

CHAMPS MAGNÉTIQUES, CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES ET SANTÉ

Isabelle Lagroye*

* Paris Sciences et Lettres Research University, École pratique des Hautes études, Paris, France

Laboratoire IMS
351, cours de la Libération,
33400 Talence, France

Mesurer l'exposition environnementale et professionnelle aux champs magnétiques et électromagnétiques (50 Hz, Linky, radiofréquences) : ce fut le mot d'ordre de l'année 2016. Connaître l'exposition à ces agents physiques permet de mieux communiquer envers le public et devient nécessaire pour l'application de la directive européenne limitant les expositions professionnelles aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques de 0 à 300 GHz.

Contexte

Le développement des technologies utilisant les communications sans fil se poursuit, avec les tablettes, les jouets et objets connectés, l'internet des objets, les compteurs communicants comme Linky, etc. Leur fort déploiement et l'importante utilisation par les populations les plus jeunes ont amené l'Agence nationale de sécurité sanitaire (ANSES) à réaliser une expertise sur le sujet qui a conduit à la publication d'un rapport sur « radiofréquences et enfants » [1, 2] et l'Agence nationale des fréquences (ANFR) a réalisé une campagne de mesures de l'exposition des personnes aux radiofréquences (RF) et aux champs électriques et magnétiques du compteur Linky [3, 4].

État des connaissances et actualité scientifique en 2016

Champs magnétiques 50 Hz

Pierre blanche qui confirme des résultats précédents de Bunch en Grande-Bretagne et de Pedersen au Danemark publiés en 2014, l'étude conduite dans l'état de Californie [5] est bâtie sur le même modèle méthodologique que les études précédentes. Le travail a porté sur 5 788 cas de leucémies chez l'enfant et sur 3 308 cas de tumeurs du système nerveux central également chez l'enfant. La distance des lignes de transport d'électricité par rapport à la résidence est appréciée par géocodage et dans certains cas par des visites sur site.

Le résultat est comparable aux deux études citées précédemment puisqu'il existe un léger excès, non significatif, de leucémies à moins de 50 m des lignes de transport d'électricité : *odds ratio* de 1,4 (IC 95 % : 0,7-2,7), ce qui fait dire aux auteurs que ces résultats **ne sont pas en faveur d'un excès de risque de leucémie chez l'enfant associé au fait de résider à moins de 50 m des lignes de transport**, sans bien entendu pouvoir l'exclure. Les auteurs n'ont pas trouvé d'association entre la proximité des lignes et la survenue d'une tumeur du système nerveux central (OR = 1,2 - IC 95 % : 0,4-3,4).

Nous en savons plus sur l'exposition aux champs magnétiques de 50 Hz, et plus précisément chez les enfants, grâce à deux études d'exposition personnelle, l'une en Italie [6], l'autre en France [7].

L'étude italienne a été réalisée dans le cadre d'ARIMMORA (Advanced Research on Interaction Mechanisms of electroMagnetic exposures with Organisms for Risk Assessment). Quarante-six enfants ont été inclus dont 52 sélectionnés en raison des caractéristiques de leur habitat laissant supposer une exposition élevée (proximité d'une ligne ou présence d'un poste de transformation dans l'immeuble). Ils ont porté un appareil de mesure des champs magnétiques EMDEX pendant plusieurs jours,

en semaine et le week-end, avec, en complément, des mesures dans la chambre en hiver et en été. Les principaux résultats montrent que l'exposition moyenne (personnelle) est le plus souvent $< 0,4 \mu\text{T}$ et ne varie pas selon la saison. Les expositions moyennes les plus élevées sont retrouvées à la maison dans la journée ou dehors. Habiter à proximité de sources de CM (telles que transformateurs ou lignes) contribue à l'exposition des enfants, mais pas plus que leurs habitudes et leurs comportements.

Ceci est confirmé par l'étude française qui a enregistré l'exposition personnelle, au moyen d'un EMDEX II porté pendant 24 heures, d'un échantillon de 977 enfants représentatifs de la population française, sans rechercher la proximité de source de champ magnétique. En filigrane, la question posée était de savoir quelle était la fréquence d'exposition des enfants à la valeur moyenne de $0,4 \mu\text{T}$ et quelle en était la source principale, cette valeur apparaissant dans certaines études épidémiologiques comme un possible seuil d'effet. Surprise : **le principal facteur d'exposition est la proximité du radio réveil sur la table de nuit** : 3,1 % des enfants avaient une moyenne arithmétique supérieure ou égale à $0,4 \mu\text{T}$ mais ils n'étaient plus que 0,8 % quand les expositions nocturnes liées au radio réveil étaient exclues. Enfin, et non moins important, si le niveau de champ magnétique résidentiel était de fait plus élevé quand la résidence de l'enfant se situait à proximité d'une ligne de transport, aucun des 0,8 % d'enfants dont l'exposition moyenne atteignait ou dépassait $0,4 \mu\text{T}$ n'était concerné par cette proximité.

