

ARTICLE

Champs magnétiques 50–60 Hz et santé : quoi de neuf ?

M. Souques* et J. Lambrozo

EDF, Service des Etudes Médicales, 45 rue Kléber, 92300 Levallois-Perret, France.

Reçu le 16 septembre 2014 – Accepté le 24 novembre 2014

Résumé – Fin 2013, le SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks), a publié un nouveau rapport sur les risques pour la santé liés aux champs électromagnétiques de 0 à 300 GHz. Cette revue de la littérature ne retient pas l'éventualité d'un risque sanitaire lié à l'exposition au champ magnétique extrêmement basse fréquence. À propos des leucémies de l'enfant, le rapport soulève une série de questions cruciales qui méritent une analyse plus fine. La prise en compte de l'exposition demeure le talon d'Achille des études épidémiologiques et aucune d'entre elles n'a apporté de solution cohérente. La question des leucémies de l'enfant est ici analysée à la lumière des dernières études publiées. Compte tenu de la faiblesse et des lacunes dans l'estimation des expositions, de l'hétérogénéité des études incluses et de la diminution de l'odds ratio au cours du temps pour les populations les plus exposées, il n'apparaît pas de cohérence entre les résultats des études. Après 30 ans de recherche, deux pistes mériteraient d'être explorées : l'évaluation globale de l'exposition, prenant en compte toutes les sources d'exposition, d'une part et d'autre part la durée d'exposition, non limitée à la moyenne sur 24 h, mais intégrant la durée de résidence de la mère et de l'enfant.

Abstract – **50–60 Hz magnetic fields and health: what's new?**. In December 2013, the SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks) released a new report on the health risks associated with electromagnetic fields from 0 to 300 GHz. This literature review does not show a possible health risk associated with the extremely low frequency magnetic field exposure. Concerning childhood leukemia, the report raises a number of critical issues that deserve more detailed analysis. Consideration of the exposure remains the Achilles' heel of epidemiological studies and none of these studies has provided a suitable answer to this question. The issue of childhood leukemia is analyzed here in the light of the recent literature. Given the weaknesses and gaps in exposure assessment, the heterogeneity of the studies and the reduction of the odds ratio over time for the most vulnerable populations, consistency between study results is not obvious. After 30 years of research, two key points deserve attention: the overall exposure assessment, taking into account all sources of exposure, on the one hand; and the duration of exposure (and not only the average over 24 hours) including the total duration of residence of the mother and child, on the other hand.

Keywords: magnetic field / risk assessment / cancer / child / epidemiology

1 Un nouveau rapport du SCENIHR

En décembre 2013, le SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks), comité expert pour la Commission européenne, a publié un nouveau rapport sur les risques pour la santé liés aux champs électromagnétiques de 0 à 300 GHz (SCENIHR, 2013). Ce rapport, provisoire, était soumis à consultation publique jusqu'au 16 avril 2014 et le rapport définitif devrait être publié prochainement. Nous donnons ici les principales conclusions concernant les champs magnétiques (CM) d'extrêmement basse fréquence, liés à la production, au transport, à la distribution et à l'utilisation du courant 50 Hz en France. C'est aussi l'occasion

de revenir sur les résultats des études épidémiologiques sur ce type d'exposition et le risque de leucémie de l'enfant.

Ce rapport est une mise au point bienvenue, qui complète et enrichit le précédent rapport de 2009 (SCENIHR, 2009) grâce à une revue quasiment exhaustive de la littérature et en ayant pris soin de définir les critères de sélection des articles retenus.

Des données nouvelles sont introduites concernant les effets biologiques des fréquences intermédiaires et des Téra-hertz (THz), et les expositions qui en résultent. En effet, les applications de ces fréquences connaissent un développement de plus en plus large, notamment dans la sécurité des aéroports pour ne citer que la plus connue. Une journée de la section Rayonnements non ionisants de la Société française de radioprotection avait d'ailleurs été consacrée (prémonitoirement) aux THz en 2011 (Souques et Magne, 2011).

