-rouges (300 GHz). Il était donc logique de poser la question de leur impact éventuel sur notre santé. Plus précisément, il s'agit de savoir, pour chacune des gammes de fréquences existantes, à partir de quelle intensité/durée d'exposition des conséquences peuvent exister sur notre santé. Cette question est d'autant plus pertinente qu'à l'heure actuelle, par exemple, il existe sur terre à peu près autant d'abonnements à la téléphonie mobile que d'êtres humains. Mais, comme nous allons le voir, cette question est hautement complexe.

UNE QUESTION COMPLEXE

Toute question qui concerne la santé est complexe par définition, non seulement du fait de la complexité intrinsèque du vivant et de ses différents niveaux d'organisation interagissant, mais aussi du fait de la complexité et de la multiplicité des facteurs déterminants de la santé. Et pour ce qui concerne les effets potentiels des champs EM sur la santé, deux niveaux de complexité supplémentaires s'ajoutent encore.

Complexité liée au contexte

Tout débat moderne en santé environnementale se heurte à des défis nouveaux et inédits qui accroissent encore la difficulté à répondre à toute question posée.

Ces défis sont de quatre ordres :

- Notre environnement moderne s'est " enrichi " de nombreux facteurs, notamment physiques et chimiques, qui sont autant de facteurs potentiellement confondants lorsqu'il s'agit d'établir un quelconque lien de causalité ;
- Le débat en santé environnementale est inévitablement sous influence, soit dans le sens de la minimisation des risques du fait de l'existence de conflits d'intérêt, soit dans le sens de l'exagération des risques en raison de la conviction, de la perception du risque ou même du désir de notoriété dans le chef de certains scientifiques ;
- L'exigence (légitime) du public couplée à l'évolution des techniques incite à l'utilisation croissante d'outils d'analyse de plus en plus sensibles. Mais qui dit gain en sensibilité dit perte en spécificité. Il en est ainsi, par exemple, de la génomique. Alors que celle-ci permet l'analyse de l'expression de plusieurs milliers de gènes simultanément, son interprétation ne peut valablement se faire qu'au travers d'outils biostatistiques complexes ;
- Enfin, l'explosion de l'offre en matière de publication scientifique et le nombre toujours croissant d'auteurs potentiels entraîne non seulement un accroissement continu du nombre de publications, mais aussi le risque d'un abaissement du niveau moyen d'exigence des comités éditoriaux des journaux scientifiques. Il en découle qu'une revue de littérature en telle ou telle matière peut s'avérer être une tâche considérable et pleine d'embûches et qui ne peut donc plus être réalisée que par des spécialistes en la matière. Ceci est en particulier vrai pour ce qui concerne les effets potentiels des champs EM.

Complexité d'objet spécifique

S'agissant des effets des champs EM, une première difficulté spécifique tient dans le fait que la recherche n'a eu à ce jour d'autre choix que d'explorer tous azimuts. En effet, contrairement à d'autres questions en santé- environnement, aucune observation épidémiologique préalable n'a permis d'orienter cette recherche dès le départ.

Une deuxième difficulté spécifique, et non des moindres, tient dans la définition extrêmement difficile et aléatoire de la dosimétrie dans la gamme des RF. Il en est ainsi de l'intensité moyenne de notre exposition aux antennes environnantes : sans même considérer la variation de leur puissance d'émission avec le trafic, les nombreux phénomènes de réflexion, diffraction et atténuation par les obstacles de toute sorte rendent pratiquement illusoire l'estimation de cette exposition, dès lors que l'on n'est plus à proximité immédiate ou en ligne directe de l'antenne. Il en est également ainsi de l'intensité moyenne de notre exposition au GSM et smartphone : tant la manière dont nous l'utilisons (distance exacte) que la qualité du signal reçu à chaque instant (donc la puissance d'émission du GSM), peuvent faire varier le DAS d'un facteur de 10 à 100, voire plus. Enfin, toute observation faite chez le rongeur (animal