Le cas du Linky

Les mesures effectuées par l'ANFR à proximité du compteur Linky (entre 30 et 100 kHz) montrent de très faibles niveaux de champs électriques et magnétiques qui ne sont plus mesurables à 50 cm du compteur. En fait, les niveaux de champs sont comparables à ceux que l'on mesure à proximité du compteur électronique classique. L'émission de courants porteurs en ligne (CPL) ne rajoute que très peu d'exposition, le tout étant très inférieur aux limites réglementaires.

Champs radiofréquences

Pour l'année 2016, deux documents méritent en particulier d'être présentés : le rapport ANSES sur « radiofréquences et enfants » et un rapport partiel du National Toxicology Program (NTP), bien que non soumis à un comité de lecture. Nous évoquerons également une revue sur le sujet très débattu des RF et de l'infertilité masculine.

Sur le plan de la dosimétrie, le rapport de l'ANSES sur les RF et les enfants confirme que ceux-ci absorbent davantage les RF des téléphones mobiles que les adultes ; ceci en raison de leur petite taille, de la finesse du lobe de l'oreille des enfants et des propriétés diélectriques des tissus immatures, différentes de celles des adultes. Absorber plus d'énergie RF ne signifie pas implicitement que l'exposition des enfants dépasse les limites d'exposition du public, en particulier pour les expositions en champ lointain (antennes) pour lesquelles les niveaux d'exposition sont très largement en dessous des limites d'exposition ($1/1\ 000^{\circ}$ environ). La question d'un dépassement des limites pourrait se poser en revanche pour certaines expositions locales (sources près du corps, signaux 2G de téléphonie mobile) dans la mesure où le rapport entre limites d'exposition public et les expositions est plus petit ($1/10^{\circ}$ environ).

Sur le plan des effets sur la santé, le rapport conclut à « **un effet possible des radiofréquences sur les fonctions cognitives de l'enfant** », avec une tendance à des effets bénéfiques, puisque l'effet le plus retrouvé est une diminution du temps de réaction dans les tâches cognitives. En revanche, une tendance à des comportements suicidaires ressort des études chez les adolescents, ce qui serait davantage lié à l'usage des téléphones, en particulier la nuit (manque de sommeil), qu'à l'exposition aux RF.

En mai 2016, le NTP américain a diffusé des résultats partiels de son programme de recherche sur les effets cancérigènes des radiofréquences de la téléphonie mobile [8]. Les résultats de cette étude d'envergure (26 millions de dollars américains), en lien avec le cancer, étaient attendus avec intérêt. Des rats ont été exposés, corps entier, au signal GSM 900 ou CDMA, à 4 niveaux de débit d'absorption spécifique (DAS) : 0 ; 1,5 ; 3 et 6 W/kg, depuis la gestation et durant 106 semaines (c'est-à-dire toute leur vie) en alternance de 10 minutes ON/10 minutes OFF, 9 h/jour et 7 j/semaine.

Les résultats montrent qu'au niveau de DAS le plus fort, l'exposition aux radiofréquences a augmenté légèrement chez les rats la fréquence de deux types de tumeurs rares, au niveau du cerveau (gliomes) et du cœur (schwannomes). Le rapport du NTP souligne la similarité de ces tumeurs avec le type de tumeurs identifiées dans l'étude épidémiologique Interphone (gliome et neurinome) qui concernait les RF des téléphones portables. Or, l'étude NTP a étudié l'effet d'expositions corps-entier se rapportant à l'exposition due à des antennes et non à des téléphones portables.