* martine.souques@edf.fr

Depuis 1999, la recommandation du Conseil 1999/519/CE (Conseil des Communautés européennes, 1999) pour limiter l'exposition du public aux champs électromagnétiques s'est avérée être une réponse adaptée à la nécessité d'une protection générale du public. Sa base scientifique a été régulièrement revue, notamment par le même SCENIHR en 2007 (SCENIHR, 2007) et 2009 (SCENIHR, 2009). Ce nouveau rapport confirmera probablement la position antérieure de ce groupe d'experts vis-à-vis de la recommandation de 1999.

En conclusion, cette revue de la littérature qui fait le point sur plus de 30 années de recherches ne retient pas l'éventualité d'un risque sanitaire lié à l'exposition au CM. Qu'il s'agisse des tumeurs solides de l'enfant ou de l'adulte, des leucémies chez l'adulte en exposition professionnelle ou résidentielle, des maladies neurodégénératives, de l'intolérance environnementale, des troubles de la reproduction, aucune donnée ne vient étayer la réalité objective d'un risque.

2 La question des leucémies de l'enfant

Le rapport soulève à ce sujet une série de questions cruciales qui méritent une analyse plus fine. Ainsi, la prise en compte de l'exposition demeure le talon d'Achille des études épidémiologiques et aucune d'entre elles, malgré des efforts notables, n'a apporté de réponse cohérente.

Ainsi dans l'analyse « poolée » de Kheifets *et al.* (2010), les expositions des études prises en compte étaient différentes sans critère logique les reliant entre elles. Certes elles concernaient l'exposition dans la résidence de l'enfant, mais trois appréciaient le CM mesuré dans la chambre de l'enfant pendant 24 h (Schüz *et al.*, 2001 ; Wunsch-Filho *et al.*, 2011) ou une semaine (Kabuto *et al.*, 2006), trois le CM calculé, en tenant compte de l'historique de charge de la ligne et d'autres caractéristiques de la ligne (Bianchi *et al.*, 2000 ; Kroll *et al.*, 2010 ; Malagoli *et al.*, 2010) tandis que la dernière se basait sur la distance entre la résidence et la ligne la plus proche (Lowenthal *et al.*, 2007). De plus, les études prenaient en compte l'exposition de la résidence au diagnostic (Bianchi *et al.*, 2000 ; Kabuto *et al.*, 2006 ; Wunsch-Filho *et al.*, 2011), à la naissance (Kroll *et al.*, 2010) ou celle dans laquelle l'enfant avait vécu le plus longtemps avant le diagnostic (Schüz *et al.*, 2001).

Malgré les précautions prises par les auteurs, la relation entre une mesure de l'exposition (sur une durée de temps d'ailleurs variable), le calcul du champ à partir de la ligne électrique la plus proche et l'estimation de la distance entre la résidence et la ligne n'est pas établie. Il s'agit d'un « ersatz » de l'estimation réelle de l'exposition. Maslanyj *et al.* (2009) ont montré que le classement des expositions à partir de la distance entre résidence et lignes n'était pas en cohérence avec le niveau de champ calculé : « Même à 50 m ou moins [de la ligne], la valeur prédictive positive d'avoir une mesure dans la résidence supérieure à 0,2 μT a été seulement de 19,4 %... Nous concluons que ces niveaux élevés d'erreur de classification dans l'exposition rendent les résultats des études qui s'appuient sur la distance seule ininterprétables ». Ces conclusions sont partagées par Kroll *et al.* (2010).

L'exposition personnelle étant ubiquitaire, elle ne se limite pas à la proximité des lignes haute tension, ni à l'exposition

de la résidence. On peut s'interroger sur la représentativité des études qui se limitent à cette seule source. Dans l'hypothèse où le CM augmenterait le risque de leucémie de l'enfant, c'est bien l'exposition globale qu'il faut étudier, avec toutes les sources et pas seulement la plus visible. De fait, les sources d'exposition en dehors de la résidence sont nombreuses, notamment les transports, les autres lieux de vie...

