

Champs électromagnétiques et santé

Effets des champs électromagnétiques RF et ELF sur le système auditif

Période : décembre 2008 à mars 2009

René de SÈZE

Ineris – Unité de Toxicologie expérimentale – Verneuil-en-Halatte

Mots clés : **Audition, Cancer, Effet sanitaire, Génotoxicité, GSM, Téléphones mobiles, Radiofréquences**

Quatre articles de cette période portent sur le système auditif, dont 3 se rapportent à une exposition aux champs radiofréquences (RF) et un aux champs d'extrêmement basse fréquence (ELF)¹.

Plusieurs articles portent sur le cancer et sur la reproduction, mais ces thématiques ont été traitées dans un bulletin récent, et un sur l'hypersensibilité. Un article de l'équipe de Salford en Suède ne montre pas d'effet anatomopathologique sur la morphologie du système nerveux (Grafstrom *et al.*, 2008).

Toxicologie des champs de la téléphonie mobile 1800 MHz sur les cellules ciliées auditives

Les cellules ciliées, notamment externes, sont particulièrement sensibles aux produits chimiques ou aux médicaments toxiques, comme les antibiotiques de la famille des aminosides², dont le plus connu est la « streptomycine ».

Huang *et al.* (2008) ont étudié l'action de champs RF de téléphonie mobile de type CDMA³, sur des cultures de cellules auditives de souris. L'exposition a été réalisée à un débit d'absorption spécifique (DAS)⁴ de 20 W/kg pendant 24 et 48 h. Les auteurs ont suivi le cycle de prolifération cellulaire et ont recherché des lésions de l'ADN⁵, une réponse oxydative et une modification de l'expression de gènes. L'expression de protéines de choc thermique (HSP)⁶ et la phosphorylation de kinases⁷ MAPK⁸ n'ont pas été modifiées, même sous co-activation par un agent promoteur de tumeurs, le TetraPhorboIAcétate (TPA).

Cela signifie que des protéines, habituellement activées par des facteurs de prolifération (mitogènes), ne l'ont pas été par l'exposition effectuée. En utilisant des réseaux d'analyse de gènes⁹, seuls 29 gènes (0,09 % de l'ensemble des gènes détectables) ont présenté une modification d'un facteur supérieur à 1,5 par rapport aux cellules non exposées.

Commentaire

Ces résultats ne montrent pas d'induction de réponses cellulaires sur les différents paramètres analysés. Un DAS de 20 W/kg est deux fois supérieur au DAS maximum recommandé dans la Directive 2004/40 sur les champs électromagnétiques pour l'exposition professionnelle et 10 fois supérieur à la valeur recommandée pour le public dans la recommandation européenne 1999/519/CE. Il semble donc difficile d'envisager une toxicité directe des téléphones

mobiles 1800 MHz sur ce type de cellules, ce qui est corroboré par l'absence d'effet toxique rapporté sur le système auditif chez l'homme.

Budak *et al.* (2009b) ont étudié les effets d'un champ radiofréquence à 1800 MHz utilisé en téléphonie mobile sur le système auditif de lapins, exposés *in utero* ou/et dans le premier mois de vie. Ils ont étudié un effet dépendant des cellules ciliées externes, appelé émission des produits de distorsion oto-acoustiques (EPDOA)¹⁰. Il s'agit d'une vibration enregistrable, liée à la contraction des cellules ciliées externes lors de la stimulation auditive par des sons à deux fréquences différentes F1 et F2, présentant un rapport F2/F1 bien défini entre elles de 1,22. Les fréquences F1 varient de 1216 à 2432 Hz, par pas de 32 Hz. L'intensité sonore choisie est de 80 dB SPL¹¹ pour la fréquence F1 et de 70 dB SPL pour la fréquence F2.

