

CHAMPS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES 50 HZ ET SANTÉ : quel message au grand public ?

M. LEDENT (1), V. BEAUVOIS (2), I. DEMARET (1), M. ANSSEAU (3), G. SCANTAMBURLO (4)

RÉSUMÉ : Les revues de littérature scientifique ne permettent pas de conclure de manière définitive à l'absence d'un effet des champs électriques et magnétiques 50 Hz sur la santé. L'incertitude entraîne de nombreux questionnements. Dans cet article, nous aborderons les concepts-clés permettant de bien comprendre les effets potentiels des champs électriques et magnétiques sur la santé. Nous donnerons également des valeurs d'exposition de la vie quotidienne et proposerons des pistes à suivre face à un patient posant des questions sur les effets sur la santé des champs électriques et magnétiques 50 Hz.

MOTS-CLÉS : *Champs électriques et magnétiques - Santé publique - Exposition environnementale*

50 HZ ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS AND HEALTH : WHICH MESSAGE TO THE PUBLIC?

SUMMARY : Scientific data of effects of 50 Hz electric and magnetic fields on health are inconclusive. This uncertainty raises numerous questions. In this paper, significant key concepts are described to better understand the potential effects of electric and magnetic fields on health. Everyday life exposure values are included, as well as courses of action to be taken in front of a patient asking questions on health effects of 50 Hz electric and magnetic fields.

KEYWORDS : *Electromagnetic fields - Public health - Environmental exposure*

INTRODUCTION

La question est latente chez les personnes soucieuses de la qualité de leur environnement: les champs électriques et magnétiques des lignes à haute tension, les champs électromagnétiques des antennes-relais et des téléphones mobiles ont-ils un impact sur notre santé ? L'analyse globale de la littérature scientifique ne permet pas de conclure à un effet démontré. Toutefois, l'ubiquité des champs dans notre environnement, la méconnaissance des phénomènes physiques et la communication des résultats de certaines études entraînent parfois des questionnements auxquels il est nécessaire de répondre.

Après un bref état des connaissances scientifiques en matière d'effets des champs sur la santé, nous proposons de débroussailler les différents concepts techniques liés aux champs électriques et magnétiques, d'apporter des informations sur les valeurs de champs rencontrées dans notre vie quotidienne et de donner des pistes à suivre face à un patient se posant des questions sur les effets sur la santé des champs électriques et magnétiques 50 Hz.

Notre groupe de recherche, le Belgian Bio-ElectroMagnetics Group (BBEMG) étant spécialisé dans l'étude des champs électriques et magnétiques 50 Hz sur la santé, nous parlerons principalement des caractéristiques de ces champs et aborderons brièvement les champs liés à la téléphonie mobile.

MISE EN PERSPECTIVE : EFFETS SUR LA SANTÉ ?

Depuis 1979 et la première étude épidémiologique sur le sujet (1), des études ultérieures et des méta-analyses ont établi un lien statistique entre l'exposition aux champs magnétiques (CM) d'extrêmement basses fréquences (EBF) et un risque accru de leucémie aiguë infantile. Ces résultats ont été obtenus pour une exposition des enfants à des CM-EBF en moyenne supérieurs à 0,3-0,4 μT *.

Années après années, les épidémiologistes ont répliqué les études, recherché des biais ou des facteurs confondants (2-5), sans parvenir à une conclusion définitive.

Dans le même temps, d'autres chercheurs travaillaient sur des animaux de laboratoire et des cellules afin de découvrir les mécanismes d'action, mais sans succès. Même chez des animaux exposés tout au cours de leur existence, le lien entre les CM-EBF et la leucémie aiguë n'a pu être confirmé par des études bien menées.

* μT (ou micro Tesla) est l'unité du flux d'induction magnétique.

(1) Licenciée en Technologie de l'Education et de la Formation, Unité de Psycho-Neuroendocrinologie, Université de Liège.

(2) Logisticienne, Applied and Computational Electromagnetics (ACE), Université de Liège.

(3) Professeur, Université de Liège. Chef de Service,

(4) Professeur de Clinique, Université de Liège. Chef de Clinique, Service de Psychologie médicale, CHU de Liège.