À juste titre le rapport souligne que « *Le problème de l'évaluation de la dose en épidémiologie n'a pas été pris en compte... les questions sur la façon dont l'exposition est cumulée pendant de nombreuses années doivent être résolues* ». Un effet cumulatif effectif existe-t-il ? Aucune donnée expérimentale n'a montré l'existence d'un tel effet, ni même sa plausibilité biophysique. C'est pourtant l'hypothèse de base des études épidémiologiques (Estève, 2014).

3 Estimer l'exposition à long terme ?

Dans les études épidémiologiques, la validité de la prise en compte de la durée d'exposition pose problème. Un indicateur d'exposition est retenu au moment de la naissance ou, plus souvent, au moment du diagnostic, par commodité, mais l'exposition depuis la conception jusqu'au diagnostic demeure inconnue. Peut-on parler d'effet à long terme quand aucune étude n'a pris en compte la durée d'exposition depuis la naissance ou la conception ? On suppose que l'enfant n'a jamais déménagé et a toujours habité à l'adresse au diagnostic (ou à l'adresse de naissance pour certaines études). La mobilité géographique (déménagements) est un facteur de risque pour la leucémie de l'enfant qui a fait l'objet de publications concordantes (Jones *et al.*, 1993 ; McBride *et al.*, 1999 ; Bellec *et al.*, 2008) et pourrait intervenir comme facteur confondant.

La question essentielle, qui n'est pas non plus abordée dans les études épidémiologiques, concerne le « first hit » c'est-à-dire la première étape du processus de leucémogénèse qui surviendrait pendant la vie fœtale par une exposition pendant la grossesse. Ce point n'est pas envisagé dans le rapport. Il soulève l'un des critères majeurs de causalité, la temporalité : l'exposition a-t-elle ou non précédé la survenue de l'effet ? Oui si l'on considère l'effet promoteur, secondaire au « first hit », et si l'on prend en compte l'exposition des enfants à leur résidence depuis la naissance. Non si l'exposition a été évaluée au domicile l'année du diagnostic (c'est le cas de la majorité des études épidémiologiques) ou si le « first hit » est bien le processus déclenchant, puisque nous ne savons rien dans ces études de l'exposition des mères pendant leur grossesse.

4 Des études aux résultats cohérents ?

Les études épidémiologiques plus récentes ont tenté de mieux prendre en compte les expositions. L'amélioration de l'évaluation des expositions devrait aller de pair avec la précision du résultat : avec un odds ratio plus élevé, si risque il y a, et un intervalle de confiance plus étroit. Dans l'analyse de Kheifets *et al.* (2010), l'odds ratio pour les expositions supérieures à 0,4 μT comparé aux expositions de moins de 0,1 μT est de 1,46 [0,80–2,68], non statistiquement significatif. Dans

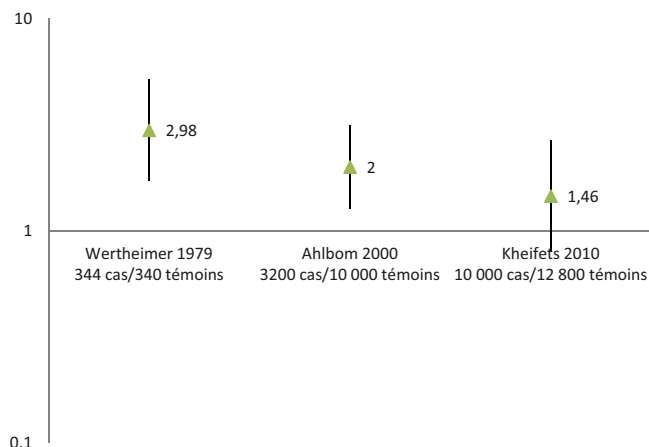


Figure 1. Résultats des publications clés de l'épidémiologie sur les leucémies de l'enfant et le champ magnétique 50 Hz. L'étude de Wertheimer (Wertheimer et Leeper, 1979) est l'étude princeps qui a lancé la question de recherche. L'étude « poolée » d'Ahlbom *et al.* (2000) est celle qui a été prise en compte dans l'expertise du Centre International de Recherche sur le Cancer. L'étude « poolée » de Kheifets *et al.* (2010) est la plus récente et a pris en compte les études épidémiologiques publiées entre 2000 et 2010.

