

La maladie d'Alzheimer peut détruire quarante ans d'amour...



...vous avez le pouvoir de la vaincre en soutenant la recherche française.

Chaque année des milliers de familles sont victimes de la maladie d'Alzheimer.



La Ligue Européenne Contre la Maladie d'Alzheimer (LECMA) est une association française pour la recherche médicale, régie par la loi de 1901, à but non lucratif. LECMA finance des programmes de recherche visant la découverte d'un diagnostic et d'un traitement efficace de la maladie d'Alzheimer. Elle informe le grand public en organisant des actions d'information et d'éducation sur la prévention, le diagnostic et le traitement de la maladie.

Pour apporter des informations et des conseils pratiques à tous ceux qui sont ou se sentent concernés par la maladie d'Alzheimer, LECMA édite régulièrement des brochures d'information. Voici les brochures à votre disposition :

- Comprendre la maladie d'Alzheimer.
Ce n'est pas seulement une question d'oubli
- Comment mieux aider les personnes qui entourent les patients : gestion du stress
- La déambulation et le patient atteint d'Alzheimer
- Prévenir la maladie d'Alzheimer : est-ce possible ?
- Conduire en toute sécurité au 3^{ème} âge

Ces brochures sont consultables et téléchargeables sur notre site www.maladiealzheimer.fr
Si vous souhaitez les recevoir, contactez-nous par téléphone, par courrier ou par courriel.

➤ **Soutenez la recherche et envoyez votre don* par chèque à LECMA - 94 rue La Fayette 75010 Paris.**

* Votre don vous donne droit à une déduction fiscale de 66 % dans la limite de 20 % de votre revenu imposable.



Ligue
Européenne
Contre la
Maladie d'Alzheimer

POUR TOUTE INFORMATION

- ☎ appelez-nous au 01 42 46 50 86
- ✉ écrivez-nous à LECMA - 94 rue La Fayette - 75010 Paris
- 🖱 consultez notre site www.maladiealzheimer.fr
- @ envoyez-nous un courriel à info@maladiealzheimer.fr

Champs et ondes : quel impact sur la santé ?

Luc Verschaeve et Jacques Vanderstraeten

L'examen des études épidémiologiques et expérimentales fiables n'indique pas d'effet causal avéré des champs et des ondes électromagnétiques sur la santé. Toutefois, la publication de résultats contradictoires entretient le doute dans la population.

L'ignorance et l'incertitude font le lit des idées reçues, entretiennent la rumeur et les craintes irrationnelles. Que penser quand on n'a pas de certitude, quand on n'a pas de réponse précise aux questions que l'on se pose, et qu'on lit des informations contradictoires ? Comme tout ce qui touche à l'impact de l'environnement sur la santé, la question des conséquences sur la santé des champs électromagnétiques fait débat. Si la nature des phénomènes en cause est complexe, l'interprétation des résultats des études scientifiques l'est tout autant. Non contente d'être complexe, cette question des effets sanitaires des champs électromagnétiques préoccupe le public du fait de la proximité et de l'omniprésence des sources d'exposition à ces champs.

Ces craintes sont-elles justifiées ou non ? Tout le débat tient en ces quelques mots. Le public s'interroge : quelles sont les études réalisées sur les effets potentiels des champs électromagnétiques sur la santé ? Les scientifiques publient-ils tous leurs résultats ? Les politiques bloquent-ils certains dossiers ? Pourquoi les médias se font-ils l'écho de tel article alarmiste ou de telle décision de ne pas implanter une

antenne relais, voire de la retirer ? Si l'on en parle, c'est bien qu'il y a un problème. Si l'on n'en parle pas, c'est qu'« on » nous cache quelque chose...

Nous allons tenter ici de tirer les grandes lignes de ce que nous livrent les diverses études et les multiples publications dans ce domaine tout en évitant les nombreux écueils que nous analyserons. Nous insisterons sur les deux types de champs électromagnétiques qui préoccupent le plus la population : les champs magnétiques des lignes à haute tension et les radiofréquences qu'émettent les antennes relais de type GSM (*Global System for Mobile Communications* ou système global pour communication mobile) et les systèmes de téléphonie et de télécommunication sans fil.

