

# **Revue des études épidémiologiques analysant les effets sur la santé des champs électriques et magnétiques de fréquence extrêmement basse (études publiées pendant le premier trimestre 2006)**

---

*Par le Dr. Maurits De Ridder*

*Unité de recherche en santé publique et médecine du travail*

*Université de Gand*

---

## **1. Revue de la littérature**

### **POWER FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS, MELATONIN AND THE RISK OF BREAST CANCER.**

**[Les champs électromagnétiques à la fréquence industrielle, la mélatonine et le risque de cancer du sein]**

*Documents of the Health Protection Agency- Series B: Radiation, Chemical and Environmental Hazards, RCE-1, February 2006.*

L'exposition aux champs électromagnétiques à la fréquence industrielle (CEM) est omniprésente dans la vie moderne. L'hypothèse selon laquelle l'exposition chronique aux CEM pourrait augmenter le risque de cancer du sein, par réduction de la sécrétion de l'hormone mélatonine dans l'épiphyse, a été émise pour la première fois il y a presque 20 ans et a conduit à de nombreuses recherches. Pour passer en revue cette hypothèse, ce rapport aborde les indications concernant trois problèmes, à savoir, si :

- (a) les CEM affectent la production ou l'action de la mélatonine,
- (b) la mélatonine a des effets sur le risque de cancer du sein,
- (c) les CEM ont des effets sur le risque de cancer du sein.

Les recherches au niveau cellulaire, animal ou humain n'ont pas apporté de preuves cohérentes ou convaincantes que l'exposition aux CEM affecte la production ou l'action de la mélatonine. Toutefois, des manques sont relevés dans les recherches existantes, ce qui laisse ouverte la possibilité d'un effet.

Il existe des indications plus importantes concernant l'inhibition par la mélatonine de la croissance des cellules cancéreuses en culture de laboratoire et chez l'animal. Les données sur la relation possible entre les niveaux de mélatonine et le risque résultant de cancer du sein chez l'homme sont limitées et peu probantes. Les études investiguant l'effet de l'exposition à la lumière (qui affecte la mélatonine) sur le risque de cancer du sein chez l'homme ont apporté quelques indications d'une association, mais ne permet pas de conclure à une relation de causalité, si l'association existe.

Il n'existe pas d'indication cohérente, à partir des recherches au niveau cellulaire, sur les animaux ou chez l'humain, pour conclure que l'exposition aux CEM est une cause de cancer du sein, d'autant qu'aucun mécanisme d'une telle association n'a été démontré.

Le rapport conclut par des recommandations pour les recherches futures.

Conclusion : d'une manière générale, les indications que la mélatonine, et le moment et la durée de l'exposition à la lumière, pourrait affecter le risque de cancer du sein, sont intrigantes, mais peu probantes. Dans l'ensemble, les indications à ce jour ne soutiennent pas l'hypothèse que l'exposition aux CEM à la fréquence industrielle a un effet sur les niveaux de mélatonine et le risque de cancer du sein.

**CHILDHOOD LEUKEMIA AND RESIDENTIAL MAGNETIC FIELDS: ARE POOLED ANALYSES MORE VALID THAN THE ORIGINAL STUDIES?**  
[Leucémie infantile et champs magnétiques résidentiels: les méta-analyses sont-elles plus valides que les études originales?]

Elwood J.M.

*Bioelectromagnetics* 2006; 27 : 112-118.

L'association vue dans les études épidémiologiques entre la leucémie infantile et l'intensité du champ magnétique dans la maison de l'enfant a eu de l'influence sur les rapports des groupes internationaux et sur les organismes mettant en place les normes. Cette association est habituellement basée sur les résultats de deux analyses combinées publiées, qui utilisent des définitions d'exposition différentes de celles de certaines des études originales. Toutefois, les résultats et les conclusions des analyses combinées diffèrent de ceux des 3 plus importantes études récentes, qui présentent la méthodologie la plus perfectionnée et représentent ensemble la majorité des cas exposés aux niveaux élevés recensés dans les analyses combinées. Ces études récentes, utilisant les méthodes d'exposition et les niveaux seuils posés a priori, concluent chacune qu'il y a une faible indication d'une association. Les analyses combinées, utilisant des mesures d'exposition différentes et des seuils différents, concluent qu'une association existe à des niveaux élevés d'exposition.