Results of key publications on the epidemiology of childhood leukemia and the 50 Hz magnetic field. Wertheimer's study (Wertheimer and Leeper, 1979) is the first study that kicked off the research. Ahlbom's "pooled" study (Ahlbom *et al.*, 2000) is the one that has been taken into account in the expertise of the International Agency for Research on Cancer. Kheifets's "pooled" study (Kheifets *et al.*, 2010) is the latest : it takes into account epidemiological studies published between 2000 and 2010.

l'analyse d'Ahlbom *et al.* (2000) l'odds ratio pour les expositions supérieures à $0,4 \mu\text{T}$ était de 2 [1,24–3,13], statistiquement significatif. Aussi partageons nous la conclusion de Kheifets : « Dans l'ensemble, l'association est plus faible dans les études les plus récentes » (Figure 1). Ceci pose aussi la question de la cohérence de ces résultats.

Depuis, deux études publiées à partir de registres nationaux de cancers, ont confirmé cette tendance. Pour Pedersen *et al.* (2014), aucun excès de risque n'a été retrouvé à moins de 200 mètres des lignes très haute tension (THT), et ce sur une période de 38 ans (seuls 6 enfants, tous témoins, résidaient à moins de 200 mètres d'une ligne THT). Bunch *et al.* (2014), sur la période 1962–2008, montre une augmentation du risque de leucémie à moins de 200 mètres d'une ligne THT sur la période 1962–1979, qui n'est plus retrouvée dans les décennies postérieures (1990–2008), alors que la puissance statistique de l'étude est suffisante pour la mettre en évidence et que l'intensité du champ magnétique induit par les lignes THT n'a pas diminué au fil du temps. D'après les auteurs, « Il est peu probable qu'un risque diminuant au fil du temps soit lié à un effet physique quelconque des lignes à haute tension, il est plus susceptible d'être le résultat de l'évolution des caractéristiques de la population vivant près de lignes à haute tension ». Ces résultats rendent improbable le rôle du champ magnétique dans l'excès de cas de leucémie retrouvé jusqu'à 600 mètres de distance d'une ligne très haute tension rapporté dans l'étude Draper *et al.* (2005).

La cohérence des résultats des deux analyses « poolées » parues en 2000 posait déjà question car elles avaient utilisé des indicateurs différents (Ahlbom *et al.*, 2000 ; Greenland *et al.*, 2000). La première, retenant comme indicateur d'exposition la moyenne géométrique, montrait une augmentation statistiquement significative du risque de leucémie de l'enfant pour une exposition moyenne (sur 24 h) supérieure à $0,4 \mu\text{T}$. La deuxième, retenant comme indicateur d'exposition la moyenne arithmétique, montrait une augmentation statistiquement significative pour une exposition moyenne (sur 24 h) supérieure à $0,3 \mu\text{T}$. Or la moyenne géométrique est, par définition et calcul, inférieure ou égale à la moyenne arithmétique, puisqu'elle « lisse » les valeurs élevées, par exemple un pic d'exposition transitoire (Lambrozo *et al.*, 2008).

Les études portant sur la durée de rémission et la durée de survie globale en cas de leucémie lymphoblastique aiguë (Schuz *et al.*, 2012) n'ont montré aucune différence entre les sujets exposés et non exposés.

En expérimentation animale, les études d'initiation (Mandeville *et al.*, 1997 ; Yasui *et al.*, 1997 ; McCormick *et al.*, 1998, 1999) et de promotion tumorale (Bernard *et al.*, 2008 ; SCENIHR, 2009, 2013), qui n'ont pas montré d'effet du champ magnétique, s'intègrent dans cette analyse.