L'impact sur la santé des ondes électromagnétiques est étudié en recourant à deux approches complémentaires : d'une part, les études expérimentales (sur cellules ou animaux), mais les intensités utilisées dans ces tests sont généralement très supérieures à celles auxquelles nous sommes exposés et, d'autre part, les études épidémiologiques. Toutefois, ces dernières sont parfois critiquables en raison de la méthodologie mise en œuvre et

parce que des études non comparables sont parfois traitées ensemble dans les mêmes études statistiques qui, dès lors, n'ont pas de sens. Toutefois, quand on connaît ces biais – et qu'on les évite –, on réussit à se faire une idée plus précise de l'impact sur la santé des ondes électromagnétiques et on peut tirer quelques conclusions. C'est ce que nous allons faire ici.

Les lignes à haute tension

Une exposition importante aux champs électromagnétiques, et plus précisément aux champs magnétiques de très basses fréquences (de l'ordre de 50 hertz), peut produire des courants électriques dans l'organisme. Lorsque ces courants sont très intenses, ils peuvent provoquer des contractions musculaires incontrôlables ou des troubles du rythme cardiaque. Mais de tels effets ne peuvent apparaître pour les intensités des champs auxquels nous sommes exposés dans la vie quotidienne. Pour des intensités plus faibles, mais toujours beaucoup plus importantes que les intensités usuelles, ces courants peuvent déclencher l'apparition



de phosphènes : le sujet perçoit des taches lumineuses dans le champ visuel, mais, à nouveau, de telles intensités ne sont pas celles auxquelles on peut être exposé en conditions normales.

Outre ces effets liés au phénomène d'induction électromagnétique, des phénomènes indirects peuvent également se produire, telles les décharges électriques qui surviennent quand on entre en contact avec un objet conducteur porté à un potentiel plus élevé que celui de la Terre, et isolé de la terre. Aux intensités qui nous concernent, de telles décharges n'ont cependant aucune conséquence sur la santé.

Les effets des champs magnétiques de très basses fréquences (les lignes à haute tension) ont commencé à inquiéter le grand public après la publication, en 1979, de l'étude épidémiologique de Nancy Wertheimer et Ed Leeper, de l'Université du Colorado, à Denver, selon laquelle le risque de leucémie infantile serait plus élevé chez les enfants résidant à proximité des lignes à haute tension. Cette étude épidémiologique a été suivie de dizaines d'autres, ainsi que de centaines de travaux en laboratoire, mais les conclusions restent débattues.

On peut déduire des nombreuses études disponibles que ces champs magnétiques ne provoquent pas de cancers chez les animaux de laboratoire, mais qu'il existe une augmentation du risque de leucémie infantile chez les enfants qui sont exposés, sur le long terme, à des champs magnétiques dont l'intensité est comparable à celle qui existe à proximité des lignes à haute tension. Cette conclusion, publiée en 2000 par Anders Ahlbom et ses collègues de l'Institut Karolinska, à Stockholm, en Suède, et par Sander Greenland et ses collègues, de l'Université de Californie, à Los Angeles, repose sur les résultats de deux méta-analyses ayant rassemblé chacune une quinzaine d'études épidémiologiques réalisées sur cette question.

À la suite de ces publications et de l'évaluation de toutes les publications scientifiques sur ce sujet, le Centre international de la recherche sur le cancer, CIRC, a décidé de classer les champs magnétiques de très basses fréquences dans le groupe 2B, où sont rassemblés les agents potentiellement cancérigènes pour l'homme. Notons que l'analyse combinée des sept études réalisées depuis 2000 par Leika Kheifets et ses collègues, de l'Université de Californie

L'ESSENTIEL

✓ De nombreuses informations, souvent contradictoires, circulent concernant l'impact, sur la santé, des champs et ondes électromagnétiques.

✓ On n'a pas mis en évidence d'augmentation des cancers chez les adultes vivant à proximité d'une ligne à haute tension.

✓ Quant aux ondes radiofréquences de la téléphonie mobile ou des antennes, aucun effet n'est avéré, mais les études à très long terme font encore défaut.