de laboratoire par excellence) ne peut être extrapolée à l'Homme que moyennant l'application d'un facteur de proportionnalité. En effet, l'unité du DAS (W/kg) est aussi celle du métabolisme. L'intensité de celui-ci détermine donc le niveau de " bruit " qui doit être surmonté pour qu'un GSM, par exemple, puisse causer une augmentation de température dans les tissus. Or le métabolisme basal chez le rongeur est plus élevé que chez l'Homme. La conséquence en est qu'un échauffement de $\geq 1^\circ\text{C}$ existera déjà chez l'Homme pour un DAS de 4W/kg^1 alors que chez le rongeur il nécessitera un DAS plus élevé, entre 10 à 12 W/kg chez le rat et au-delà de 12 W/kg chez la souris². Mais la valeur exacte du facteur de proportionnalité à appliquer reste cependant encore inconnue.

Une troisième difficulté spécifique aux champs EM réside dans la complexité des phénomènes d'interaction entre ces champs et les tissus vivants, complexité dont découlent des incertitudes qui embarrassent beaucoup la communauté scientifique (voir plus bas). Enfin, une dernière difficulté spécifique réside dans l'émergence du phénomène dit d' " électrosensibilité " et dont l'étude se heurte inévitablement à la dimension subjective liée à la perception du risque.

LES BASES DES RECOMMANDATIONS INTERNATIONALES

C'est depuis la seconde guerre mondiale déjà (radaristes) que l'on s'est intéressé aux effets potentiels des RF sur la santé. Début des années nonante est née l'ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*), émanation de l'IRPA dédiée aux champs EM. Sur base des effets directement mesurables, l'ICNIRP propose des niveaux d'intensité à ne pas dépasser pour la protection, tant des travailleurs que de la population générale^{1,3}. Ces effets mesurables sont les suivants, pour chacune des principales gammes de fréquence. En basses fréquences ($< 100\text{ kHz}$) et jusque quelque 10 MHz, le champ B génère des courants induits qui peuvent secondairement causer des effets de stimulation neurosensorielle. Et en RF ($> 100\text{ kHz}$), les phénomènes d'absorption dite " diélectrique " peuvent engendrer un échauffement tissulaire, celui-ci devenant significatif ($\geq 1^\circ\text{C}$) à partir d'un DAS de 4 W/kg^1 . A ce jour, les recommandations de l'ICNIRP sont assez largement suivies de par le monde et servent généralement de références à la plupart des instances officielles, telles l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) ou la Commission européenne notamment.

A-T-ON FAIT LE TOUR DE LA QUESTION ?

A côté des effets directement mesurables sur lesquels l'ICNIRP base ses recommandations, il semble pourtant bien que des effets soient possibles pour des intensités inférieures à celles recommandées par l'ICNIRP, à tout le moins dans le contexte d'une exposition prolongée.

En basses fréquences, et en particulier les 50/

60 Hz de l'électricité, l'IARC (*International Agency for the Research on Cancer*) a classé le champ B dans le groupe 2b des agents " possiblement " cancérogènes⁴. Cette classification qui date de 2001, a fait suite au constat répété par une vingtaine d'études cas-témoins de l'association entre une exposition prolongée à un niveau moyen de $0,4\ \mu\text{T}$ d'intensité, et plus, et un doublement du risque de leucémies infantiles. A ce jour, pourtant, l'ICNIRP retient la valeur de $200\ \mu\text{T}$ comme seuil de risque à la fréquence de 50/60 Hz³.

En RF, l'IARC, à nouveau, a classé les ondes de la téléphonie mobile dans ce même groupe 2b, ceci sur base de plusieurs études cas-témoins qui ont conclu à un accroissement du risque de gliome cérébral ($\times 1,4$) et de schwannome du nerf vestibulaire pour une utilisation " intensive " ($\geq 30\text{ min/jour}$) et prolongée ($\geq 10\text{ ans}$) du téléphone mobile⁵. Et plus récemment, une très large étude sur des rongeurs exposés leur vie durant a conclu à un risque possible dès 3 W/kg et certain dès 6 W/kg , d'augmentation de l'incidence de tumeurs, dont en particulier le gliome cérébral et certains schwannomes, précisément^{6,7}. Tenant compte du facteur de proportionnalité requis pour l'extrapolation de ces résultats à l'Homme (voir ci-avant), il semble donc bien que le niveau de DAS de référence de l'ICNIRP (4 W/kg) soit surévalué (voir plus bas).