Conclusion: il n'est pas évident de dire si les résultats des analyses combinées sont plus valides que ceux des études principales récentes, bien que cela ait été souvent prétendu dans les revues influentes.

**MAGNETIC FIELD EXPOSURE AND CHILDHOOD LEUKAEMIA—MOVING THE RESEARCH AGENDA FORWARD**

[Exposition au champ magnétique et leucémie infantile - Faire avancer le programme des recherches]

Röösli M., Künzli N.

*Int J Epidemiol.* 2006; 35 : 407-408.

Une association entre la leucémie infantile et l'exposition aux champs magnétiques à la fréquence industrielle (EBF-CM) a été régulièrement décrite dans les revues de littérature de ce domaine de recherche. Néanmoins, la relation reste à démontrer car les risques ont été observés à des niveaux d'exposition où des effets biologiques ne sont pas supposés arriver. Les données des études sur les animaux sont pour la plupart négatives et il manque toujours un mécanisme biologique plausible et reproductible. Les études sur la leucémie à l'âge adulte sur des populations exposées professionnellement aux EBF-CM à des niveaux beaucoup plus élevés sont peu concluantes, bien qu'une tendance vers un risque accru parmi les travailleurs les plus exposés ait été notée par l'ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). Donc, le débat est en cours parmi les scientifiques pour savoir si l'association statistique observée entre l'incidence de la leucémie infantile et l'exposition résidentielle aux EBF-CM n'est pas avant tout due à des biais.

Trois sources principales de biais ont été identifiées comme potentiellement importantes dans ce domaine de recherche : les facteurs de confusion, une erreur de classification de l'exposition et les biais de sélection. Il a été montré précédemment que les facteurs de confusion dus à une corrélation inconnue, étiologiquement pertinente avec les niveaux d'EBF-CM (comme par exemple la densité de trafic) est peu probablement importante dans ce contexte. La classification erronée de l'exposition est probablement non différentielle et devrait entraîner une sous estimation de l'association réelle exposition-réponse.

Le travail de Mezei et Kheifets soutient l'hypothèse que l'association observée entre la leucémie infantile et l'exposition aux champs magnétiques des lignes à haute tension est peu probablement explicable par les biais de sélection.

**LEUKEMIA ATTRIBUTABLE TO RESIDENTIAL MAGNETIC FIELDS: RESULTS FROM ANALYSES ALLOWING FOR STUDY BIASES.**

**[Leucémies attribuable aux champs magnétiques résidentiels: les résultats des analyses tenant compte des biais des études]**

Greenland S., Kheifets L.  
*Risk Anal.* 2006; 26 : 471-482.

A peu près chaque étude épidémiologique sur les champs magnétiques résidentiels et de la leucémie infantile a montré une association positive. Néanmoins, parce que ces études souffrent de différentes limites méthodologiques et que l'on ne connaît pas de mécanismes d'action plausibles, on ne sait pas combien de ces associations, si elles existent, représentent une relation de cause à effet. De plus, parce que les associations observées sont faibles et impliquent seulement les niveaux d'exposition les plus élevés et les moins fréquents, on assume que l'impact sur la santé public serait faible. Les auteurs présentent certaines analyses formelles de l'impact de l'exposition aux champs magnétiques résidentiels à la fréquence du réseau (mesuré par des fractions attribuées), en tenant compte de nos incertitudes en matière de bien des études ainsi que des incertitudes concernant la distribution de l'exposition.

Ces analyses supportent l'idée que l'impact des champs résidentiels sur la santé public est probablement limité, mais que et l'absence d'impact et un impact important restent parmi les possibilités, à la lumière des données existantes.

**DO EXTREMELY LOW FREQUENCY MAGNETIC FIELDS ENHANCE THE EFFECTS OF ENVIRONMENTAL CARCINOGENS? A META-ANALYSIS OF EXPERIMENTAL STUDIES.**

**[Les champs magnétiques de fréquences extrêmement basses augmentent-ils les effets de carcinogènes présents dans l'environnement ? Une méta-analyse des études expérimentales.]**

Juutilainen J., Kumlin T., Naarala J.  
*Int J Radiat Biol.* 2006; 82 :1-12.