En 2002, le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a classé les champs magnétiques d'extrêmement basses fréquences dans le groupe 2B, c'est-à-dire «peut-être cancérigènes pour l'homme*», alors que les champs électriques (CE) EBF ont été classés dans le groupe 3, c'est-à-dire «inclassables quant à leur cancérigénicité pour l'homme» (6). Ce même centre, en 2013, a également classé les champs électromagnétiques de radiofréquences (CEM-RF des téléphones mobiles) dans le groupe 2B (7).

La classification du CIRC est fondée sur l'importance des indications de cancérigénicité obtenues dans les études réalisées chez l'homme et sur les animaux. La classification en 2B repose sur des indications limitées dans les études effectuées chez l'homme, ce qui signifie que l'interprétation causale est considérée comme crédible, mais que le rôle de la chance, des biais ou des facteurs confondants dans le lien ne peut être exclu. Dans les études sur l'animal, des preuves insuffisantes ne permettent pas, non plus, de conclure à un effet cancérigène.

Le groupe 2B rassemble 283 agents (données de janvier 2015) tels que les gaz d'échappement des moteurs à essence, le chloroforme, le café, les fibres céramiques, les fibres de verre, l'essence, les légumes marinés (traditionnels en Asie), Mais, le risque est faible : les champs magnétiques 50 Hz, s'ils sont impliqués dans la leucémie aiguë infantile, ne seraient qu'un des facteurs possibles et ne permettraient pas d'expliquer tous les cas. Par exemple, en Flandre, en fonction de la proportion d'enfants habitant à proximité des lignes à haute tension et de l'incidence de la leucémie infantile (environ 40 enfants de 0 à 15 ans par an en Flandre), un cas supplémentaire par deux ans pourrait trouver son origine dans les champs magnétiques de ces lignes (8).

En tant que groupe de recherche impliqué dans l'étude des effets potentiels sur la santé, nous sommes régulièrement confrontés à la difficulté qu'éprouve le public à comprendre ce que sont les champs (9). Une étude récente

(10) montre que les personnes ont des connaissances limitées des déterminants de l'exposition aux champs électriques et magnétiques : par exemple, une majorité des sujets interrogés ignoraient que les valeurs de champs diminuaient rapidement lorsqu'on s'éloigne d'une ligne à haute tension. Une première étape serait de bien comprendre leurs caractéristiques physiques.

DES CONCEPTS-CLÉS

LES CHAMPS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES

Les champs électriques et magnétiques sont des espaces dans lesquels s'exercent les forces électriques et magnétiques. Ce sont des concepts distincts qui ont été inventés pour expliquer les phénomènes d'interaction à distance de l'électricité :

- Le champ électrique (CE) est lié à la tension. Il est mesuré en Volt par mètre (V/m). Plus la tension est élevée, plus le CE qui en résulte est intense.

- Le champ magnétique (CM) est lié au courant. Plus l'intensité du courant est élevée, plus le CM résultant est intense. L'unité du CM est l'ampère par mètre (A/m), mais on préfère généralement utiliser le tesla (T) qui est l'unité du flux d'induction magnétique **. Une relation directe existe entre les deux : elle dépend du milieu dans lequel le champ se déplace. Pratiquement, nous parlerons souvent de champ magnétique, en T. Les champs magnétiques que nous mesurons habituellement sont de l'ordre du microtesla (μ T), soit un millionième de Tesla.

Le champ électrique dépend donc de la tension (fig. 1a et 1b), et le champ magnétique du courant (fig. 1b).

En pratique : dans la figure 1a, la lampe est éteinte, mais raccordée à une source de tension, ici le réseau électrique 230V; on pourra donc uniquement mesurer un CE. Par contre, quand la lampe est allumée (fig. 1b), on aura toujours un CE, mais à celui-ci s'ajoutera un CM, dont l'intensité dépendra de l'intensité du courant qui circule et, donc, de la puissance de l'ampoule dans ce cas-ci.

* Classification du CIRC : groupe 1 : l'agent est cancérigène pour l'homme; groupe 2A : l'agent est probablement cancérigène pour l'homme; groupe 2B: l'agent est peut-être cancérigène pour l'homme; groupe 3 : l'agent est inclassable quant à sa cancérigénicité pour l'homme; groupe 4 : l'agent n'est probablement pas cancérigène pour l'homme.