Tandis que ces résultats ont fait l'objet d'un effet d'annonce alarmiste, qui a suscité de nombreuses réactions, on constate que les rats exposés à 6 W/kg vivent plus longtemps que les rats contrôles. Ceci pose question et pourrait expliquer l'absence de tumeurs dans un groupe où les animaux meurent plus jeunes. Enfin, le niveau de DAS auquel l'effet est observé est supérieur à 4 W/kg corps entier, qui est la valeur définie par l'ICNIRP comme le seuil pour l'apparition d'effets délétères liés à l'échauffement avéré des tissus. Donc, au mieux, ces résultats partiels semblent confirmer que les bases de la réglementation proposées par l'ICNIRP sont sécuritaires.

La baisse de la fertilité masculine est une préoccupation de santé publique depuis plus de 20 ans et la question du rôle des facteurs environnementaux, notamment des RF des téléphones portables, est régulièrement posée [9]. Une revue a ainsi été réalisée sur le sujet par des chercheurs australiens [10]. Considérant 27 études expérimentales ayant étudié les effets des RF de la téléphonie mobile sur le système de reproduction mâle, les auteurs indiquent que 21 études ont montré des conséquences négatives des RF sur les organes sexuels des mâles ou sur les spermatozoïdes (d'origine humaine ou animale). Si ce constat est probablement correct du point de vue « comptable », plusieurs articles montrant des effets délétères des RF ont vu leur qualité scientifique remise en cause, notamment dans le rapport ANSES « Radiofréquences et santé » de 2013, en raison de conditions d'exposition non maîtrisées [11, 13], de l'absence de dosimétrie et/ou de l'utilisation d'un téléphone mobile réel pour l'exposition [14] ou en raison de l'utilisation de tests statistiques inadaptés [12, 15]. De plus, cette revue cite l'article de Falzone 2010 [16] de manière erronée : contrairement à ce qu'affirment les auteurs, elle ne montre pas d'effet délétère des RF. Enfin, plusieurs publications qui n'ont pas montré d'effet délétère des RF sur le système de reproduction de rongeurs mâles, ont été oubliées dans cette analyse, comme celles de Lee 2012 [17] et de Poullétier de Gannes 2013 [18]. Cette revue manque donc d'objectivité, contribue à alimenter la controverse et n'éclaire en rien le débat sur un rôle des RF des téléphones portables comme cause d'infertilité masculine. La question reste donc posée, en l'attente d'autres études rassemblant les critères de qualité de la recherche en bioélectromagnétisme.

Par ailleurs, l'ANFR a réalisé plus de 3 500 mesures d'exposition du public aux champs RF en 2015. Avec des niveaux de champ médian mesurés de l'ordre de 0,36 V/m, l'analyse montre que les valeurs limites réglementaires d'exposition sont respectées.

L'ANSES a également publié un rapport d'expertise sur l'exposition de la population aux champs électromagnétiques émis par les « compteurs communicants » qui conclut que les champs électromagnétiques émis par les communications CPL, à proximité des compteurs ou au voisinage des câbles électriques dans des habitations sont à des niveaux très faibles, comparables à ceux émis par les dispositifs électriques ou électroniques habituels. La probabilité que l'exposition aux champs électromagnétiques émis par les compteurs communicants puisse engendrer des effets sanitaires à court ou long terme est très faible.

Actualités réglementaires et législatives

Le Décret transposant la directive 2013/35/UE en droit français est paru au journal officiel le 3 août 2016. Il s'agit de réglementer l'exposition des professionnels et de fournir des valeurs limites d'exposition, VLE – valeurs biologiques garantissant l'absence d'effets délétères – et des valeurs déclenchant l'action, VA – valeurs physiques mesurables garantissant le respect des VLE. La France, contrairement aux autres états membres, va au-delà d'une simple transposition et, en particulier, introduit dans le décret l'obligation pour l'employeur de limiter l'exposition des femmes enceintes et des jeunes travailleurs âgés de moins de 18 ans aux limites du public.

Ce sont les effets biophysiques directs sur l'organisme qui sont pris en compte. Pour les RF, il s'agit de la prévention des effets thermiques et pour les très basses fréquences (notamment à 50 Hz), de la prévention des effets de stimulation des muscles, des nerfs et des organes sensoriels. C'est bien l'apparition de magnétosphènes qui s'inscrit en filigrane de la stimulation des organes sensoriels, avec la stimulation de la rétine.

La marge de sécurité est en fait considérable puisqu'à 50 Hz le premier niveau de la valeur déclenchant l'action est de 1000 μ T alors qu'un travail expérimental, conduit au Lawson Health Research Institute (Canada), montre que le seuil de perception des magnétosphènes chez des volontaires est de l'ordre de 15 000 μ T [19].