Cet article est une méta-analyse réunissant les données d'études in vitro et à court terme sur l'animal qui ont étudié les effets combinés des champs magnétiques de fréquences extrêmement basses avec des carcinogènes connus ou d'autres agents physiques ou chimiques toxiques.

Les données ont été analysées en réalisant une comparaison systématique des caractéristiques des études positives et négatives, afin de révéler un possible modèle cohérent.

La majorité des études revues sont positives, suggérant que les champs magnétiques interagissent vraiment avec d'autres expositions physiques ou chimiques. Le biais de publication est peu probablement à même d'expliquer les résultats. Il est intéressant de noter qu'une relation « dose-réponse » non linéaire a été trouvée, avec un pourcentage très faible d'études positives pour des champs entre 1 et 3mT. Le mécanisme des paires de radicaux (effets du champ magnétique sur la recombinaison des radicaux libres (en paires de radicaux)) est un bon candidat comme mécanisme explicatif de la relation dose-réponse biphasique observée dans la présente analyse.

Conclusion: La plupart des études analysées ont utilisé des champs magnétiques de 100 microT ou plus, ce qui fait que les résultats ne sont pas directement pertinents pour expliquer les résultats des études épidémiologiques qui suggèrent une augmentation du risque de leucémie infantile au delà de 0.4 microT. Toutefois, des effets négatifs confirmés, même à des intensités supérieures à 100 microT, devraient avoir des retombées sur l'évaluation et la gestion du risque, en incluant la nécessité de reconsidérer les limites d'exposition aux champs magnétiques. Il existe un besoin évident d'études analysant plus avant les effets combinés avec les champs magnétiques.

## 2. Exposition résidentielle

### **CHILDHOOD LEUKEMIA AND MAGNETIC FIELDS IN JAPAN: A CASE-CONTROL STUDY OF CHILDHOOD LEUKEMIA AND RESIDENTIAL POWER-FREQUENCY MAGNETIC FIELDS IN JAPAN.**

**[Leucémie infantile et champs magnétiques au Japon: Une étude cas-témoin de la leucémie infantile et des champs magnétiques à la fréquence du réseau au Japon.]**

Kabuto M., Nitta H., Yamamoto S., Yamaguchi N., Akiba S., Honda Y., Hagihara J., Isaka K., Saito T., Ojima T., Nakamura Y., Mizoue T., Ito S., Eboshida A., Yamazaki S., Sokejima S., Kurokawa Y., Kubo O.

*Int J Cancer 2006 [Epub ahead of print]*

Les champs magnétiques résidentiels à la fréquence du réseau (CM) ont été classés comme carcinogène possible pour l'homme par le groupe de travail du Centre Internationale de Recherche sur le Cancer (CIRC ou IRAC en anglais). En réponse aux inquiétudes du public, l'Organisation Mondiale de la Santé préconise que des recherches soient réalisées dans des régions présentant de forts niveaux d'exposition, comme au Japon. Les auteurs ont mené une étude cas-témoin sur la population générale, qui inclut des régions habitées par 54% des enfants japonais. Ils ont analysé 312 enfants de 0 à 15 ans dont on a diagnostiqué entre 1999 et 2001 (2.3 ans) une leucémie lymphoblastique aigue (ALL) ou une leucémie myéloïde aigue (AML) entre 1999 et 2001 et 603 enfants contrôles présentant des caractéristiques similaires en terme de genre, d'âge et de localisation résidentielle. Les niveaux moyens hebdomadaires de CM ont été déterminés dans la chambre des enfants. Les mesures de CM dans les groupes cas et témoins ont été réalisées à la même période afin de tenir compte des variations saisonnières. L'association a été évaluée sur base de modèles de régression logistique conditionnels. Les odd ratio pour les enfants ayant des niveaux de CM égaux ou supérieurs à 0.4 microT comparés à ceux de la catégorie de référence (CM plus petit que 0.1 microT) étaient de 2.6 (95% CI = 0.76-8.6) pour AML + ALL et 4.7 (1.15-19.0) pour ALL seul.