5 Quelles implications en santé publique ?

Si l'hypothèse d'une relation entre la leucémie de l'enfant et l'exposition au CM s'avérait démontrée dans l'avenir, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui, il serait important de connaître la proportion de population exposée. Ces données se retrouvent dans les études épidémiologiques : 0,3 % de la population des enfants en Allemagne (Schüz *et al.*, 2001), 0,5 % au Royaume Uni (UK Childhood Cancer Study Investigators, 1999), 0,5 % en Italie et 1,3 % au Japon (Kheifets *et al.*, 2010). Il faut remarquer que dans l'étude britannique, lors d'une exposition supérieure ou égale à $0,4 \mu\text{T}$, une source haute tension a été retrouvée moins d'une fois deux, la majorité des cas étant lié au câblage interne de la résidence (Maslanyj *et al.*, 2007). Le pourcentage d'enfants exposé est plus élevé au Japon, comme sur le continent américain, car la conception des circuits électriques est différente de celle de l'Europe, en particulier avec le neutre.

Pour que cette hypothèse soit démontrée, il ne suffit pas d'une relation statistiquement significative. Depuis le début des années 60, Hill (1965) a décrit des critères de causalité, dont aucun n'est nécessaire, aucun n'est suffisant. *La force de l'association* : elle est appréciée par le niveau de risque relatif (RR) : ici, le RR est considéré comme faible. *La constance des résultats* : il est nécessaire d'avoir plusieurs études dont les résultats vont dans le même sens. *La spécificité de l'effet* : un même facteur est relié à une même maladie, dans plusieurs études différentes. *L'exposition doit précéder la maladie*, dans un délai cohérent avec ce que l'on sait de l'histoire de cette maladie. *L'existence d'une relation niveau d'exposition-effet* : plus l'exposition augmente, plus le risque de développer la maladie augmente. Parmi toutes les études épidémiologiques, cette relation n'a été retrouvée que dans l'étude suédoise de 1993 (Feychting et Ahlbom, 1993). *L'existence de données biologiques et expérimentales plausibles* : si les résultats des

études expérimentales *in vitro* mettent en évidence un mécanisme d'action pour des expositions bien supérieures à 100 μ T, les études *in vivo* chez l'animal ne montrent pas d'effet du CM. Il faut également s'assurer que le risque étudié n'est pas lié à un autre facteur de risque qui pourrait expliquer la relation statistique (facteur de confusion)... ce qui suppose qu'on les connaisse.

En termes de gestion de risque en santé publique, si l'association observée était jugée de nature causale la population concernée selon les critères d'exposition choisis serait réduite. Ainsi, si l'hypothèse était démontrée, il en résulterait la survenue d'un cas de leucémie supplémentaire tous les deux ans d'après l'analyse de Kheifets *et al.* (2010) qui incluait 10 865 cas de leucémie sur 40 ans, dont 23 étaient exposés à plus de 0,3 μ T en moyenne.

L'incertitude qui persiste n'en fait cependant pas une question majeure de santé publique devant conduire à des choix de gestion du risque drastiques.

6 Conclusion

Compte tenu des lacunes dans l'estimation adéquate des expositions, de l'hétérogénéité des études incluses et de la diminution, certes modeste, de l'odds ratio au cours du temps pour les populations les plus exposées, il n'apparaît pas de cohérence entre les résultats des études. En l'absence de relation dose-effet, on ne peut pas retenir un seuil de survenue (0,3 ou 0,4 μ T).

Par nature la démarche scientifique n'est pas en mesure de récuser l'existence d'un risque mais ces données associées à la normalité des études sur la survie des enfants leucémiques et à la négativité des études expérimentales chez l'animal, rendent peu plausible une association effective entre le risque de survenue de leucémie chez l'enfant et l'exposition au CM de très basse fréquence. « *Epidemiology stands alone* » (Schmiedel et Blettner, 2010) de moins en moins fermement.