** Pour de plus amples informations sur la différence entre champs magnétiques et le flux d'induction magnétique, voir le site : <http://www.bbemg.be>, rubrique CEM 50 Hz - Exposition aux champs 50 Hz.

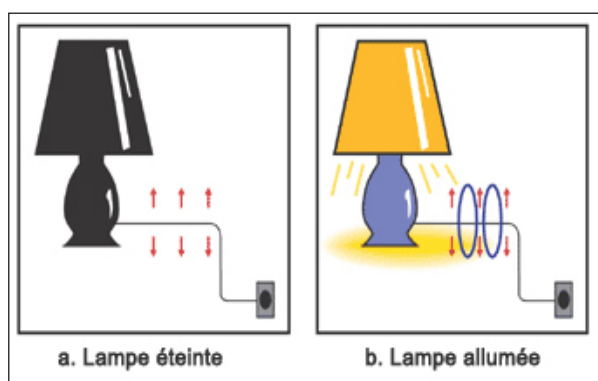


Figure 1. Illustration du CE (flèches rouges) et du CM (ellipses bleues).

Dans la compréhension des champs, trois notions méritent l'attention : la fréquence, la tension et le courant.

La fréquence

Comme précisé dans l'introduction, les recherches du BBEMG se focalisent sur la fréquence de 50 Hz, qui est la fréquence du réseau électrique en Europe, celle qui est générée au niveau des centrales électriques et qui est conservée dans le transport et la distribution de l'électricité vers nos habitations. Nos appareils électriques fonctionnent en 50 Hz.

Le spectre électromagnétique s'étend sur une très large gamme de fréquences (en hertz, Hz). Les champs à 50 Hz ne constituent qu'une infime partie du spectre des ondes électromagnétiques : la lumière visible fait également partie de ce spectre (fréquences de 385 THz à 750 THz, 1 THz = 10^{12} Hz), au même titre que les ondes radio de la téléphonie mobile (fréquences de l'ordre du GHz, 1 GHz = 10^9 Hz) ou les rayons X (fréquences de l'ordre de 1.000 THz). Ces derniers sont classés dans les rayonnements ionisants, à l'inverse des autres exemples qui font partie des rayonnements non ionisants.

La fréquence est le nombre de cycles qui se produisent durant une seconde (fig. 2). L'unité de la fréquence est le hertz (Hz). Le courant alternatif qui alimente nos appareils électriques a une fréquence de 50 Hz, c'est-à-dire qu'il effectue 50 cycles par seconde : il passe alternativement par une valeur maximale positive, puis par zéro, puis par une valeur maximale négative, puis par zéro et ainsi de suite (forme sinusoïdale).

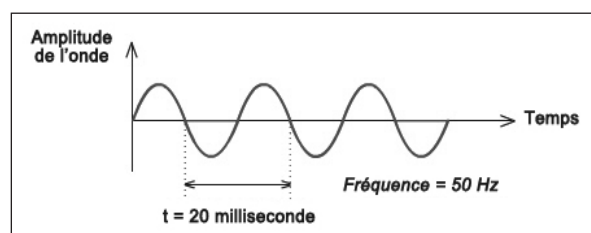


Figure 2. Fréquence

La tension

Le réseau à haute tension transporte l'énergie électrique depuis les centrales. Le réseau de distribution à basse tension achemine l'électricité jusque nos habitations. Il existe plusieurs niveaux de haute tension (70, 110, 150, 220 ou 380 kV – milliers de volts) en Belgique et plusieurs niveaux de basse tension; la tension est abaissée par des transformateurs.

S'il faut diminuer la tension avant d'arriver dans nos maisons, c'est que nos appareils électriques fonctionnent en 230V. Il semble pertinent de se demander pourquoi l'électricité n'est pas directement transportée en 230V.

Avant d'y répondre, il est nécessaire de parler de la puissance et du courant.

La puissance et le courant

La puissance est une quantité d'énergie fournie ou consommée par seconde; elle se mesure en watts (W). Nos appareils électriques sont plus ou moins gourmands en énergie en fonction de la puissance qu'ils consomment : par exemple, un four de 2000 W consommera plus d'énergie sur un certain laps de temps qu'une ampoule économique de 15 W.