CHAMPS 50 HZ DE L'ELECTRICITE

C'est depuis 1979 déjà que l'on s'est intéressé aux risques à long terme de l'exposition aux champs B de l'électricité. Depuis, quelques associations épidémiologiques ont été établies mais aucun mécanisme d'action de ces champs n'a pu être établi. En effet, alors qu'un tel mécanisme semble possible à partir de $100\ \mu\text{T}$ environ, l'exposition des populations étudiées n'est jamais supérieure à $1\ \mu\text{T}$ environ. Seules les associations suivantes ont pu être établies à ce jour. Dans le contexte résidentiel, le risque relatif (RR) de leucémie infantile ($< 15\text{ ans}$) a été évalué à 1,5 à 1,7 pour $\geq 0,3\ \mu\text{T}$ et à 2,0 pour $\geq 0,4\ \mu\text{T}$ d'intensité moyennée dans le temps⁸. Et dans le contexte professionnel, de récentes études concluent à un RR de 1,2 et 1,3, respectivement pour la leucémie myéloïde aiguë et pour certaines maladies neurodégénératives (sclérose latérale amyotrophique et Alzheimer) chez les travailleurs les plus exposés^{9,10}.

La relation la mieux documentée à ce jour est celle qui a été établie avec la leucémie infantile (leucémie aiguë lymphoblastique essentiellement). En effet, elle résulte des résultats convergents de plus de 20 études cas-témoins réalisées sur base de méthodologies variées et où facteurs confondants et biais paraissent pouvoir être exclus. Cependant, cette relation n'est à ce jour pas considérée comme causale pour les raisons suivantes : absence de relation dose-effet évidente, absence de reproductibilité expérimentale (un modèle animal valide n'existe que depuis peu pour la leucémie infantile) et absence de mécanisme explicatif¹¹. A noter que si l'on devait traduire la relation constatée en termes de santé publique, les champs B

ne seraient responsables que d'environ 1 cas de leucémie infantile par an dans notre pays. Ce constat, l'absence de causalité prouvée et le coût exorbitant de toute mesure visant à réduire l'exposition des populations sous le seuil des 0,3 – 0,4 μT , sont autant de raisons qui expliquent pourquoi aucun gouvernement n'a à ce jour, donné de suite à la relation champs 50/60 Hz – leucémie infantile. De rares exceptions sont, notamment, les Pays-Bas avec une recommandation ($\leq 0,4 \mu\text{T}$) pour toute nouvelle implantation résidentielleⁱ et la Suisse avec une limite d'exposition du voisinage ($\leq 1 \mu\text{T}$) pour toute nouvelle ligne à haute tensionⁱⁱ.

RADIOFREQUENCES DES TELEPHONES MOBILES

Les sources de RF dans notre environnement moderne sont en expansion croissante, en particulier dans la bande des UHF (*Ultra High Frequencies*, soit entre 300 MHz et 3 GHz), mais aussi au-delà, avec par exemple l'implémentation prévue de la 5 G jusque et y compris à la fréquence de 25 GHz. Les applications en UHF sont très nombreuses. Dans cette bande de fréquence, les questions en santé publique sont similaires, quelle que soit la fréquence exacte et quelles que soient les modulations de cette fréquence. En effet, il a souvent été suggéré que les basses fréquences contenues dans le signal de certains systèmes (ex : le 217 Hz de nos GSM) pouvaient causer des effets biologiques ou physiologiques spécifiques. Un raisonnement biophysique rigoureux démontre cependant qu'il n'en est rien¹². En UHF, 90 % de l'énergie de l'onde incidente est absorbée dans les premiers centimètres de nos tissus exposés (environ 5 cm, 3 cm et 1 cm, respectivement à 300 MHz, 1 GHz et 3 GHz). Corollaire de cette absorption localisée, l'échauffement causé est aussi maximal dans cette bande UHF. C'est ce qui explique par exemple le choix des 2,45 GHz pour nos fours micro-ondes. En effet, en-dessous de 100 MHz, on peut considérer que les ondes nous traversent sans déperdition d'énergie ou presque, donc sans échauffement. Tandis qu'au-delà de 10 GHz, la totalité de l'énergie de l'onde est absorbée dans les tous premiers millimètres ($< 3 \text{ mm}$) d'épaisseur de nos tissus.

