



Champs électriques et magnétiques de 50/60 hertz : un réel risque cancérogène ?

Par Roger Santini, Institut national des sciences appliquées de Lyon, laboratoire de biochimie-pharmacologie, bât. 406, 20, avenue Albert-Einstein, 69621 Villeurbanne cedex.

Une étude sur deux montrerait une association significative entre l'exposition à un champ électrique ou magnétique de 50/60 Hz et l'apparition d'un cancer.

Les êtres vivants sont le siège de courants électriques (enregistrables par électrocardiographie ou électro-encéphalographie), qui créent des champs magnétiques détectables au moyen de magnétomètres à SQUID (*Super Conducting Quantum Interference Device*) permettant d'étudier le fonctionnement d'organes tels que le cœur (magnétocardiographie) ou le cerveau (magnéto-encéphalographie). L'homme

« fonctionne » donc à un certain niveau énergétique, toute perturbation de son environnement électromagnétique pourrait avoir des effets biologiques. Ces perturbations électromagnétiques peuvent être provoquées, pour les extrêmement basses fréquences (ELF, *extremely low frequency* : fréquences de 0,1 à 300 Hz) par des lignes de transport et de distribution du courant, des câblages électriques à l'intérieur des locaux, des transformateurs électriques, des appa-

Objectif pédagogique : Connaître les arguments permettant d'affirmer la réalité d'un risque cancérogène lors d'une exposition aux champs électriques et magnétiques.

reils électroménagers... Partout où existe une puissance électrique, il se produit dans l'environnement un champ électrique et un champ magnétique. Le champ électrique résulte de la présence de charges électriques et s'exprime en volts par mètre (V/m). Le champ magnétique apparaît lorsqu'il y a passage du courant électrique (déplacement des charges) dans le conducteur ; sa valeur est fonction de l'intensité du cou-

rant et s'exprime en ampères par mètre (A/m) ou en d'autres unités : le milligauss (mG), le microtesla (μT) [$1 \text{ A/m} = 12,5 \text{ mG} = 1,25 \mu\text{T}$].

Le débat sur les effets biologiques des champs électriques et magnétiques a pris de l'ampleur aux États-Unis après la publication, en 1979, d'études associant la leucémie de l'enfant au fait de résider à proximité de lignes électriques. Depuis, de nombreux travaux ont confirmé ces premiers résultats. Les

études les plus récentes, plus crédibles sur le plan expérimental, ont des résultats qui semblent confirmer l'augmentation des risques pour la santé, ce qui a conduit certains pays à prendre des mesures visant à protéger les plus faibles et particulièrement les enfants.

Études sur animaux : un lien évident

Plusieurs dizaines de publications sont consacrées aux risques de cancers liés à l'exposition aux extrêmement basses fréquences chez l'animal. Nombre de ces études mettent en évidence un lien avec le cancer [1].

Chez la souris, les résultats font état d'initiation, d'accélération ou de promotion tumorale [2-7].

Des études récentes rapportent une augmentation significative du nombre de tumeurs mammaires chez des rates traitées par le DMBA (diméthylbenzantracène) si l'on associe à ce traitement un champ magnétique 50 Hz de 50 ou 100 μT , avec mise en évidence d'une relation dose/effet [8, 9].

Chez le chien, il est observé une augmentation significative (risque relatif [RR] : 6,8 - intervalle de confiance [IC] : 1,6 - 28,5) du risque de lymphome chez les animaux vivant dans des maisons où le champ magnétique généré par les lignes électriques est supérieur ou égal à 2 mG (0,2 μT) [10].

RISQUES CANCÉROGÈNES DES CHAMPS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES

Risques de cancers chez l'enfant

C'est en 1979 que les premiers résultats mettant en évidence la possibilité d'un lien entre certains cancers de l'enfant et l'exposition résidentielle aux champs électriques et magnétiques générés par le réseau électrique ont été publiés [11]. En 1994, une compagnie américaine d'électricité, la *Bonneville Power Administration* a fait paraître une analyse [12] portant sur 14 études épidémiologiques traitant de ce sujet et référencées entre 1979 et 1993. Selon ce document, 8 de ces études (soit 57 %) notent une augmentation significative du risque de cancers (leucémies et tumeurs du cerveau) chez l'enfant exposé aux champs électriques et magnétiques de lignes électriques à haute et très haute tensions proches de son domicile. Le risque relatif pour la leucémie de l'enfant est de 2, pour une exposition à un champ magnétique de 2 mG (0,2 μ T) et atteint 5,1 pour une exposition à 5 mG (0,5 μ T) [13]. Ce risque est en relation avec la présence de lignes électriques au-dessus des habitations et des écoles [14]. Deux études publiées en 1997 font état chez l'enfant d'un risque significativement plus grand de leucémie pour un seuil de champ magnétique ELF supérieur ou égal à 2 mG [15] ou supérieur ou égal à 3 mG [16]. Selon des travaux plus récents (1999) le risque de leucémie lymphoblastique aiguë chez l'enfant de moins de 6 ans au moment du diagnostic, augmente significativement si le champ magnétique ELF enregistré au domicile est supérieur ou égal à 1,4 mG (0,14 μ T) [17].

Le rôle joué par le champ électrique ELF dans la leucémie de l'enfant dès la valeur de 10 V/m (RR : 2,86 - IC : 1,16 - 8) a été souligné récemment, avec l'existence d'une relation de type dose/effet (pour un seuil supérieur ou égal à 20 V/m, le risque relatif augmente et passe à 4,69) [18].

Quelques scientifiques ont essayé d'estimer le risque cancérogène pour l'enfant exposé à des champs électriques et (ou) magnétiques de fréquences extrêmement basses (50/60 Hz) : sur 100 000 enfants exposés, 5 à 20 cancers supplémentaires surviendraient annuellement [19, 20]. En considérant seulement un doublement du risque de leucémies chez les enfants exposés, la

suppression de ces expositions éviterait, annuellement, 1 cas de leucémie sur 70 cas [21].

En France, plusieurs cas de leucémies d'enfants pourraient ainsi résulter de la seule présence de lignes électriques ou d'autres structures (transformateurs d'immeuble, électroménager...) générant un champ électrique et (ou) magnétique ELF, à proximité des lieux de vie (maisons, écoles...).

Expositions professionnelles

La majorité des études épidémiologiques recherchent une relation entre l'exposition aux champs électromagnétiques de 50/60 Hz sur les lieux de travail et certains cancers en privilégiant le rôle joué par le champ magnétique et, depuis peu, par le champ électrique ELF.

De 1979 à 1993 et selon la *Bonneville Power Administration* [12], sur 79 publications référencées concernant les expositions professionnelles aux champs électriques et magnétiques ELF, 49 (soit 62 %) font état d'une augmentation significative du risque de cancers chez les travailleurs de l'électricité.

Depuis 1993, plusieurs travaux ont été publiés, mettant en évidence une augmentation significative :

- du risque de leucémie chez les travailleurs de compagnies d'électricité (Hydro-Québec, Ontario Hydro, EDF) et chez les adultes exposés au travail et au domicile à un champ magnétique de 50/60 Hz supérieur ou égal à 2 mG (0,2 μ T) [22, 23] ;
- du cancer du sein chez les femmes travaillant dans les métiers de l'électricité

TÉLÉPHONES CELLULAIRES

Ils génèrent des hyperfréquences ou micro-ondes pulsées en fréquences extrêmement basses. Des risques cancérogènes sont également rapportés pour ce type de radiofréquence. Augmentation significative du risque de lymphome chez la souris (Repacholi MH *et al.* Radiat Res 1997 ; 147 : 631-40) et de cancers du sang chez les militaires (Szmigielski S. Sci Total Environ 1996 ; 180 : 9-17). Selon une étude suédoise récente, les utilisateurs de téléphones cellulaires présentent une augmentation de 2,4 fois, non significative (intervalle de confiance : 0,78-7,76) du risque de tumeurs temporales ou occipitales, du côté où est appliqué le téléphone (Hardell L *et al.* Int J Oncol 1999 ; 15 : 113-6).

[24, 25] et de cancer du cerveau pour les travailleurs exposés à un champ magnétique ELF [26, 27] ;

- du cancer du pancréas chez les électriciens [28] ;

- du risque de leucémies (RR : 4,45 - IC : 1,01 - 19,7) chez les travailleurs d'Ontario Hydro exposés à un champ électrique supérieur ou égal à 345 V/m (moyenne annuelle) avec l'existence d'une relation de type dose/effet pour le champ électrique [29].

- du risque de tumeurs du cerveau (RR : 3,08 - IC : 1,08 - 8,74) chez les travailleurs d'EDF exposés à un champ électrique supérieur ou égal à 387 V/m (moyenne annuelle) avec une relation dose/effet probable pour le champ électrique [30].