Le souci avec l'énergie électrique est qu'elle n'est pas stockable. Cela signifie que l'approvisionnement en énergie se fait à la demande des consommateurs et, donc, que l'électricité qui circule dans le réseau n'est pas en permanence à son maximum. La production d'électricité dans les centrales doit s'adapter à la demande*.

La puissance est liée à l'intensité du courant, qui se mesure en ampères (A). On peut dire que pour une certaine tension (par exemple, une ligne de 150 kV) la puissance et le courant varient d'une manière similaire au cours d'une journée.

* L'évolution des puissances réelle et estimée transportée dans le réseau haute tension belge est disponible sur le site d'Elia : <http://www.elia.be/fr/grid-data/charge-du-reseau-previsions-de-charge/consommation-previsions-de-charge>

Le courant électrique consiste en un déplacement des électrons qui se trouvent dans la matière, c'est-à-dire dans le cuivre ou l'aluminium qui composent les câbles électriques. Dans leur déplacement, ils se cognent les uns aux autres et s'échauffent. En s'échauffant, ils perdent de l'énergie. Cette énergie perdue en chaleur n'arrivera pas à nos habitations et impose de surcroît des contraintes aux infrastructures électriques. Pour éviter ces déperditions calorifiques, il est nécessaire d'augmenter la tension, car pour une même puissance transportée, si on augmente la tension (par exemple, remplacement de la ligne 150 kV en une ligne de 380 kV), l'intensité du courant sera plus faible et les électrons se déplaceront moins. D'où, l'intérêt de travailler à très haute tension dans le transport de l'énergie électrique.

INTERACTION DES CHAMPS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES AVEC LE CORPS HUMAIN

Des champs électriques et magnétiques endogènes régissent le fonctionnement de notre organisme. Il est important de ne pas perturber ces champs internes au risque de bouleverser certains mécanismes biologiques. En 2010, l'ICNIRP a chiffré à 400 mV/m (20mV/m au niveau du système nerveux central) le seuil à ne pas dépasser pour l'exposition du grand public (11). Cela ne veut pas dire que ce seuil est pathogène, mais simplement que le fait de le dépasser pourrait induire des modifications de comportement (temporaire ou non) des cellules pouvant entraîner ou non un effet (positif ou négatif) sur la santé.

Ces valeurs pourraient être dépassées en présence d'une source externe : un champ électrique, un champ magnétique ou un courant de contact. Comment ces sources externes interagissent-elles avec notre corps ?

Le CM traverse le corps humain quasi sans modification entre l'extérieur et l'intérieur. Il y induit des boucles de courant. Le CE ne traverse que partiellement le corps; il est réduit par un facteur d'environ un million entre l'intérieur et l'extérieur. Il provoque principalement la migration des charges à la surface du corps. Il en résulte, donc, des courants sur la surface du corps et un courant résiduel à l'intérieur du corps. Le courant de contact (CC) est un courant qui nous parcourt lorsque, par exemple, nous entrons en contact avec un appareil électrique qui n'est pas correctement «mis à la terre». Le passage de ce courant va également générer des CE à l'intérieur du corps. C'est un phénomène

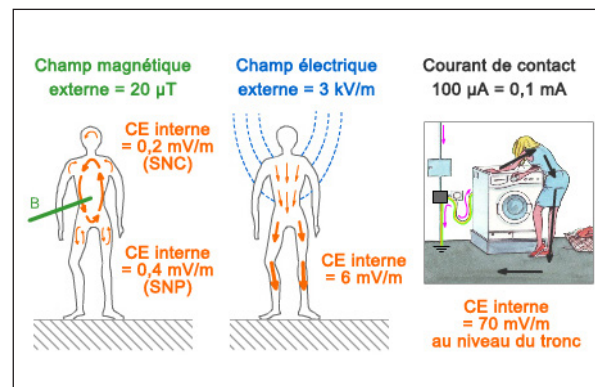


Figure 3. Estimation du CE interne (en orange) en fonction d'une source externe (CM en vert, CE en bleu et CC en noir). SNC : système nerveux central; SNP : système nerveux périphérique

fréquent dans la vie quotidienne. L'intensité du CC est faible, et reste sous le seuil de perception (12). Il ne s'agit donc pas d'un courant direct pouvant entraîner une électrisation ou une électrocution.