Etudes des utilisateurs du téléphone mobile

L'explosion de l'usage du téléphone cellulaire au milieu des années nonante a, dès 2002, incité les chercheurs à investiguer le risque éventuellement lié à l'usage de celui-ci, alors essentiellement tenu contre l'oreille. A ce sujet, il faut savoir que le DAS dans ces conditions peut atteindre $\geq 1 \text{ W/kg}$ au niveau de la moitié de la tête exposée. Mais avec l'évolution des usages, on peut supposer que ce DAS a dû diminuer en moyenne grâce, notamment, au car kit main libres ou à l'oreillette Bluetooth (DAS $\leq 0,01 \text{ W/kg}$ pour la classe III, d'une portée de $\leq 10 \text{ m}$).

Alors qu'au début ont existé des études de cohorte qui comparaient utilisateurs et non-utilisateurs,

à l'heure d'aujourd'hui où tout un chacun est utilisateur, seules sont possibles des études de suivi de cohortes où sont continuellement enregistrées les données d'utilisation du téléphone mobile. De telles études sont assez lourdes. Actuellement, une telle étude (l'étude *Cosmos*) est en cours dans six pays européens, portant sur un total de 290.000 utilisateursⁱⁱⁱ.

La plupart des études ont été de type cas-témoins, essentiellement dans le cadre du projet *Interphone*¹³ ou sous la houlette du Suédois Lennart Hardell. Ces études ont conclu à un accroissement du risque de gliome et de neurinomes de l'acoustique chez les utilisateurs intensifs ($\geq 30 \text{ min/jour}$) et sur le long terme ($\geq 10 \text{ ans}$). En conséquence de quoi, l'IARC a décidé en 2011 de classer les ondes des téléphones mobiles en catégorie 2b (voir ci-avant)⁵. Cependant, la base de cette décision paraît moins solide que celle qui concerne les champs 50 Hz. Dans le cas présent, en effet, les biais (choix de la population témoin, etc.) n'ont pas pu être tout à fait exclus. Également, une relation dose-réponse semble ici impossible à établir. En effet, la dosimétrie liée à l'usage du téléphone mobile est très aléatoire (voir ci-avant). De plus, le risque de tumeur cérébrale était moins élevé pour une utilisation de 20 à 30 min/jour que dans la population témoin et il remontait au niveau témoin pour $< 20 \text{ min/jour}$. Enfin, l'évaluation de la durée effective d'exposition a été basée sur les réponses des sujets aux questionnaires qu'ils ont dû remplir et qui concernaient leur usage du téléphone durant les années précédentes (jusqu'à 10 ans et plus auparavant). A noter que la plupart des études cas-témoins n'ont porté que sur un maximum de 10 à 15 ans d'utilisation, soit un délai plus court que le délai moyen qui s'écoule entre l'induction d'un cancer (la transformation cellulaire) et le moment de son diagnostic, celui-ci nécessitant en général un volume tumoral de 0,5 à 1 cm de diamètre au moins. Cependant, aucun mécanisme d'induction (lésion de l'ADN, etc.) ne paraît possible pour les RF (voir ci-avant). Tout au plus peut-on dès lors supposer un éventuel effet de promotion du cancer. Dans ce cas, un délai de 10 à 15 ans serait alors déjà instructif.

Tout naturellement, on se tourne donc vers les études de tendance (évolution temporelle des cancers) pour explorer l'hypothèse du lien entre usage du téléphone mobile et cancer. Plusieurs études de tendance du gliome cérébral ont été publiées dans les pays européens, nord-américains et en Australie et portant sur des intervalles de temps de 15 à 30 ans. La plupart de ces études de tendance ne montrent, soit pas d'augmentation sur ce laps de temps, soit un léger accroissement mais qui est alors plutôt attribué à une augmentation du nombre de diagnostics, du fait tant de l'accroissement du nombre d'examen d'IRM

i. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen, kenmerk: SAS/2005183118, 3 oktober 2005.

ii. Ordonnance 814.710 sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI) du 23 décembre 1999 (Etat le 1er juin 2019).

iii. The Cosmos study, <http://www.thecosmosproject.org/>

que d'une amélioration de la résolution des images (voir figure)¹⁴. Récemment pourtant, une étude anglaise a observé un accroissement important de l'incidence des glioblastomes (une variété agressive de gliome) entre les années 1995 et 2015¹⁵. Cependant, l'incidence observée croît de façon continue et ce, dès le début de l'intervalle de temps étudié. Un rôle de l'usage du téléphone mobile paraît donc improbable dans ce cas précis.