Après 30 ans de recherche, on peut regretter que la méthodologie épidémiologique n'ait pas connu d'amélioration significative quant à l'évaluation de l'exposition. « *Plus de 20 ans plus tard, ces études épidémiologiques ont une valeur très limitée car leurs estimations d'exposition ne sont pas fiables, les mécanismes plausibles n'ont pas été obtenus, et les facteurs de confusion n'ont pas été contrôlés avec rigueur* » (Savitz, 2010).

Deux pistes mériteraient cependant d'être explorées. L'évaluation de l'exposition du sujet doit prendre en compte toutes les sources d'exposition, sans se limiter à ce qui est le plus commode mais pas le plus significatif : l'exposition de la résidence. La durée d'exposition est aussi un paramètre incontournable, sans se limiter à ce qui est communément retenu car aisément calculable : la moyenne sur 24 h, mais en intégrant effectivement la durée de résidence de la mère et de l'enfant.

Références

Ahlbom A. *et al.* (2000) A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia, *Br. J. Cancer* **83**, 692-698.

- Bellec S. *et al.* (2008) Childhood leukaemia and population movements in France, 1990–2003, *Br. J. Cancer* **98**, 225-231.
- Bernard N. *et al.* (2008) Assessing the Potential Leukemogenic Effects of 50 Hz Magnetic Fields and their Harmonics Using an Animal Leukemia Model, *J. Radiat. Res.* **49**, 565-577.
- Bianchi N. *et al.* (2000) Overhead electricity power lines and childhood leukemia: a registry-based, case-control study, *Tumori* **86**, 195-119.
- Bunch K., Keegan T., Swanson J., Vincent T., Murphy M. (2014) Residential distance at birth from overhead high-voltage power-lines: childhood cancer risk in Britain 1962–2008, *Br. J. Cancer* **110**, 1402-1408.
- Conseil des Communautés européennes (1999) Recommandation du Conseil du 12 juillet 1999 relative à la limitation du public aux champs électromagnétiques (de 0 Hz à 300 GHz), Journal officiel des Communautés européennes L199, 59-70.
- Draper G.V.T., Kroll ME, Swanson J (2005) Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study, *BMJ* **330**, 1290-1295.
- Estève J. (2014) Environnement et cancer : chiffres clés et situation actuelle, *Environnement, Risques & Santé* **13**, 305-311.
- Feychting M., Ahlbom A. (1993) Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high-voltage power lines, *Am. J. Epidemiol.* **138**, 467-481.
- Greenland S., Sheppard A.R., Kaune W.T., Poole C., Kelsh M.A. (2000) A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia, *Epidemiology* **11**, 624-634.
- Hill A.B. (1965) The environment and disease: association or causation?, *Proc R. Soc Med* **58**, 295-300.
- Jones T., Shih C.H., Thurston D.H., Ware B.J., Cole P. (1993) Selection bias from differential residential mobility as an explanation for associations of wire codes with childhood cancer, *J. Clin. Epidemiol.* **46**, 545-548.
- Kabuto M. *et al.* (2006) Childhood leukemia and magnetic fields in Japan: a case-control study of childhood leukemia and residential power-frequency magnetic fields in Japan, *Int. J. Cancer* **119**, 643-650.
- Kheifets L. *et al.* (2010) Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia, *Br. J. Cancer* **103**, 1128-1135. Erratum in: *Br. J. Cancer* **104** (1), 228 (2011).
- Kroll M.E., Swanson J., Vincent T.J., Draper G.J. (2010) Childhood cancer and magnetic fields from high-voltage power lines in England and Wales: a case-control study, *Br. J. Cancer* **103**, 1122-1127.
- Lambrozo J., Souques M., Magne I. (2008) Champs magnétiques de très basses fréquences 50-60 Hz : quelles valeurs limites d'exposition retenir?, *Environnement, Risques & Santé* **7**, 181-189.
- Lowenthal R., Tuck D., Bray I. (2007) Residential exposure to electric power transmission lines and risk of lymphoproliferative and myelo-proliferative disorders: a case-control study, *Int. Med. J.* **37**, 614-619.
- Malagoli C. *et al.* (2010) Risk of hematological malignancies associated with magnetic fields exposure from power lines: a case-control study in two municipalities of northern Italy, *Environ. Health* **9**, 16.
- Mandeville R. *et al.* (1997) Evaluation of the potential carcinogenicity of 60 Hz linear sinusoidal continuous-wave magnetic fields in Fischer F344 rats, *FASEB J* **11**, 1127-1136.
- Maslanyj M.P., Mee T.J., Renew D.C. (2007) Investigation of the sources of residential power frequency magnetic field exposure in the UK Childhood Cancer Study, *J. Radiol. Prot.* **27**, 41-58.