La figure 3 illustre le CE interne selon les différentes sources. Les valeurs de CE et CM externes prises comme exemples peuvent être mesurées à l'aplomb d'une ligne à très haute tension. La valeur du CC correspond à un courant réaliste : lors d'une campagne de mesures en Belgique, des courants de contact supérieurs à 100 µA ont été mesurés au niveau des appareils électroménagers de 15% des habitations (13). Les CC sont susceptibles de nous soumettre à des CE internes intenses de manière totalement imperceptible (12, 14).

A titre d'information, les niveaux de référence (11) des champs électriques et magnétiques 50 Hz externes pour le grand public sont respectivement 5 kV/m et 200 µT. La valeur de référence pour les CC est 0,5 mA. Ces recommandations ne sont pas nécessairement reprises dans les législations nationales. Actuellement, la Belgique n'a légiféré qu'en matière de CE 50 Hz.

De telles intensités sont rarement, voire jamais, mesurées dans la vie quotidienne, mais peuvent être rencontrées en milieu professionnel. La Directive européenne 2013/35/UE relative à la sécurité des travailleurs exposés aux champs électromagnétiques impose une mise à jour des réglementations professionnelles nationales. Elle devra être transposée par les Etats Membres au 1^{er} juillet 2016.

TABLEAU I. COULOIR D'INFLUENCE DE LA LIGNE (CM = 0,4 μ T)
SELON LA CHARGE DE LA LIGNE (EN %) (100% CORRESPOND À LA
POINTE ANNUELLE DE CONSOMMATION)

Charge de la ligne	Type de ligne		
	70 kV	150 kV	380 kV
25 %	9 m	15 m	33 m
50 %	18 m	30 m	66 m
75 %	27 m	43 m	98 m
100 %	36 m	58 m	130 m
En moyenne	15 m	40 m	90 m

DES VALEURS D'EXPOSITION

En ce qui concerne l'exposition quotidienne de la population, il est important de savoir que l'intensité des champs diminue avec la distance par rapport à la source. En fonction de la configuration des câblages électriques (disposition des câbles des lignes à haute tension, bobinages dans nos appareils électriques, ...), l'intensité des champs électriques et magnétiques diminuera plus ou moins vite.

En outre, les CM traversent les murs tandis que les bâtiments et autres obstacles font écran aux CE qui sont donc nettement moindres dans les maisons. Nous reprenons ici des exemples de valeurs de CM 50 Hz.

CAS DES LIGNES À HAUTE TENSION

Les chercheurs ont établi, pour la Flandre, un modèle analytique basé sur les paramètres des lignes à haute tension et ont calculé un couloir d'influence de la ligne où les niveaux moyens de CM sont supérieurs ou égaux à 0,4 μ T (tableau I) (8).

Par exemple, à 9 m d'une ligne 70 kV quand la charge est faible et à 36 m quand la charge est maximale, on note des valeurs sous les 0,4 μ T. En pratique, la puissance transportée dans le réseau varie au cours de la journée. En moyenne, à 15 m des lignes 70 kV, on est en dessous du seuil de 0,4 μ T.

TABLEAU II. CM (DISTANCE DE MESURE)

	CM (en μ T)
Lave-vaisselle	0,6 à 3 (30 cm)
Réfrigérateur	0,01 à 0,25 (30 cm)
Fer à repasser	0,12 à 0,3 (30 cm)
Séchoir	0,08 à 0,3 (30 cm)
Aspirateur	2 à 20 (30 cm)
Sèche-cheveux	6 à 2000 (3 cm)
Foreuse	2 à 3,5 (30 cm)
Tableau électrique	4 à 5 (30 cm)

CAS DES APPAREILS ÉLECTRIQUES

Le tableau II reprend des valeurs de CM mesurées à proximité d'appareils électriques.

Des mesures effectuées récemment à proximité de radio-réveils montrent que lorsque la sonde est contre l'appareil, on peut mesurer des valeurs de 15 à 25 μ T selon la marque et le modèle de l'appareil. Pour certains radio-réveils, il faut se situer à plus de 30 cm pour passer en dessous des 0,4 μ T.

Il s'agit de valeurs approximatives qui donnent une idée des ordres de grandeur qui peuvent être mesurés. En s'éloignant de quelques centimètres, les valeurs de CM diminuent très fortement.