✓ Les seuls effets biologiques connus, les effets thermiques, ne se manifestent pas aux niveaux usuels d'exposition.

© Shutterstock/Shabko

LES AUTEURS



Luc VERSCHAEVE fait partie de la Direction opérationnelle Santé publique et surveillance de l'Institut scientifique de santé publique de Bruxelles. Il est professeur de toxicologie à l'Université d'Anvers, en Belgique.

Jacques VANDERSTRAETEN est membre de la Cellule environnement de la Société scientifique de médecine générale, et collaborateur scientifique de l'École de santé publique de l'Université libre de Bruxelles.

Luc Verschaeve préside le groupe de travail Rayonnements non ionisants du Conseil supérieur de la santé belge, dont Jacques Vanderstraeten est également membre.

Site du Groupe belge BioElectroMagnetic, BBEMG : <http://www.bbemg.ulg.ac.be/>

à Los Angeles, a abouti à la même conclusion que celle publiée en 2000. Ainsi, on n'a pas mis en évidence d'effet cancérigène des champs magnétiques de très basses fréquences chez l'adulte ni chez l'enfant, hormis un risque de leucémie.

Peut-on évaluer cette augmentation du risque de leucémie chez l'enfant ? Il est statistiquement corrélé à l'exposition aux champs magnétiques de très basses fréquences, et ce, à partir d'une intensité d'exposition de l'ordre de 0,4 microtesla, valeur retrouvée, par exemple, dans les habitations situées à proximité des lignes à haute tension. Pour autant, soulignons bien que si l'on a trouvé une corrélation entre ces deux données, on n'a pu mettre en évidence aucun lien de causalité : on n'a pas pu montrer que ce sont les lignes à haute tension qui expliquent l'augmentation du risque de leucémie chez l'enfant.

Si cette causalité était avérée, ces champs seraient responsables, d'après l'Institut de matériaux et de mesures de référence néerlandais, de un cas de leucémie infantile supplémentaire par an dans une population de 35 millions de personnes. Notons que beaucoup d'autres facteurs sont connus ou soupçon-

nés de favoriser la survenue d'une leucémie chez l'enfant, par exemple les radiations ionisantes, certaines infections, les pesticides, l'exposition à divers agents chimiques, ou encore des facteurs de prédisposition génétique.

Ces champs magnétiques provoqueraient-ils d'autres effets sur la santé ? De nombreuses études ont été réalisées sur des cellules et des animaux de laboratoire. On y a recherché des effets autres que le déclenchement de cancers, mais les études n'ont pas révélé d'effets reproductibles. Dans l'ensemble, les études disponibles n'indiquent pas que les champs magnétiques de très basses fréquences perturbent la reproduction ou le développement des animaux (ou de l'homme), ni qu'ils puissent avoir un impact nuisible direct sur l'ADN, le patrimoine génétique de l'individu. En revanche, des incertitudes subsistent quant à une éventuelle potentialisation par ces champs de l'effet d'agents dont on sait qu'ils sont responsables de mutations ou qu'ils déclenchent des tumeurs.

Parmi les études réalisées sur des sujets humains, beaucoup ont porté sur l'hypermagnétisme aux champs électromagnéti-

LES EFFETS DES RADIOFRÉQUENCES EN FONCTION DE LA DOSE

Lorsque nous sommes exposés aux champs électromagnétiques radiofréquences, notre corps absorbe de l'énergie. La quantité d'énergie absorbée est fonction de différents facteurs tels que la densité de puissance, la fréquence, les vêtements que nous portons, etc.

Les radiofréquences peuvent provoquer des effets thermiques lorsque la hausse de la température corporelle est supérieure à un degré. Cet effet thermique est le seul que tous les scientifiques reconnaissent.