Etudes sur les rongeurs

Depuis la fin des années nonante, de nombreuses études se sont penchées sur la question des effets d'une exposition à long terme aux RF. C'est en effet sur base de ces effets précis que devrait reposer toute recommandation pour l'exposition au long cours des populations. Ici, les modèles animaux ont toute leur place. Jusqu'il y a peu, la conclusion était qu'aucun effet n'existe jusqu'à un DAS de 4 W/kg environ¹⁶. Récemment, une très large étude du *National Toxicology Program* (NTP) américain a conclu à un accroissement du risque de certaines tumeurs pour un DAS de 3 à 6 W/kg^{6,7}. Parmi les tumeurs concernées, le gliome cérébral et certains schwannomes, comme dans les études cas-témoins précisément (voir ci-avant). En début 2019, les résultats de cette étude, pourtant connus dès 2016, n'étaient toujours pas publiés. Et seuls peuvent être lus à ce jour, des publications qui concernent les aspects méthodologiques de cette étude, le compte-rendu des débats du "peer-review" ou encore un billet d'humeur d'un des co-auteurs de l'étude qui s'étonne de l'acharnement dont celle-ci fait l'objet¹⁷.

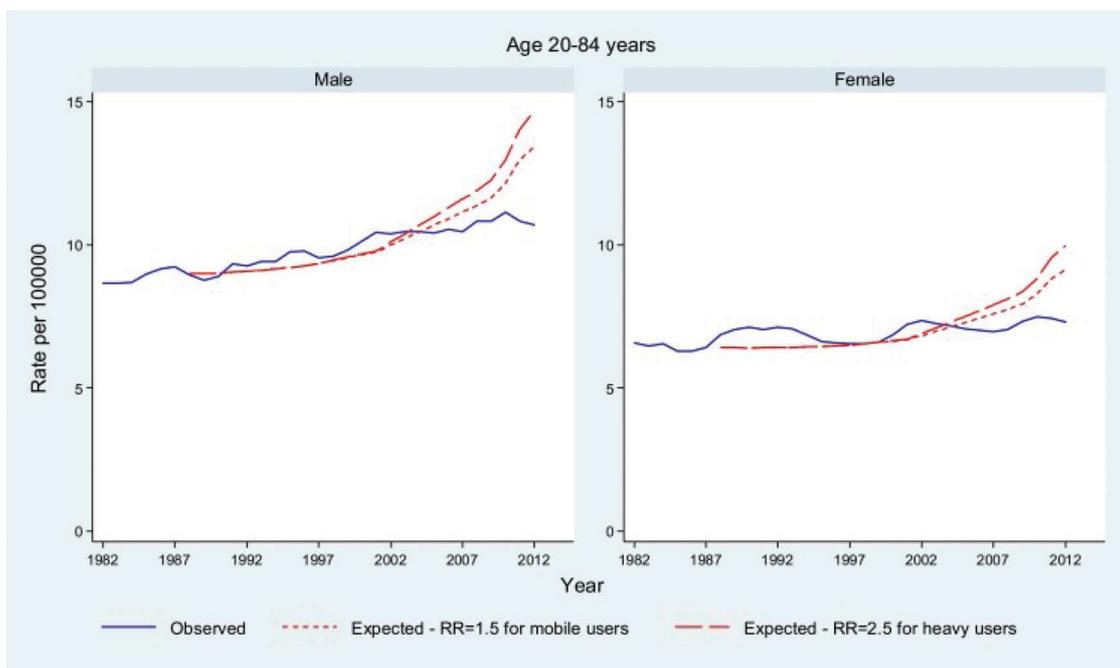
Constater un effet cancérogène dès 3 à 6 W/kg