Comme vu précédemment, les appareils électroménagers sont également susceptibles de nous soumettre à des CC (13). Dans la campagne de mesures en Belgique, les chercheurs ont mesuré des CC respectivement supérieurs à 20 et 100 μ A dans 45% et 15% des habitations.

QUE FAIRE FACE À UN PATIENT INQUIET PAR LA PRÉSENCE D'UNE LIGNE À HAUTE TENSION, D'UN TRANSFORMATEUR, D'UN APPAREIL ÉLECTRIQUE ?

L'expérience acquise au sein de notre groupe de recherche et les résultats d'une étude récente (10) nous encouragent à proposer les pistes suivantes.

1. CLARIFIER LES EFFETS POTENTIELS SUR LA SANTÉ

Depuis près de 40 ans, les études scientifiques se sont succédé sans mettre en avant un lien direct entre les champs électriques et magnétiques 50 Hz et un effet sur la santé.

Un risque doublé de leucémie infantile est relevé par les études épidémiologiques et a servi de base au classement des CM-EBF en 2B par le CIRC. Toutefois, ce risque est faible et un lien de cause à effet ne peut être fermement établi. Les études en laboratoire n'ont

pas permis de relever un mécanisme d'action qui expliquerait le rôle des CM 50 Hz dans la promotion ou le développement de cette maladie. Les études récentes ne permettent pas de confirmer ce lien.

2. INFORMER SUR LES ASPECTS TECHNIQUES DES CHAMPS

Il est essentiel que le patient comprenne les concepts-clefs présentés précédemment. Nous rencontrons régulièrement des personnes qui confondent les rayonnements ionisants, les radiofréquences et les champs de basses fréquences. De même, nos interlocuteurs sont nombreux à ignorer que les intensités des champs diminuent rapidement lorsqu'on s'éloigne de la source.

EN CAS DE DOUTE QUANT À L'EXPOSITION, VOICI QUELQUES CONSEILS.

a) Si les préoccupations sont liées à la présence d'une ligne à haute tension, deux questions sont essentielles :

- Quel est le niveau de tension de la ligne (70, 150, 380 kV) ?
- Quel est l'éloignement par rapport à la ligne ?

Avec ces informations, les services compétents pourront donner une valeur approximative des champs magnétiques (en estimant l'intensité du courant dans la ligne). Des mesures sur site sont également possibles et conseillées.

b) Si les préoccupations sont liées aux champs électriques et magnétiques 50 Hz en général, les actions à entreprendre sont :

- Réduire l'utilisation de certains appareils électriques superflus,
- Augmenter la distance avec les sources produisant des champs relativement élevés comme par exemple, éteindre la couverture chauffante avant de se mettre au lit, éloigner les lampes de chevet, les radio-réveils, ...

c) Concernant les courants de contact, une attention particulière devrait être portée à la conformité des installations électriques, en particulier le différentiel de la salle de bain, la mise à la terre et l'équipotentialité des structures métalliques (radiateurs, tuyauteries, ...).

L'électrosensibilité, comme d'autres affections médicalement encore inexpliquées, nécessite un examen sérieux des préoccupations des patients. Il est, à ce jour, extrêmement difficile de trancher sur la question d'un lien entre l'apparition des symptômes et la présence des champs électriques et magnétiques (15, 16). La première étape consiste à éliminer une patholo-

gie médicale, organique ou psychiatrique, qui pourrait expliquer les symptômes (17). Dans un second temps, il est utile d'informer sur les aspects techniques des champs. Si le médecin le juge nécessaire, des mesures sur site peuvent être réalisées, mais en restant attentif aux conséquences possibles (18). En effet, réduire l'exposition est souvent considéré comme un moyen momentanément ou partiellement efficace dans l'amélioration de la symptomatologie par les personnes qui s'en plaignent. Mais la réduction de l'exposition peut entraîner la personne électrosensible dans une spirale d'évitements et d'aménagements qui ont des conséquences parfois importantes en termes de coûts, d'isolement social et professionnel et de qualité de vie.

Une prise en charge individualisée tenant compte de l'anamnèse médicale et des caractéristiques psychosociales et environnementales de la personne électrosensible devrait être privilégiée (17). Par ailleurs, malgré certains résultats discordants, la thérapie cognitivo-comportementale reste une option de traitement appropriée pour aider les personnes à gérer les symptômes (19).