Dans le domaine des radiofréquences, on utilise le taux d'absorption spécifique, TAS, pour évaluer les doses. Ce taux correspond à l'énergie absorbée par unité de masse et de temps ; il s'exprime en watts par kilogramme. Il est égal au carré de la densité de courant (i) divisé par la masse spécifique du tissu exposé (ρ , exprimé en kilogramme par mètre cube) et par la conductivité électrique de ce

tissu (σ , exprimé en siemens par mètre). Comme l'énergie absorbée, E , est égale à i/σ :

$$TAS = i^2/\sigma\rho \text{ ou } TAS = \sigma E^2/\rho$$

Le taux d'absorption spécifique permet d'estimer l'augmentation de température (ΔT) due à l'absorption de cette énergie :

$$\Delta T = TAS / c_{th}$$

où c_{th} est la capacité calorifique spécifique du tissu, exprimée en joules par kilogramme et par degré.



Le taux d'absorption spécifique est donc une mesure de l'absorption d'énergie aussi bien qu'une mesure de l'augmentation de la température du tissu ou du corps exposé. Une augmentation de la température corporelle peut aisément expliquer la plupart des effets qui sont souvent attribués à tort aux champs électromagnétiques radiofréquences qu'utilise la téléphonie mobile.

Ce sont plutôt les effets non thermiques – sans augmentation de la température – qui font l'objet des débats sur les effets biologiques des ondes utilisées pour les téléphones portables. Aujourd'hui, la plupart des scientifiques reconnaissent la présence éventuelle d'effets non thermiques sans pour autant être convaincus de leur nocivité. C'est là tout le débat.

Pour évaluer les effets toxiques d'agents chimiques, les chercheurs utilisent souvent des

doses élevées de la substance testée, afin de pouvoir déceler plus facilement d'éventuels effets. Ensuite, ils extrapolent les résultats obtenus avec des doses élevées aux faibles doses auxquelles nous sommes exposés.

Pour la téléphonie mobile, c'est impossible, car les mécanismes d'action (s'ils existent) seraient tout à fait différents. Et aujourd'hui, on sait que l'on ne peut extrapoler les résultats d'expériences correspondant à des « doses élevées », où les effets thermiques prédominent, aux expositions réelles non thermiques. Seules les expériences réalisées avec des « faibles doses » auraient un sens, mais c'est précisément le domaine où les résultats restent controversés. Les expériences ne sont pas en mesure de montrer que les champs électromagnétiques radiofréquences utilisés en téléphonie mobile sont nocifs pour la santé.

ques (voir l'encadré page 132), sur le système immunitaire, le sang, la mélatonine (une hormone), le système cardio-vasculaire ou encore le système nerveux central. Malgré quelques effets transitoires ou peu significatifs, la conclusion générale est qu'il n'y a pas de preuves que les champs magnétiques de très basses fréquences puissent provoquer des effets néfastes sur la santé aux niveaux auxquels nous sommes typiquement exposés dans notre environnement quotidien.

Pourtant, des données récentes pourraient indiquer l'existence d'un autre risque ignoré jusqu'à présent. Depuis quelques années, des publications scientifiques font en effet mention d'une augmentation possible, mais non encore confirmée à ce jour, de maladies neuro-dégénératives, telle la maladie d'Alzheimer, chez les personnes exposées aux champs magnétiques dans le cadre de leur profession, ou chez les personnes habitant à proximité des lignes à haute tension. Il est encore trop tôt pour tenir compte de ces indications, mais elles imposent néanmoins une certaine vigilance, et la réalisation d'études complémentaires.

Ainsi, en ce qui concerne les lignes à haute tension, il existe un risque de leucémie infantile légèrement augmenté sans que le lien de cause à effet n'ait pu être établi et il faudra surveiller à l'avenir la prévalence des maladies neurodégénératives dans un tel contexte.

Les radiofréquences et la téléphonie mobile

Que peut-on dire d'une autre source de pollution électromagnétique : le radar, les ondes radio et télévision, les antennes relais, le téléphone mobile et le Wi-Fi, pour ne citer que quelques exemples d'applications permettant la transmission d'information par les ondes électromagnétiques ? Il s'agit ici de radiofréquences ou de micro-ondes. Les applications de ce type ne cessent de se multiplier, de sorte que l'exposition de la population aux champs électromagnétiques augmente.