L'exposition dans cette étude porte sur des signaux utilisés dans la téléphonie mobile par impulsions de type GSM¹² utilisée notamment en Europe, sans lien avec les fréquences de stimulation auditive. Elle a eu lieu à l'aide d'une antenne-cornet située au-dessus de la cage, 15 minutes par jour, soit pendant 7 jours durant la gestation du jour 15 au jour 22 post-conception, soit pendant 14 jours après l'âge d'un mois, soit les deux pendant la gestation et après 1 mois. Un groupe non exposé constitue le groupe contrôle. L'amplitude des vibrations enregistrées était le plus souvent augmentée, mais parfois diminuée, lorsque les bébés lapins étaient exposés un mois après la naissance, mais pas lorsqu'ils étaient exposés soit seulement *in utero*, soit *in utero* et à 1 mois. Les auteurs en concluent que l'exposition prolongée à des champs RF de type GSM à un niveau thermique peut altérer le système auditif des jeunes mammifères, mais pas lorsqu'il est protégé par le fluide amniotique et la paroi de l'utérus.

Commentaire

Le champ électrique et le DAS ne sont pas indiqués dans cette étude. La seule indication de puissance est celle du générateur (0,1 W) ; mais sans indication du gain d'antenne et de la distance au plan moyen des animaux, il n'est pas possible d'estimer la valeur du champ électrique. Il n'est pas précisé dans la méthodologie si une exposition fictive était pratiquée afin que les animaux soient tous manipulés de la même façon. Il n'est pas précisé si les lapins non exposés étaient bien exposés à un mois tel que c'est indiqué dans le texte ou à 1,5 mois, comme cela est indiqué pour les

groupes 2 et 4 exposés après l'âge de 1 mois. Cela n'expliquerait pas toutefois les différences observées entre les groupes et notamment la diminution fréquemment retrouvée des EPDOA dans le groupe 2 exposé seulement à 1 mois. Il ne semble cependant pas cohérent que les animaux exposés *in utero* et à un mois ne présentent pas cette altération si elle est réellement due à l'exposition. Enfin, plusieurs groupes présentent une augmentation des EPDOA, ce qui s'explique difficilement, d'autant plus qu'il n'a pas été montré que cet effet pouvait être stimulé. De plus, cela ne représenterait pas un risque, mais plutôt une amélioration des capacités de l'animal, ce qui paraît difficile.

Malgré plusieurs insuffisances importantes, si les résultats indiqués de l'analyse statistique sont justes, sans amplificateur de puissance dans la chaîne d'émission du signal radiofréquence, le champ auquel sont exposés les lapins est vraisemblablement faible. Les effets observés ne s'expliquent donc pas par un échauffement significatif. Il y a donc d'autres mécanismes à explorer pour expliquer les phénomènes observés. Toutefois, de tels effets n'ont pas été observés dans des études humaines, après exposition aiguë ou chronique (Parazzini *et al.*, 2005 ; Maby *et al.*, 2005).

Les mêmes auteurs ont rapporté que des champs ELF à 50 Hz appliqués pendant 3 heures aux valeurs maximum recommandées de 5 et 10 kV/m n'avaient pas d'effet ou seulement un léger effet transitoire à 6 jours mais plus à 14 jours, sur les émissions oto-acoustiques évoquées transitoires (EOAET)¹³ (Budak *et al.*, 2009a), qui constituent un autre paramètre enregistrable des réponses auditives à un stimulus sonore.

Conclusion générale

Les travaux identifiés pour cette note ne montrent pas d'effet pathologique des champs de la téléphonie mobile sur le système auditif à des niveaux inférieurs aux valeurs limites recommandées, *in vitro* ou *in vivo*. Des champs à des niveaux supérieurs aux normes montrent un effet sans qu'il soit précisé s'il est délétère ou non à long terme. Des champs radiofréquences très intenses (20 W/kg) ne montrent pas d'effet *in vitro*.