Les résultats n'ont pas été beaucoup modifiés par la prise en compte de quelques facteurs de confusion possibles. Même une analyse dans laquelle les biais de sélection étaient maximisés n'a pas permis de totalement expliquer l'association. La plupart des cas de leucémie dans la catégorie d'exposition la plus élevée était exposée à des niveaux bien plus importants que 0.4 microT.

Conclusion: Ces résultats apportent des indications supplémentaire que l'exposition à des intensités élevées de CM est associée à un risque accru de leucémie infantile, particulièrement d'ALL.

## **MAGNETIC FIELD EXPOSURE AND LONG-TERM SURVIVAL AMONG CHILDREN WITH LEUKAEMIA.**

### **Exposition au champ magnétique et survie à long terme parmi les enfants atteints de leucémie**

Foliart D.E., Pollock B.H., Mezei G., Iriye R., Silva J.M., Ebi KL, Kheifets L, Link MP, Kavet R.

*Br J Cancer* 2006; 94 : 161-164.

Les auteurs ont analysé l'association entre l'exposition au champ magnétique (CM) et la survie parmi des enfants atteints de leucémie lymphoblastique aigüe (ALL) traités dans 51 centres du Pediatric Oncology Group entre 1996 et 2001. Des 1672 enfants potentiellement éligibles, sous traitement, 482 (29%) ont participé et des mesures individuelles sur 24h de CM ont été obtenues pour 412 participants. Un total de 386 enfants avec ALL et 366 avec ALL (B precursor) ont été inclus dans l'analyse de survie sans événement (durée entre le diagnostic et le premier échec de traitement, la rechute, une malignité secondaire ou le décès) et la survie en général. Après ajustement pour les groupes à risque et le statut socio économique, le ratio des chances de survie sans événement (HR) pour des enfants exposés à des intensités supérieures ou égales à 0.3 microT était de 1.9 (95% intervalle de confiance (CI) 0.8, 4.9), en comparaison à ceux exposés à moins de 0.1 microT.

Pour la survie, des HR plus élevés ont été obtenus pour des enfants exposés à des intensités supérieures ou égales à 0.3 microT (HR multivarié= 4.5, intervalle de confiance à 95% 1.5-13.8) mais ce résultat est basé sur seulement 4 décès parmi 19 enfants.

Conclusion: Alors que le risque est augmenté parmi les enfants exposés à des intensités supérieures à 0.3 microT, le faible nombre de cas limite l'interprétation de ces résultats.

### **3. Exposition professionnelle**

#### **OCCUPATIONAL EXPOSURE TO POWER FREQUENCY MAGNETIC FIELDS AND RISK OF NON-HODGKIN LYMPHOMA.**

##### **Exposition professionnelle aux champs magnétiques à la fréquence industrielle et risque de lymphome non-hodgkin**

Karipidis K.K., Benke G., Sim M., Fritchi L., Yost M., Armstrong B., Hughes A.M., Grulich A., Vajdic C.M., Kaldor J.M., Kricker A.

*Occup Environ Med. Published online 21 mar 2006*

L'objectif de cette étude cas-témoin sur la population était d'investiguer le risque de lymphome non hodgkin en utilisant la classification de l'exposition des professions (JEM) pour évaluer les niveaux d'exposition professionnelle aux champs magnétiques à la fréquence industrielle (50/60Hz).

La population étudiée comprenait 694 cas de NHL, diagnostiqués entre le 1<sup>er</sup> janvier 2000 et le 31 août 2001 et 694 contrôles provenant de 2 régions en Australie appariés pour l'âge, le sexe et la région de résidence. Un historique professionnel détaillé a été rapporté pour chacun des sujets. L'exposition aux champs magnétiques à la fréquence industrielle a été estimée en utilisant un JEM de la population générale, spécifiquement développé aux Etats-Unis pour évaluer l'exposition professionnelle aux champs magnétiques. La distribution de l'exposition cumulée a été divisée en

quartile et les odd ratio ajustés ont été calculés en utilisant le plus faible quartile comme groupe de référence.