Cette exposition aux fréquences radio (comme aux très basses fréquences) engendre une certaine anxiété, surtout si l'exposition est imposée et non volontaire. Cette anxiété est entretenue par des rapports scientifiques dont les contenus sont par-

fois controversés et discutables, tout autant que par des témoignages alarmistes et des discussions sans fin dans les médias. Dans le cas des radiofréquences, et plus encore que pour les champs électromagnétiques de très basses fréquences, il faut être très prudent quand on évalue les données scientifiques, notamment en raison d'une propriété fondamentale des radiofréquences (dont font partie les micro-ondes). En effet, contrairement aux champs électromagnétiques de très basses fréquences, les radiofréquences peuvent induire des effets thermiques dans un organisme exposé à des intensités de champ importantes.

Ces effets thermiques expliquent la plupart des effets biologiques recensés à ce jour. Ils résultent de l'augmentation de la température locale des tissus soumis à l'effet micro-ondes : la molécule d'eau est polaire, c'est-à-dire que ses charges électriques sont inégalement réparties. À la haute fréquence d'un four à micro-ondes, le dipôle ne peut suivre les oscillations imposées par le champ extérieur, à cause des frottements entre les molécules (dus aux liaisons hydrogène). Il s'ensuit un échauffement de l'eau. Divers mécanismes biochimiques en sont perturbés. Des mesures sont prises afin d'éviter une exposition à des champs d'une telle intensité. Ainsi, les fours à micro-ondes modernes sont équipés de plusieurs systèmes de sécurité afin de minimiser les fuites.

Quant aux antennes émettrices (stations de base GSM) et toutes les autres sources d'émission de radio- ou de télécommunication (Wi-Fi, par exemple), elles exposent à des intensités trop faibles pour causer le moindre effet thermique. Si, comme nous l'avons évoqué, on connaît les effets biologiques d'intensités suffisamment fortes pour entraîner des effets thermiques sur des cellules ou sur des animaux, on ne peut pas extrapoler ces résultats aux situations d'exposition non thermiques auxquelles nous sommes confrontés au quotidien.

Pourtant, ce pas est souvent franchi, généralement par ignorance. Il faut sans cesse rester vigilant, car beaucoup d'études présentent des biais (défaut de dosimétrie biologique, nombre de sujets, d'animaux ou de cellules insuffisant pour que l'expérience soit statistiquement significative, etc.). En outre, aucune étude n'est à elle seule suffisante pour qu'on puisse la généraliser : comme pour tous les sujets de recherche, les résultats d'une étude doivent être confirmés

✓ BIBLIOGRAPHIE

R. Baan *et al.*, Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields, *Lancet Oncology*, vol. 12, pp. 624-626, 2011.

L. Kheifets *et al.*, Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia, *Br. J. Cancer*, vol. 103, pp. 1128-1135, 2010.

R. Stam, Electromagnetic fields and the blood-brain barrier, *Brain Res. Rev.*, vol. 65, pp. 80-87, 2010.

A. Perrin *et al.*, Effects of radiofrequency field on the blood-brain barrier : A systematic review from 2005 to 2009, *Compt. Rend. Phys.*, vol. 11, pp. 602-612, 2010.

Interphone Study Group, Brain tumour risk in relation to mobile telephone use : results of the INTERPHONE international case-control study, *Int. J. Epidemiol.*, vol. 39, pp. 675-694, 2010.

G. Rubin *et al.*, Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (formerly electromagnetic hypersensitivity) : an updated systematic review of provocation studies, *Bioelectromagnetics*, vol. 31, pp. 1-11, 2010.

A. Huss *et al.*, Residence near power lines and mortality from neurodegenerative diseases : longitudinal study of the Swiss population, *Am. J. Epidemiol.*, vol. 169, pp. 167-175, 2009.

L. Kheifets *et al.*, Future needs of occupational epidemiology of extremely low frequency electric and magnetic fields : review and recommendations, *Occ. Environ. Med.*, vol. 66, pp. 72-80, 2009.

P. Zwiack, *Vivre dans les champs électromagnétiques*, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2009.

M. Crasson, *Sommes-nous sensibles aux ondes ?*, *Cerveau&Psycho*, n° 36, nov-déc. 2009.

A. Garcia *et al.*, Occupational exposure to extremely low frequency electric and magnetic fields and Alzheimer disease : a meta-analysis, *Int. J. Epidemiol.*, vol. 37, pp. 329-340, 2008.