Une association significative dans plus de 1 étude sur 2

Les études actuellement disponibles montrent que dans plus de 1 étude sur 2, une association significative entre le champ électrique et (ou) magnétique de 50/60 Hz et le cancer est mise en évidence. Cette constance de l'association (à la fois chez l'adulte, l'enfant et l'animal) si elle ne repose pas encore sur un mécanisme parfaitement connu, s'appuie sur des hypothèses plausibles et en particulier :

- une diminution de la sécrétion de mélatonine par la glande pinéale, chez l'homme et l'animal, entraînant une réduction de ses effets oncostatiques et de son rôle de piège à radicaux libres [31-33] ;
- des perturbations du système immunitaire et en particulier une diminution des lymphocytes T chez l'animal [34] et l'homme [35] ;
- des effets sur l'ADN cellulaire (ruptures) et sur ses mécanismes de réparation [36] ;
- une augmentation de la formation de particules radioactives dérivées du radon sous l'influence du champ électrique ELF. Ces particules en se déposant dans les poumons après inhalation, sont susceptibles de se fixer dans l'organisme pour y induire diverses formes de cancers [37].

Il est observé chez l'homme et l'enfant, suivant le type de cancer étudié, un risque relatif qui peut varier de 1,4 à 10,3 traduisant une force de l'association moyenne à forte. Certaines études récentes mettent en évidence une

RISQUES CANCÉROGÈNES DES CHAMPS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES

relation de type dose/effet établie ou probable avec le champ électrique ou le champ magnétique de fréquences extrêmement basses.

Récemment (1998) les scientifiques américains du *National Institute of Environmental Health Sciences* (NIEHS) ont précisé que les champs électromagnétiques, tels ceux générés par les lignes électriques, doivent être considérés comme un possible agent cancérogène pour l'homme [38].

Adopter un comportement prudent

Au regard de ce qui précède, il convient d'adopter dès à présent un comportement prudent basé sur le principe de précaution, visant à éviter les expositions prolongées aux champs électriques et magnétiques de 50/60 Hz, associé à la mise en œuvre de solutions techniques destinées à réduire les émissions de champs électromagnétiques au voisinage des populations [39]. Les limites d'exposition du public ne devraient pas excéder 10 V/m pour le champ électrique et 2 mG (0,2 μ T) pour le champ magnétique de 50/60 Hz, soit 500 fois moins que les valeurs actuellement tolérées. Les valeurs actuelles (5 000 V/m pour le champ électrique, 1 000 mG pour le champ magnétique) [40] sont inadaptées, car elles ne considèrent que le risque d'effets biologiques lors d'expositions de courte durée et ne prennent pas en compte les effets biologiques résultant d'une exposition chronique.

Il est urgent de suivre l'exemple des pays européens (Italie, grand-duché de Luxembourg, Suisse, Danemark et Suède) qui ont pris des mesures et (ou) légiféré afin de réduire l'exposition aux fréquences extrêmement basses de leurs populations, par exemple :

- création de couloir de ligne où toute activité humaine permanente est interdite ;
- non-délivrance de permis de construire sur les terrains situés sous les lignes électriques ;
- évitement prudent par les nouvelles lignes électriques des écoles, des centres de soins, des habitations ;
- enfouissement des lignes électriques ;
- limitation des émissions ELF des écrans vidéo à 2,5 mG pour le champ magnétique et 25 V/m pour le champ électrique.

EN PRATIQUE

> Les champs électriques et magnétiques de 50/60 Hz sont présents dans l'environnement des lignes électriques, des transformateurs électriques, des appareils électroménagers...

> Les résultats d'études conduites chez l'animal font état d'initiation, d'accélération ou de promotion tumorale.

> Chez l'homme et l'enfant, les seuils du champ électrique et du champ magnétique pour l'augmentation du risque de cancer se situent à des valeurs 500 fois plus faibles que celles actuellement tolérées pour l'exposition de la population.

> Plus d'une étude scientifique sur deux met en évidence une association significative entre le champ électrique et (ou) le champ magnétique de 50/60 Hz et le cancer.

> Les champs électriques et magnétiques de fréquences extrêmement basses de 50/60 Hz doivent être considérés comme un possible agent cancérogène pour l'homme.