Ces résultats ne laissent pas envisager de risque sur le système auditif des utilisateurs de téléphones mobiles, ni sur de jeunes enfants exposés *in utero* via leur mère. Un effet identifié sur de jeunes lapins exposés pendant le premier mois pourrait être extrapolable à des nourrissons ou des bébés, mais ceux-ci sont peu susceptibles d'être utilisateurs de téléphones mobiles, au moins avant l'âge de la parole. Il conviendrait donc de confirmer cet effet, d'évaluer s'il constitue un risque pour la fonction auditive et enfin d'estimer son extrapolation possible à l'homme et l'âge auquel cela correspondrait.

Mots clés utilisés pour la recherche bibliographique

Cancer, Genotoxicity, GSM, Health effect, Hearing, Mobile phone, Radiofrequency.

Publications analysées

Budak GG, Budak B, Oztürk GG *et al.* Effects of extremely low frequency electromagnetic fields on transient evoked otoacoustic emissions in rabbits. *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* 2009b; 73 (3): 429-36.

Budak GG, Muluk NB, Budak B *et al.* Effects of intrauterine and extrauterine exposure to GSM-like radiofrequency on distortion product otoacoustic emissions in infant male rabbits. *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* 2009a; 73 (3): 391-9.

Huang T Q, Lee MS, Oh EH *et al.* Characterization of biological effect of 1763 MHz radiofrequency exposure on auditory hair cells. *Int. J. Radiat. Biol.* 2008; 84 (11): 909-15.

Publications de référence

Maby E, Le Bouquin Jeannès R, Faucon G *et al.* Effects of GSM signals on auditory evoked responses. *Bioelectromagnetics* 2005; 26 (5): 341-50.

Parazzini M, Bell S, Thuroczy G *et al.* Influence on the mechanisms of generation of distortion product otoacoustic emissions of mobile phone exposure. *Hear. Res.* 2005; 208 (1-2): 68-78.

Revue de la littérature

Bischof F, Langer J, Begall K. Electromagnetic fields of mobile telephone systems--thresholds, effects and risks for cochlear implant patients and healthy people. *Laryngo-rhinotologie.* 2008; 87 (11): 768-74.

Publications non sélectionnées

Grafström G, Nittby H, Brun A *et al.* Histopathological examinations of rat brains after long-term exposure to GSM-900 mobile phone radiation. *Brain Res. Bul.* 2008; 77 (5): 257-63. *L'article de Grafstrom et al. (2008) est le premier de l'équipe de Salford à ne pas montrer un effet nocif de l'exposition à des champs de la téléphonie mobile.*

Furubayashi T, Ushiyama A, Terao Y *et al.* Effects of short-term W-CDMA mobile phone base station exposure on women with or without mobile phone related symptoms. *Bioelectromagnetics.* 2009; 30 (2): 100-13.

L'article de Furubayashi et al. (2009) ne montre pas d'effet de téléphones mobiles sur des symptômes, que ce soit chez des personnes qui se déclarent hypersensibles aux champs EM ou chez des sujets sains. Il confirme les conclusions du séminaire de l'OMS à Prague en 2004.

Höytö A, Sokura M, Juutilainen J et al. Radiofrequency radiation does not significantly affect ornithine decarboxylase activity, proliferation, or caspase-3 activity of fibroblasts in different physiological conditions. *Int. J. Radiat. Biol.* 2008; 84 (9): 727-33.

Hoyto et al. (2008) n'ont pas trouvé d'effet de champs RF de la téléphonie mobile sur plusieurs paramètres liés à la prolifération dans des cellules placées dans des états physiologiques divers.

Makker K, Varghese A, Desai NR et al. Cell phones: modern man's nemesis? *Reprod. Biomed. Online.* 2009; 18 (1): 148-57.

La revue de Makker et al. (2009) sur l'ensemble des effets nocifs de la téléphonie mobile ne conclut pas sur la réalité des risques.

Merzenich H, Schmiedel S, Bennack S et al. childhood leukemia in relation to radio frequency electromagnetic fields in the vicinity of TV and radio broadcast transmitters. *Am. J. Epidemiol.* 2008; 168 (10): 1169-78.