BIBLIOGRAPHIE

1. Wertheimer N, Leeper E.— Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidemiol*, 1979, **109**, 273-284.
2. Slusky DA, Does M, Metayer C, et al.— Potential role of selection bias in the association between childhood leukemia and residential magnetic fields exposure : a population-based assessment. *Cancer Epidemiol*, 2014 **38**, 307-313.
3. Geneletti S, Best N, Toledano MB, et al.— Uncovering selection bias in case-control studies using Bayesian post-stratification. *Stat Med*, 2013, **32**, 2555-2570.
4. Mezei G, Spinelli JJ, Wong P, et al.— Assessment of selection bias in the Canadian case-control study of residential magnetic field exposure and childhood leukemia. *Am J Epidemiol*, 2008, **167**, 1504-1510.
5. Mezei G, Kheifets L.— Selection bias and its implications for case-control studies : a case study of magnetic field exposure and childhood leukaemia. *Int J Epidemiol*, 2005, **35**, 397-406.
6. World Health Organization, International Agency For Research On Cancer.— Non-ionizing radiation, Part 1: static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum*, 2002, **80**, 1-395.
7. World Health Organization, International Agency For Research On Cancer.— Non-ionizing radiation, Part 2: Radiofrequency electromagnetic fields. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum*, 2013, **102**, 1-460.
8. MIRA (2011) Milieuraapport Vlaanderen, Achtergrond-document 2011, Niet-ioniserende straling Verschaeve L, Brits E, Bossuyt M, et al.— *Vlaamse Milieumaatschappij*. www.milieuraapport.be - Consultation du 29 janvier 2015.

9. Du Four V, Ledent M, Lilien JL, et al.— How as a transmission system operator (TSO) to respond to the growing public concern on the potential health effects of ELF exposure ? in *Proceedings of the 2d International Conference on Extremely Low Frequency Electric and Magnetic fields*, 2011.
10. Claassen L, Bostrom A, Timmermans DRM.— Focal points for improving communications about electromagnetic fields and health : a mental models approach. *J Risk Res*, 2014, Nov 19;[Epub ahead of print]. <http://dx.doi.org/10.1080/13669877.2014.961519>.
11. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). *Health Phys*, 2010, **99**, 818-836.
12. Leitgeb N, Schroettner J, Cech R.— Electric current perception of the general population including children and the elderly. *J Med Eng Technol*, 2005, **29**, 215-218.
13. Barbier, PP.— Etude et justification des courants de contact induits par les lignes à haute tension dans le parc résidentiel belge et leurs incidences sur la population. Université de Liège, Doctorat en sciences de l'ingénieur, 2014. Retrieved from <http://bictel.ulg.ac.be/ETD-db/collection/available/ULgetd-09252014-094436/>
14. Kavet R.— Contact current hypothesis : summary of results to date. *Bioelectromagnetics*, 2005, **7**, S75-85.
15. Rubin GJ, Nieto-Hernandez R, Wessely S.— Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (formerly 'electromagnetic hypersensitivity'): an updated systematic review of provocation studies. *Bioelectromagnetics*, 2010, **1**, 1-11.
16. Bolte JFB, Baliatsas C, Eikelboom T, et al.— Everyday exposure to power frequency magnetic fields and associations with non-specific physical symptoms. *Environmental Pollution*, 2015, **196**, 224-229.
17. Foster KR, Rubin GJ.— Allergic to technology: Ethics and the "electrically hypersensitive" individual. *Ethics in Biology. Eng Med*, 2014, **5**, 39-50.
18. Brand S, Heller P, Bircher AJ, et al.— Patients with environment-related disorders : comprehensive results of interdisciplinary diagnostics. *Int J Hyg Environ Health*, 2009, **212**, 157-171.
19. Rubin GJ, Das Munshi J, Wessely S.— A systematic review of treatments for electromagnetic hypersensitivity. *Psychother Psychosom*, 2006, **75**, 12-18.

Les demandes de tirés à part sont à adresser au
Pr G. Scantamburlo, Service de Psychologie
médicale, CHU de Liège, 4000 Liège, Belgique.
Email : gabrielle.scantamburlo@chu.ulg.ac.be