revient à considérer que, chez l'Homme, celui-ci est possible dès un DAS proche de 1 W/kg, donc toujours sans échauffement significatif des tissus. Un tel constat a plusieurs impacts potentiels. D'une part, il impliquerait que l'ICNIRP revoie à la baisse le seuil de DAS considéré comme étant à risque, actuellement de 4 W/kg. D'autre part, il implique de reconsidérer le mode d'interaction des RF, en particulier les mécanismes dits "non-thermiques", avec pour conséquence l'abolition de la différence faite jusqu'ici par l'ICNIRP entre valeur de DAS "corps entier" et "locale" (celle-ci n'est en principe justifiée qu'au regard des effets thermiques). Enfin, il crée un certain malaise en ce qui concerne nos GSM et smartphones, dont nombreux sont ceux qui génèrent un DAS maximal au-delà de 1 W/kg, même s'il ne s'agira jamais ici que d'une exposition intermittente et même si, le plus souvent, le DAS moyen sera inférieur au DAS maximal. Ce dernier n'est en effet obtenu que lorsque le combiné est tenu contre l'oreille et dans de mauvaises conditions de communication (mauvais "signal").

L'ELECTROSENSIBILITE

Le phénomène dit d'électrosensibilité ou d'intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs EM se traduit par un cortège de plaintes très diverses, sans pattern précis, attribuées à la proximité d'un émetteur de radiofréquences (antennes, routeur wifi, etc.) ou d'une autre source de champs EM. Il semble bien que ce phénomène soit une cause de réelle souffrance chez les sujets qui s'en plaignent. Mais aucun rapport de causalité entre champs EM et plaintes n'a pu être démontré à ce jour par les nombreuses études de perception et/ou de provocation qui ont été menées¹⁸. Et il paraît peu probable qu'un

Figure : Evolution de l'incidence annuelle (par 100.000 habitants) des cancers cérébraux de l'adulte en Australie entre 1982 et 2012 (chez l'homme à droite, chez la femme à gauche) : en bleu, incidence observée ; en rouge et pointillé, incidence attendue pour un risque relatif de 1,5 chez les utilisateurs de téléphone portable ; en rouge et tirets interrompus, incidence attendue pour un risque relatif de 2,5 chez les utilisateurs intensifs¹⁴ (reproduit avec permission de Chapman S, Azizi L, Luo Q, Sitas F. Has the incidence of brain cancer risen in Australia since the introduction of mobile phones 29 years ago? *Cancer Epidemiol.* 2016;42:199-205).



tel rapport puisse un jour être confirmé. En effet, les intensités d'exposition incriminées sont toujours très faibles et en tout cas très largement inférieures à celles à partir desquelles des effets biologiques ont pu être observés. Et selon une très large étude aux Pays-Bas, il apparaît que les plaintes sont corrélées, non pas avec la distance mesurée à l'antenne incriminée mais bien avec la distance perçue par le sujet¹⁹. Enfin, la perception du risque semble bien être un facteur déterminant de ce phénomène d'électrosensibilité²⁰.

CONCLUSION

Les effets des champs EM de notre environnement sur la santé restent incertains à ce jour. Dans les basses fréquences de l'électricité, l'incertitude porte essentiellement sur l'association établie entre les champs magnétiques 50/60 Hz et la leucémie infantile. Mais il n'est pas impossible que cette question reste sans suite étant donné l'absence de critères qui permettraient d'affirmer la causalité de cette association et le très faible impact éventuel de cette relation sur la santé publique. Dans les radiofréquences, par contre, les récentes données obtenues chez les rongeurs pourraient bien bousculer le débat. En effet, ces données semblent bien indiquer la possibilité d'un effet cancérigène des ondes de nos GSM et smartphones, dans le contexte d'une exposition chronique, mais pour des intensités d'exposition plus faibles que celle qui sont retenues comme seuil d'intensité à risque par les instances internationales.

Conflits d'intérêt : néant.