Schüz J, Ahlbom A. Exposure to electromagnetic fields and the risk of childhood leukaemia: a review. *Radiat. Prot. Dosimetry.* 2008; 132 (2): 202-11.

Gobba F, Bargellini A, Scaringi M et al. Extremely low frequency-magnetic fields (ELF-EMF) occupational exposure and natural killer activity in peripheral blood lymphocytes. *Sci. Total Environ.* 2009; 407 (3): 1218-23.

Merzenich et al. (2008) n'ont pas mis en évidence de lien entre des émissions RF radio et télévision et l'incidence de leucémies de l'enfant dans un rayon de 2 km, tandis qu'une revue de la littérature sur l'ensemble des champs et la leucémie a été publiée par Schüz et al. (2008). Gobba et al. (2009) a montré une diminution de l'activité de cellules protectrices vis-à-vis du cancer, les lymphocytes dits « natural killer » chez des sujets exposés à un champ ELF supérieur à 1 microtesla.

Sommer AM, Grote K, Reinhardt T et al. Effects of radiofrequency electromagnetic fields (UMTS) on reproduction and development of mice: a multi-generation study. *Radiat. Res.* 2009; 171 (1): 89-95.

Sommer et al. (2009) n'ont pas trouvé d'effet d'une exposition permanente leur vie durant sur 4 générations, de champs de la téléphonie mobile UMTS sur le système reproducteur ou le développement de souris.

Varsier N, Wake K, Taki M et al. Categorization of mobile phones for exposure assessment in epidemiological studies on mobile phone use and brain cancer risk. *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.* 2008; 56 (10): 2377-84.

Une classification du DAS selon 7 catégories a été réalisée

par Varsier et al. (2008) en fonction du modèle et du mode d'utilisation de 76 téléphones.

Vrijheid M, Richardson L, Armstrong BK et al. Quantifying the impact of selection bias caused by nonparticipation in a case-control study of mobile phone use. *Ann. Epidemiol.* 2009; 19 (1): 33-41.

Vrijheid et al. (2009) a estimé que le biais de sélection produit par la non participation à l'étude Interphone de sujets préalablement sélectionnés au hasard pourrait conduire à sous-estimer de 10 % le risque relatif observé chez les utilisateurs de plus de 10 ans.

Lexique

¹ ELF: Extremely low frequency: extrêmement basse fréquence

² Aminocides: Classe d'antibiotiques dont certains sont connus pour être toxiques sur le système auditif (streptomycine)

³ CDMA: Code division multiple access, en français Accès multiple par répartition en code (AMRC), est un système de codage des transmissions, basé sur la technique d'étalement de spectre. Ce système est utilisé dans le système de téléphonie cellulaire digitale aux États-Unis et dans la communication 3G en Europe.

⁴ DAS: Débit d'absorption spécifique, puissance électromagnétique absorbée

⁵ ADN: Acide désoxyribonucléique, molécule principale des chromosomes

⁶ HSP: Protéine de choc thermique (en anglais: heat shock protein); ont été dosées dans cette étude l'HSP90, l'HSP70, et l'HSP27.

⁷ Kinase: Une kinase est une enzyme qui rend une protéine active, souvent par adjonction d'un ion phosphate (phosphorylation)

⁸ MAPK: Mitogen activated phosphorylase kinase (kinase activée par les mitogènes; les kinases dont la concentration ont été mesurées dans cette étude sont l'ERK1/2, JNK1/2, et p38.

⁹ Réseau d'analyse de gènes: Des plaques préparées par avance appelées micro-réseaux ou micro-arrays en anglais, permettent la quantification en un seul essai de plusieurs milliers de gènes.

¹⁰ EPDOA: Emission des produits de distorsion oto-acoustiques

¹¹ dB SPL: Unité d'intensité auditive, en décibels (dB) « sound pressure level » = niveau de pression sonore

¹² GSM: Global System for Mobile (Telephony), système (de téléphonie) mobile développé en Europe

¹³ EOAET: Emissions oto-acoustiques évoquées transitoires