Références

1. ANFR. Étude de l'exposition du public aux ondes radioélectriques : analyse de 3 500 résultats de mesures réalisées entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 2015 (novembre 2016). http://www.anfr.fr/fileadmin/CP/2015-12-23_Analyse_mesures_2014_vf.pdf
2. ANFR. Rapport technique sur les niveaux de champs électromagnétiques créés par les compteurs Linky.
Volet 1 : mesures en laboratoire (mai 2016)
Volet 2 : mesures complémentaires en laboratoire (septembre 2016)
Volet 3 : mesures sur le terrain (septembre 2016)
3. ANSES. Exposition de la population aux champs électromagnétiques émis par les « compteurs communicants », rapport d'expertise collective, décembre 2016. <https://www.anses.fr/fr/content/compteurs-communicants-des-risques-sanitaires-peu-probables>.
4. ANSES. AVIS et RAPPORT de l'Anses relatif à l'expertise Exposition aux radiofréquences et santé des enfants, juin 2016. AVIS et RAPPORT de l'Anses relatif à l'expertise Exposition aux radiofréquences et santé des enfants
5. Crespi CM, Vergara XP, Hooper C, Oksuzyan S, Wu S, Cockburn M, Kheifets L. Childhood leukaemia and distance from power lines in California: a population based case control study. *Br J Cancer* 2016 ; 115(1) : 122-8.
6. Liorni I, Parazzini M, Struchen B, Fiocchi S, Röösli M, Ravazzani P. Children's Personal exposure measurements to extremely low frequency magnetic fields in Italy. *Int J Environ Res Public Health* 2016 ; 13(6) : 549.
7. Magne I, Souques M, Bureau I, Duburq A, Remy E, Lambrozo J. Exposure of children to extremely low frequency magnetic fields in France : results of the EXPERS study. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2016.
8. Wyde M, Cesta M, Blystone C, Elmore S, Foster P, Hooth M, et al. Report of partial findings from the national toxicology program carcinogenesis studies of cell phone radiofrequency radiation in Hsd: Sprague Dawley® SD rats (Whole Body Exposure). <https://doi.org/10.1101/055699>
9. Jurewicz J, Hanke W, Radwan M, Bonde JP. Environmental factors and semen quality. *Int J Occup Med Environ Health* 2009 ; 22(4) : 305-29.
10. Houston BJ, Nixon B, King BV, De Luliis GN, Aitken RJ. The effects of radiofrequency electromagnetic radiation on sperm function. *Reproduction* 2016 ; 152 : R263-76.
11. De Luliis GN, Newey RJ, et al. Mobile Phone Radiation Induces Reactive Oxygen Species Production and DNA Damage in Human Spermatozoa In Vitro. 2009 ; PLoS ONE 4(7): e6446.
12. Mailankot M, Kunnath AP, et al. «Radio frequency electromagnetic oxidative stress and reduces sperm motility in rats. *Clinics*. 2009; 64(6): 561-565.
13. Kesari KK, Kumar S, Behari J. Mobile phone usage and male infertility in Wistar rats. *Indian Journal of Experimental Biology*, 2010; 48: 987-992.
14. Kesari KK, Behari J. Evidence for mobile phone radiation exposure effects on reproductive pattern of male rats: Role of ROS. *Electromagnetic Biology and Medicine*. 2012;31(3): 213-222.
15. Kesari KK, Kumar S, Behari J. Effects of Radiofrequency Electromagnetic Wave Exposure from Cellular Phones on the Reproductive Pattern in Male Wistar Rats. *Appl Biochem Biotechnol* 2011;164: 546-559
16. Falzone NC, Huyser, et al. Mobile phone radiation does not induce pro-apoptosis effects in human spermatozoa. *Radiation Research*. 2010; 174(2): 169-176.
17. Lee HJ, Jin YB et al. The effects of simultaneous combined exposure to CDMA and WCDMA electromagnetic fields on rat testicular function.» *Bioelectromagnetics*. 2012; 33(4): 356-364.
18. Poullétier de Gannes F, Billaudel B, et al. Rat fertility and embryo fetal development: influence of exposure to the Wi-Fi signal. *Reprod Toxicol*. 2013; 36: 1-5.
19. Décret 2016-1074 du 3 août 2016 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux champs électromagnétiques. *Journal officiel de la République française*, 2016, 6 août 2016, texte 27 sur 139.