- Maslanyj M.P., Simpson J., Roman E., Schuz J. (2009) Power frequency magnetic fields and risk of childhood leukaemia: misclassification of exposure from the use of the “distance from power line” exposure surrogate, *Bioelectromagnetics* **30**, 183-188.
- McBride M.L. *et al.* (1999) Power-frequency electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia in Canada, *Am. J. Epidemiol.* **149**, 831-842.
- McCormick D. *et al.* (1998) Exposure to 60 Hz magnetic fields and risk of lymphoma in PIM transgenic and TSG-p53 (p53 knockout) mice, *Carcinogenesis* **19**, 1649-1653.
- McCormick D.L. *et al.* (1999) Chronic toxicity/oncogenicity evaluation of 60 Hz (Power frequency) magnetic fields in B6C3F1 mice, *Toxicol. Pathol.* **27**, 279-285.
- Pedersen C. *et al.* (2014) Distance from residence to power line and risk of childhood leukemia: a population-based case-control study in Denmark, *Cancer Cause & Control* **25**, 171-177.
- Savitz D. (2010) The etiology of epidemiologic perseveration: when enough is enough, *Epidemiology* **21**, 281-283.
- SCENIHR (2007) Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health. European Commission, Bruxelles, http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_007.pdf.
- SCENIHR (2009) Health Effects of Exposure to EMF. European Commission, Bruxelles, http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_022.pdf.
- SCENIHR (2013) Preliminary opinion on Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF) European Commission, Bruxelles, http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_o_041.pdf.
- Schmiedel S., Blettner M. (2010) The association between extremely low-frequency electromagnetic fields and childhood leukaemia in epidemiology: enough is enough?, *Br. J. Cancer* **103**, 931-932.
- Schüz J., Grigat J.P., Brinkmann K., Michaelis J. (2001) Residential magnetic fields as a risk factor for childhood acute leukemia: results from a German population-based case-control study, *Int. J. Cancer* **91**, 728-735.
- Schüz J. *et al.* (2012) Extremely low-frequency magnetic fields and survival from childhood acute lymphoblastic leukemia: an international follow-up study, *Blood Cancer J* **2**, e98.
- Souques M., Magne I. (2011) Les ondes THz : effets biologiques, applications industrielles et médicales. Journée scientifique de la section RNI de la SFRP, Paris (France), 25 janvier 2011, *Radioprotection* **46**, 414-416.
- UK Childhood Cancer Study Investigators (1999) Exposure to power-frequency magnetic fields and the risk of childhood cancer. UK Childhood Cancer Study Investigators, *Lancet* **354**, 1925-1931.
- Wertheimer N., Leeper E. (1979) Electrical wiring configurations and childhood cancer, *Am. J. Epidemiol.* **109**, 273-284.
- Wünsch-Filho V. *et al.* (2011) Exposure to magnetic fields and childhood acute lymphocytic leukemia in São Paulo, Brazil, *Cancer Epidemiol.* **35**, 534-539.
- Yasui M., Kikuchi T., Ogawa M., Otaka Y., Tsuchitani M., Iwata H. (1997) Carcinogenicity test of 50 Hz sinusoidal magnetic fields in rats, *Bioelectromagnetics* **18**, 531-540.

Cite this article as: M. Souques, J. Lambrozo. Champs magnétiques 50–60 Hz et santé : quoi de neuf ?. *Radioprotection* 50(2), 95-99 (2015).