LES PERSONNES ÉLECTROSENSIBLES

Un nombre croissant de personnes se plaint de symptômes non spécifiques qu'elles attribuent à une exposition aux champs électromagnétiques (lignes à haute tension, antennes GSM, etc.) et qui apparaissent à des niveaux d'exposition qui ne causent aucune réaction chez la majorité des personnes, et se situent très en dessous des recommandations internationales.

Dans certains cas, les personnes sont tellement affectées qu'elles s'isolent, sont contraintes de cesser de travailler et changent leur style de vie. D'autres personnes rapportent des symptômes moins graves, mais elles cherchent à éviter certaines sources de champs électromagnétiques. On parle souvent d'hypermensibilité à l'électricité, d'hypermensibilité électromagnétique ou encore d'intolérance idiopathique environnementale avec attribution aux champs électromagnétiques. Les symptômes peuvent être

variés : maux de tête, vertiges, accélération du rythme cardiaque, troubles intestinaux, fatigue, picotements, etc.

Malgré un grand nombre d'études en laboratoire ou en



milieu contrôlé, cette hyper-sensibilité n'est toujours pas clairement établie. La plupart des études sont négatives et ne permettent donc pas d'établir un lien causal, direct, entre les plaintes et l'exposition aux champs électromagnétiques.

Dans certains cas, il existe un effet nocebo manifeste, c'est-à-dire que ces personnes se sentent malades, parce qu'elles sont persuadées de la nocivité des champs auxquels elles sont exposées. Mais il serait imprudent de réduire toute plainte à un effet nocebo.

La plupart des études, dites de provocation, où l'on replace le sujet dans l'environnement supposé délétère, sont de courte durée et ne sont donc peut-être pas en mesure de mettre en évidence une réelle hypersensibilité. Un effet causal n'est donc pas établi, ce qui ne signifie pas qu'il ne faut pas prendre en compte les symptômes qui, eux, sont bien réels.

des études sur la fertilité, montrant que cette dernière est perturbée par les fortes intensités, génératrices d'effets thermiques.

Que dire du téléphone portable ? Plusieurs équipes ont fait des études épidémiologiques recherchant différents types de cancer du cerveau ou de la glande salivaire, puisque ce sont le cerveau et les zones voisines qui sont les plus exposés aux champs électromagnétiques quand on utilise son portable sans oreillette (notons que l'utilisation d'une oreillette éloigne la source des ondes radiofréquences du cerveau). Or ces études ont essentiellement fourni des résultats négatifs. Néanmoins, étant donné que l'introduction de la téléphonie mobile est relativement récente, il est trop tôt pour conclure quoi que ce soit quant aux effets à long terme. En effet, les études portant sur l'utilisation du portable et présentant une durée importante (plus de dix ans) sont encore peu nombreuses et leur durée reste encore insuffisante pour que l'on puisse fournir des informations parfaitement fiables et définitives. Le cancer et les tumeurs bénignes du cerveau sont des maladies qui se développent très lentement, et seules des études portant sur une vingtaine d'années ou plus permettront de clore définitivement ce débat.

© Shutterstock/leam

par d'autres. De surcroît, il faut pouvoir disposer d'études de différentes natures (épidémiologie, expériences en laboratoire sur des volontaires sains ou des personnes qui se disent sensibles aux ondes, sur des cellules et sur l'animal) et dans différents domaines de longueurs d'onde avant de pouvoir conclure quant à la présence ou à l'absence d'un effet biologique, quel qu'il soit.

En ce qui concerne les champs électromagnétiques de la téléphonie mobile, seuls les effets non thermiques, possibles mais très controversés, sont donc à prendre en considération. Malgré un très grand nombre d'études effectuées jusqu'à présent, les données actuelles ne permettent pas de formuler une conclusion définitive, comme l'ont montré différentes évaluations scientifiques. Les recherches réalisées *in vitro* ne permettent pas (pas plus qu'avec les champs électromagnétiques de très basses fréquences) d'identifier un mode d'action probable. Pourtant, les études portant sur le matériel génétique, la fonction immunitaire, l'expression des gènes et la

production des protéines, le stress oxydatif, les voies de signalisation dans les cellules et l'apoptose (ou mort programmée des cellules) ne manquent pas !