Pour l'historique professionnel total, l'odd ration (OR) pour les travailleurs du quartile le plus élevés (les plus exposés) était de 1.48 (Intervalle de confiance à 95%= 1.02 à 2.16) par rapport au groupe de référence (p = 0.006). Quand l'exposition était regroupée par 5 ans l'OR était de 1.59 (Intervalle de confiance à 95% = 1.07 à 2.36 (p = 0.003). L'ajustement pour les autres expositions professionnelles n'a pas modifié significativement les résultats.

Conclusion: Ces résultats apportent un faible support à l'hypothèse que l'exposition professionnelle aux champs magnétiques 50/60 Hz augmente le risque de NHL.

**OCCUPATIONAL MAGNETIC FIELD EXPOSURE AND THE RISK OF ACOUSTIC NEUROMA.  
Exposition professionnelle aux champs magnétiques et risque de neurinome de l'acoustique**

Forssen U.M., Lonn S., Ahlbom A., Savitz D.A., Feychting M.  
*Am J Ind Med.* 2006; 49 : 112-118.

Le neurinome de l'acoustique est un sous type de tumeur intracrânienne présentant le risque relatif le plus élevé en relation avec les radiations ionisantes mais d'autres facteurs de risque environnementaux sont largement méconnus. Cette étude a été réalisée pour investiguer les effets des champs magnétiques à la fréquence industrielle. Un total de 793 cas entre 1987 et 1999 ont été identifiés via le registre suédois de cancer et 101 762 contrôles ont été aléatoirement sélectionnés dans la population générale. Des informations sur la profession ont été obtenues à partir de recensements et liées à la classification des expositions professionnelles en fonction du sexe. La classification est basée sur des mesures réelles d'exposition aux champs magnétiques 50 Hz.

Les auteurs ont investigué la relation entre le diagnostic de cancer et l'exposition aux champs magnétiques mesurée par les moyennes temporelles, les valeurs crêtes et le taux de variation de l'exposition aux champs magnétiques dans différentes fenêtres temporelles (à différents moments). Ils n'ont pas trouvé d'augmentation du risque en regard des mesures d'exposition ou de la fenêtre temporelle.

Cette étude est la plus grande jamais réalisée sur le neurinome de l'acoustique et la première étude à évaluer ce sous-type de tumeur en relation avec les champs magnétiques de fréquences extrêmement basses. Les résultats ne soutiennent pas l'hypothèse d'une augmentation du risque de neurinome de l'acoustique par les champs magnétiques 50 Hz.

**PHYSICAL ACTIVITY AND MAGNETIC FIELD EXPOSURE IN PREGNANCY.**

**Activité physique et exposition aux champs magnétiques pendant la grossesse**  
Savitz D.A., Herring A.H., Mezei G., Evenson K.R., Terry J.W. Jr, Kavet R.  
*Epidemiology* 2006;17 : 222-225.

L'exposition crête aux champs magnétiques a été associée à une augmentation du risque de fausses couches dans deux études récentes. La diminution des niveaux d'activités physiques des grossesses sans problème de santé pourrait affecter l'exposition mesurée et ainsi biaiser les résultats.

Les auteurs ont recruté 100 femmes enceintes qui ont porté un accéléromètre Actigraph et un enregistreur de champ magnétique EMDEX pendant 7 jours. Ils ont

évalué l'association entre l'activité physique et l'exposition aux champs magnétiques (moyenne pondérée dans le temps et valeur crête) sur base d'équations d'estimation généralisées et de modèles mixtes linéaires.

Ils ont trouvé une association positive entre le niveau d'activité physique et la probabilité de s'exposer à des niveaux élevés dans l'analyse personne-jour, plus fortement pour les seuils de 16 ou 20 milliGauss, aussi bien chez les femmes professionnellement actives que celles non actives parmi lesquelles un odd ratio dans le quartile le plus élevé s'étend entre 2.1 et 2.6. Une association positive a été obtenue dans l'analyse personne-minute seulement parmi les femmes non professionnellement actives.