Conclusion

Il importe que les niveaux d'exposition tolérés actuellement pour les populations (et les travailleurs) soient notablement réduits, non seulement pour les ELF, mais aussi pour d'autres fréquences, telles les hyperfréquences (900 et 1 800 mégahertz) utilisées par les téléphones cellulaires et leurs stations relais et pour lesquelles des effets biologiques sont également rapportés [41, 42]. ●

Références

1. Loscher W, Mevissen M. Animal and cellular studies on carcinogenic effects of low frequency (50/60 Hz) magnetic fields. *Mutat Res* 1998 ; 410 : 185-220.
2. Mikail EL, Fam WZ. Incidence of lymphoma in CFW mice exposed to low-frequency electromagnetic fields. *Electricity and magnetism in biology and medicine*. San Francisco, Martin Blank ed, 1993 : 389-92.
3. Picazo ML, Catala MD, Bardasano JL. Histopathology of the thymic gland of rodents exposed to ELF magnetic fields. *Bioelectrochem Bioenergetics* 1993 ; 30 : 203-7.
4. Picazo ML, Vallejo D, Bardasano JL. An introduction to the study of ELF magnetic fields effects on white blood cells in mice. *Electro Magnetobiol* 1994 ; 13 : 77-84.
5. Stuchly MA, Mc Lean JRN, Burnett R, Goddard M, Lecuyer DW, Mitchel REF. Modification of tumor promotion in the mouse skin by exposure to an alternating magnetic field. *Cancer Lett* 1992 ; 65 : 1-7.
6. Fam WZ, Mikhaïl EL. Lymphoma induced in mice chronically exposed to very strong low frequency electromagnetic field. *Cancer Lett* 1996 ; 105 : 257-69.

7. Santini R, Bonhomme-Faivre L, Orbach-Arbouys S *et al*. Incidence of video screen exposure on the tumor volume of B16 melanoma in mice and hematologic values. Eighth International Congress on anti-cancer treatment (abstract book). Paris, 1998 : 192.

8. Mevissen M, Lerchl A, Szamel M, Löscher W. Exposure of DMBA treated female rats in a 50 Hz-50 μ Tesla magnetic field: effects on mammary tumor growth, melatonin levels and T lymphocytes activation. *Carcinogenesis* 1996 ; 17 : 903-10.

9. Mevissen M, Haubler M. Acceleration of mammary tumorigenesis by exposure of 7,12 - Dimethylbenz (a) Anthracene treated female rats in a 50 Hz, 100 μ T magnetic field. Replication study. *J Toxicol Environ Health Part A* 1998 ; 53 : 401-18.

10. Reif JS, Lower KS, Ogilvie GK. Residential exposure to magnetic fields and risk of canine lymphoma. *Am J Epidemiol* 1995 ; 141 : 352-9.

11. Wertheimer N, Leeper E. Electrical wiring configuration and childhood cancer. *Am J Epidemiol* 1979 ; 109 : 273-84.

12. Bonneville Power Administration. Electric power lines. Questions and answers on research into health effects, 1994 : 49 pp.

13. Feychting M, Schulgen G, Olsen JH, Ahlbom A. Magnetic fields and childhood cancer. A pooled analysis of two Scandinavian studies. *Eur J Cancer* 1995 ; 31 A : 2035-9.

14. Lin RS, Lee WC. Risk of childhood leukemia in areas passed by high power lines. *Rev Environ Health* 1994 ; 10 : 97-103.

15. Michaelis J, Schuz J, Meinert R *et al*. Combined risk estimate for two German population. Based case control studies on residential magnetic fields and childhood acute leukemia. *Epidemiology* 1997 ; 9 : 92-4.

RISQUES CANCÉROGÈNES DES CHAMPS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES

16. Linet MS, Hatch EE, Kleinerman RA *et al.* Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children. *N Engl J Med* 1997; 337: 1-7.
17. Green LM, Miller AB, Agnen DA, Greenberg ML, Li J. Childhood leukemia and personal monitoring of residential exposures to electric and magnetic fields in Ontario, Canada. *Cancer Causes Control* 1999; 10: 233-43.
18. Coghill RW, Steward J, Philip SA. Extra low frequency electric and magnetic fields in the bedplace of children diagnosed with leukemia: a case control study. *Eur J Cancer Prev* 1996; 5: 153-8.
19. Savitz DA. Power lines and cancer risk. *JAMA* 1991; 265: 1458.
20. Florig HK. Containing the costs of the EMF problem. *Science* 1992; 257: 468-92.
21. Feychting M, Ahlbom A. Childhood leukemia and residential exposure to weak extremely low frequency magnetic fields. *Environ Health Perspect* 1995 (suppl. 2): 59-62.
22. Theriault G, Goldberg M, Miller AB *et al.* Cancer risks associated with occupational exposure to magnetic fields among electric utility workers in Ontario and Québec, Canada and France, 1970-1989. *Am J Epidemiol* 1994; 139: 550-72.
23. Feychting M, Forssen U, Floderus B. Occupational and residential magnetic field exposure and leukemia and central nervous system tumors. *Epidemiology* 1997; 8: 384-9.
24. Loomis DP, Savitz DA, Ananth CV. Breast cancer mortality among female electrical workers in the United States. *J Natl Cancer Inst* 1994; 86: 921-5.
25. Coogan PF, Clapp RW, Newcomb PA *et al.* Occupational exposure to 60 Hertz magnetic fields and risk of breast cancer in women. *Epidemiology* 1996; 7: 459-64.
26. Savitz DA, Loomis DP. Magnetic field exposure in relation to leukemia and brain cancer mortality among electric utility workers. *Am J Epidemiol* 1995; 141: 123-34.
27. Beall C, Delzell E, Cole P, Brill I. Brain tumors among electronics industry workers. *Epidemiology* 1996; 7: 125-30.
28. Ji BT, Silverman DT, Dosemeci M, Dai Q, Gao YT, Blair A. Occupation and pancreatic cancer risk in Shanghai, China. *Am J Ind Med* 1999; 35: 76-81.
29. Miller AB, To T, Agnew DA, Wall C, Green LM. Leukemia following occupational exposure to 60 Hertz electric and magnetic fields among Ontario Electric utility workers. *Am J Epidemiol* 1996; 144: 150-60.
30. Guenel P, Nicolau J, Imbernon E, Chevalier A, Goldberg M. Exposure to 50 Hz electric field and incidence of leukemia, brain tumors, and other cancers among French electric utility workers. *Am J Epidemiol* 1996; 144: 1107-21.
31. Scaiano JC, Cozens FL, Mc Lean J. Model for the rationalization of magnetic field effects in vivo. Application of the radical-pair mechanism to biological systems. *Photochem Photobiol* 1994; 59: 585-9.
32. Reiter RJ. Melatonin suppression by static and extremely low frequency electromagnetic fields: relationship to the reported increased incidence of cancer. *Rev Environ Health* 1994; 10: 171-86.
33. Wood AW, Armstrong SM, Satt ML *et al.* Changes on human plasma melatonin profiles in response to 50 Hz magnetic field exposure. *J Pineal Res* 1998; 25: 116-27.
34. Tremblay L, Houde M, Mercier G, Gagnon J, Mandeville R. Differential modulation of natural and adaptive immunity in Fischer rats exposed for 6 weeks to 60 Hz linear sinusoidal continuous wave magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 1996; 17: 373-83.
35. Bonhomme-Faivre L, Marion S, Bezie Y, Auclair H, Fredj G, Hommeau C. Study of human neurovegetative and hematologic effects of environmental low-frequency (50 Hz) electromagnetic fields produced by transformers. *Arch Environ Health* 1998; 53: 87-92.
36. Lai H, Singh NP. Acute exposure to a 60 Hz magnetic field increases DNA strand breaks in rats brain cells. *Bioelectromagnetics* 1997; 18: 156-65.
37. Henshaw DL, Rossi AN, Fewes AP, Preece AW. Enhanced deposition of radon daughter nuclei in the vicinity of power frequency electromagnetic fields. *Int J Radiat Biol* 1996; 69: 25-38.
38. Rutter T. Electromagnetic fields may be carcinogenic. *BMJ* 1998; 317: 12.
39. Santini R. Notre santé face aux champs électriques et magnétiques. Des faits scientifiques aux conseils pratiques. Vannes, Éditions Sully, 1995: 157 pp.
40. INIRC-IRPA. Interim guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz. Electric and magnetic fields. *Health Physics* 1990; 58: 113-22.
41. Santini R. Téléphones cellulaires danger? Embourg (Belgique), Éditions Marco Pietteur, 1998: 208 pages.
42. Santini R. Les téléphones cellulaires et leurs stations relais: Risques pour la santé? *Presse Med* 1999; 28: 1884-6.