Le même constat peut être formulé quant aux études faites sur l'animal. On recherche l'influence des ondes radiofréquences sur la durée de vie, le poids corporel ou l'apparition d'une maladie, notamment d'un cancer. La cinquantaine d'études effectuées jusqu'à présent sur ces différents aspects et publiées dans des revues scientifiques de qualité montre que le bilan global est très nettement en faveur d'une absence d'effets. Une petite centaine d'études a également été publiée sur les effets possibles des champs électromagnétiques sur la barrière hémato-encéphalique (un filtre très sélectif qui protège le cerveau contre d'éventuels agents pathogènes contenus dans le sang), mais dans l'ensemble les résultats n'ont pas permis de déceler d'effets significatifs, sauf quand les animaux sont exposés à des intensités tellement élevées qu'elles produisent des effets thermiques. C'est également le cas

Les recommandations relatives aux radiofréquences

Étant donné les préoccupations du public et le nombre important d'études sur les effets biologiques des radiofréquences, le Centre international de la recherche sur le cancer a considéré qu'il était temps de faire un bilan sur les risques cancérigènes des radiofréquences. À cette fin, une trentaine de scientifiques issus de 14 pays différents se sont réunis du 24 au 31 mai 2011 au siège du CIRC, à Lyon.

Toutes les études épidémiologiques ont été prises en compte, mais celles de Lennart Hardell, de l'Université d'Örebro, en Suède, et celles réalisées dans le cadre du projet *Interphone*, auxquelles des laboratoires de 13 pays différents ont participé, ont pesé davantage que d'autres dans les conclusions du groupe de travail. L'étude *Interphone* n'a pas montré de corrélation entre l'utilisation d'un téléphone mobile et un risque accru de cancers, mais les personnes les plus exposées semblaient être

plus fréquemment atteintes d'un gliome cérébral que les personnes peu exposées. Dans le cas des personnes atteintes, la tumeur était plus souvent localisée du côté où le téléphone mobile était utilisé. Mais l'étude de ces résultats et de la façon dont ils ont été obtenus semble indiquer que certains d'entre eux proviennent de biais d'interprétation.

Quant aux études de L. Hardell, plus alarmistes, elles ont d'ores et déjà fait l'objet de critiques, car elles présenteraient des erreurs méthodologiques. Le groupe de travail du CIRC a néanmoins conclu que les résultats ne sont probablement pas uniquement dus à des biais ou des erreurs. C'est la raison pour laquelle il a considéré qu'un effet causal ne peut être totalement exclu à ce jour, tout au moins en ce qui concerne les gliomes et les neurinomes acoustiques. Les données pour les autres types de cancer (lymphomes, méningiomes etc.) ont été jugées insuffisantes pour que le CIRC rende un avis.

Le CIRC a donc classé les radiofréquences dans la catégorie 2B, c'est-à-dire celle des agents « peut-être cancérogènes pour

l'homme », la même classification que celle des champs magnétiques de très basses fréquences. Rappelons que le café, la laine de verre ou le styrène sont d'autres exemples d'agents classés dans cette catégorie 2B. Cette classification est un signal important, mais il ne faut pas lui donner plus de signification qu'elle n'en mérite, puisqu'elle indique que ces ondes sont des agents cancérogènes possibles, mais non pas probables.

Quelles conclusions ?

Dans ce domaine où les résultats scientifiques – essentiellement négatifs, rappelons-le – s'accumulent au fil des années et où nous n'avons pas un recul suffisant pour avoir des études épidémiologiques tout à fait fiables, nous avons essayé de faire un état des lieux. Ainsi, les lignes à haute tension semblent indiquer une augmentation des leucémies infantiles de un cas pour une population de 35 millions de personnes, sans que la relation de cause à effet n'ait pu être démontrée. En ce qui concerne les radiofréquences, les intensités utilisées pour

la téléphonie mobile ou pour les antennes relais sont insuffisantes pour produire le seul effet réellement connu qui pourrait être nocif, à savoir un effet thermique. Les méta-analyses des études fiables n'indiquent pas d'effet sur la santé. Toutefois, comme il est impossible de prouver une absence d'effet, et que le CIRC a classé les radiofréquences dans la catégorie des agents peut-être cancérogènes pour l'homme, on peut conseiller d'utiliser une oreillette et d'éviter l'usage du téléphone portable dans des zones où la réception est mauvaise, car, dans ces conditions, l'intensité de l'émission des ondes par le téléphone augmente.