Conclusion: L'activité physique pourrait affecter le pic d'exposition aux champs magnétiques. Si les nausées des premiers mois et l'encombrement des derniers mois des grossesses sans problème amènent à réduire l'activité physique, cela pourrait fausser les associations entre les champs magnétiques mesurés et les résultats de santé.

#### **4. Etudes expérimentales humaines**

##### **EFFECTS OF 50 HZ MAGNETIC FIELD EXPOSURE ON HUMAN HEART RATE VARIABILITY WITH PASSIVE TILTING.**

**Effets de l'exposition aux champs magnétiques 50 Hz sur la variabilité cardiaque de l'homme avec inclinaison passive.**

Sait M.L., Wood A.W., Kirsner R.L.

*Physiol Meas.* 2006; 27 : 73-83.

La question de savoir si les champs magnétiques à la fréquence industrielle à des niveaux susceptibles d'être rencontrés au niveau professionnel peut avoir un effet sur le rythme cardiaque reste controversée. Parce que les effets rapportés sur la fréquence cardiaque (FC) sont très faibles, les procédures destinées à modifier l'équilibre vagosympathique d'une manière contrôlée devraient permettre une plus grande capacité à identifier des changements subtils en relation avec les champs, s'ils existent. Les auteurs ont analysé la FC et les indices spectraux de variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) chez 20 volontaires soumis à une inclinaison de 60° à partir de la position couchée, tête en haut. La procédure d'inclinaison a été réalisée sous deux conditions : la première, avec champ (28 microT en résultante, polarisé circulairement) et la seconde, simulée, en double aveugle. Les sujets devaient respirer régulièrement en phase avec un signal sonore émis toutes les 2.5 secondes.

Conclusion: bien que des changements significatifs anticipés de FC et de haute fréquence (HF), basse fréquence (BF) et du ratio BF/HF (transformé en logarithme) apparaissent avec l'inclinaison, il n'y a pas de différence significative entre les mesures correspondantes réalisées avec exposition et sans exposition (respectivement ratio BF/HF 0.94+/-0.19 et 0.95+/-0.2 avec et sans champ). Il n'y a pas d'indication d'une altération du spectre en relation avec les champs quand la période suivant l'inclinaison était divisée en 3 périodes de 256 secondes.

**TRANSIENT EFFECT OF LOW-INTENSITY MAGNETIC FIELD ON HUMAN MOTOR CONTROL.**

**Effet transitoire du champ magnétique de faible intensité sur le contrôle moteur humain**

Legros A., Gaillot P., Beuter A.

*Med Eng Phys. 2006; [Epub ahead of print]*

Il n'y a pas de consensus sur comment les champs magnétiques (CM) de fréquences extrêmement basses (EBF) affectent les systèmes biologiques. Toutefois, cette information est cruciale dans l'établissement de nouvelles recommandations pour : (i) le nouveau design des appareils électroniques, (ii) les conditions de travail des travailleurs exposés (par exemple, les ouvriers de ligne), et, d'une manière générale (iii) les politiques de gestion du risque humain. Cette étude évalue les effets d'un champ magnétique sinusoïdal 50 Hz d'une intensité de 1000 microT centré au niveau de la tête sur le tremblement d'attitude de l'index, en utilisant la méthode d'analyse par ondelettes. En complément de la détection d'événements transitoires, sur les séries chronologiques de tremblement avec le champ magnétique, cette méthode a été utilisée pour évaluer les différences entre les conditions de champ on et off et entre l'exposition réelle et simulée selon un protocole contrebalancé. Les résultats indiquent que ni les événements transitoires, ni les effets de transition « off-on » ou « on-off » du CM n'étaient présents dans les séries chronologiques de tremblement d'attitude. Étonnamment, une diminution significative inattendue de la puissance moyenne des tremblements en fonction du temps a été notée au cours des 20 secondes d'enregistrement. De façon intéressante, cet effet était significativement plus prononcé en présence de champs magnétiques.

**Conclusion:** Ces résultats suggèrent un effet relaxant des champs magnétiques EBF sur le contrôle moteur résultant en une atténuation de l'intensité du tremblement d'attitude.