BIBLIOGRAPHIE

1. 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):494522.
2. Wyde ME, Horn TL, Capstick MH, Ladbury JM, Koepke G, Wilson PF *et al.* Effect of cell phone radiofrequency radiation on body temperature in rodents: Pilot studies of the National Toxicology Program's reverberation chamber exposure system. *Bioelectromagnetics.* 2018;39(3):190-9.
3. International commission on non-ionizing radiation protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying Electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). *Health Phys.* 2010;99(6):818-36.
4. International Agency for the Research on Cancer. Non-ionizing radiation, part 1: static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon:IARC Press;2002 (volume 80).
5. International Agency for the Research on Cancer. Non-ionizing radiation, part 2: radiofrequency electromagnetic fields. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon:IARC Press ;2013(volume 102).
6. National Toxicology Program. Toxicology and carcinogenesis studies in Hsd:Sprague Dawley SD rats exposed to whole-body radio frequency radiation at a frequency (900 MHz) and modulations (GSM and CDMA) used by cell phones. NTP technical report 595, National Institutes of Health, Public Health Service, U.S. Department of health and human services; 2018.

7. National Toxicology Program. Toxicology and carcinogenesis studies in B6C3F1/N mice exposed to whole-body radio frequency radiation at a frequency (900 MHz) and modulations (GSM and CDMA) used by cell phones. NTP technical report 596, National Institutes of Health, Public Health Service, U.S. Department of health and human services;2018.
8. Kheifets L, Ahlbom A, Crespi CM, Feychting M, Johansen C, Monroe J *et al.* A pooled analysis of extremely low-frequency magnetic fields and childhood brain tumors. *Am J Epidemiol.* 2010;172(7):752-61.
9. Huss A, Spoerri A, Egger M, Kromhout H, Vermeulen R; Swiss National Cohort. Occupational extremely low frequency magnetic fields (ELF-MF) exposure and hematolymphopoietic cancers - Swiss National Cohort analysis and updated meta-analysis. *Environ Res.* 2018;164:467-74.
10. Gunnarsson LG, Bodin L. Occupational exposures and neurodegenerative diseases-a systematic literature review and meta-analyses. *Int J Environ Res Public Health.* 2019; 16(3).pii: E337.
11. Vanderstraeten J. Champs magnétiques et santé: de l'épidémiologie à la chimie des cryptochromes. *Rev Med Brux.* 2017;38(2):79-89.
12. 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.
13. 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.
14. Chapman S, Azizi L, Luo Q, Sitas F. Has the incidence of brain cancer risen in Australia since the introduction of mobile phones 29 years ago? *Cancer Epidemiol.* 2016;42:199-205.
15. Philips A, Henshaw DL, Lamburn G, O'Carroll MJ. Brain Tumours: rise in glioblastoma multiforme incidence in england 1995-2015 suggests an adverseenvironmental or lifestyle factor. *J Environ Public Health.* 2018;2018:7910754.
16. Health Council of the Netherlands. Mobile phones and cancer. Part 3. Update and overall conclusions from epidemiological and animal studies. Report U-973760/EvR/pm/673-E3, The Hague;2016.
17. Melnick RL. Commentary on the utility of the National Toxicology Program study on cell phone radiofrequency radiation data for assessing human health risks despite unfounded criticisms aimed at minimizing the findings of adverse health effects. *Environ Res.* 2019;168:1-6.
18. Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, Alimentation, Environnement, Travail. Hypersensibilité électromagnétique ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques. Avis de l'Anses, Saisine n° 2011-SA-0150, Maison-Alfort;2018.
19. Baliatsas C, Bolte J, Yzermans J, Kelfkens G, Hooiveld M, Lebre E *et al.* Actual and perceived exposure to electromagnetic fields and non-specific physical symptoms: an epidemiological study based on self-reported data and electronic medical records. *Int J Hyg Environ Health.* 2015;218(3):331-44.
20. Bräscher AK, Raymaekers K, Van den Bergh O, Witthöft M. Are media reports able to cause somatic symptoms attributed to WiFi radiation? An experimental test of the negative expectation hypothesis. *Environ Res.* 2017;156:265-71.

Correspondance :

J. VANDERSTRAETEN
Av. Constant Montald, 11
1200 Bruxelles
E-mail : jacques.vanderstraeten@ulb.ac.be

Travail reçu le 5 avril 2019 ; accepté dans sa version définitive le 11 juin 2019.