Enfin, en ce qui concerne les enfants, beaucoup sont suivis et les résultats des études prospectives à long terme permettront de savoir si les ondes radiofréquences ont ou non un effet sur leur santé. Toutefois, les résultats ne seront pas disponibles avant... une vingtaine d'années. Dès lors, mieux vaut éviter que les jeunes enfants n'abusent du téléphone portable. Peut-être pourrait-on recommander de privilégier les SMS, car le téléphone est alors plus loin du cerveau... ■

france culture

VOYAGER DANS LE TEMPS

La marche des sciences
Aurélie Luneau
14h/15h - jeudi
En partenariat avec *Pour la science*

franceculture.fr

Photo : Marc Doreau © Philippe Borelle. Courtesy gallery Noma - J&SOP Paris 2011

Comment on attribue les fréquences

Jean-Jacques Guitot

Téléphonie mobile, télévision, radio, radars, Wi-Fi...

Chaque service de radiocommunication émet dans une bande de fréquences précise. Leur attribution dépend de nombreux paramètres scientifiques, techniques... et économiques.

Le 15 juin dernier, le gouvernement a ouvert la procédure d'attribution des licences de téléphonie mobile de quatrième génération (4G) en publiant au *Journal officiel* les arrêtés relatifs aux conditions d'attribution et d'utilisation de fréquences dans les bandes 2,6 gigahertz et 800 mégahertz en France métropolitaine. Ces fréquences serviront à déployer les réseaux de la prochaine génération de téléphonie mobile, lesquels permettront des connexions à très haut débit en mobilité – plusieurs dizaines de mégabits par seconde, contre un mégabit par seconde actuellement avec la génération 3G – avec un objectif de 100 mégabits par seconde d'ici quelques années.

Les prix de réserve fixés par l'État reflètent l'enjeu économique que représentent ces bandes de fréquences et la forte compétition qui oppose les opérateurs candidats aux attributions de blocs de fréquences: 700 millions d'euros pour la bande 2,6 gigahertz, et 1,8 milliard d'euros pour la bande 800 mégahertz.

L'enjeu de l'accès au spectre est de taille en effet, car il s'agit d'une ressource limitée: selon la définition de l'Union internationale des télécommunications, les ondes radioélectriques sont des ondes électromagnétiques se propageant dans l'espace sans guide artificiel et, par convention, de fréquence inférieure à 3000 gigahertz. Avec l'explosion des moyens de radiocommu-

nication de tous types et malgré l'évolution des techniques, les fréquences encore disponibles et exploitables se font rares.

L'utilisation du spectre est réglementée: il s'agit d'une ressource internationale, et chaque État est souverain pour le spectre utilisé sur son territoire. En France, il appartient au domaine public. Comment optimiser l'usage de cette ressource naturelle, collective, permanente et omniprésente au bénéfice de la société? Comment intégrer de nouveaux modes de communication répondant aux exigences actuelles de débit, de couverture et de cohérence internationale, sans brouillage des signaux? Tel est le casse-tête quotidien des diverses institutions internationales et nationales chargées de la gestion de cette ressource.

Pour comprendre les enjeux et les difficultés de l'attribution des fréquences, et la façon dont elle s'opère aujourd'hui, il faut savoir que la plupart des applications de radiocommunication – radio, télévision, communication en mer, défense, radioamateur, alarmes, implants médicaux, etc. – fonctionnent sur le même principe: une ou plusieurs ondes dites porteuses servent de support de transmission des informations (voir l'encadré page 136). La régulation des fréquences porte sur les fréquences de ces ondes porteuses et non sur l'information transmise.

