

# 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 2016)

---

Par le Dr. Maurits De Ridder

Unité de recherche en santé publique et médecine du travail

Université de Gand

---

## 1. Revue de la littérature

### **EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC FIELD EXPOSURE ON THE HEART: A SYSTEMATIC REVIEW.**

[Effets de l'exposition aux champs électromagnétiques sur le cœur: une revue systématique de la littérature.]

Elmas O.

*Toxicol Ind Health.* 2016;32(1):76-82

L'utilisation des appareils électriques a continuellement augmenté au cours du siècle dernier, et les scientifiques ont suggéré que les champs électromagnétiques (CEM) générés par de tels appareils pourraient avoir des effets dangereux sur les êtres vivants. Les auteurs ont mené une revue systématique des publications scientifiques sur les effets des CEM sur le cœur. La plupart des travaux sont centrés sur les fréquences 50-60 Hz, et aucun consensus quant aux effets négatifs de l'exposition aux champs électromagnétiques 50-60 Hz à court ou à long terme sur le cœur n'a pu être dégagé. Les différences entre les études pourraient être dues à une réponse compensatoire développée par le corps au cours du temps. A des intensités plus élevées ou des expositions plus courtes, la capacité du corps à développer des mécanismes de compensation est réduite et la possibilité d'effets cardiaques augmente. Il faut noter que des maladies des tissus cardiaques telles que l'ischémie du myocarde peuvent également être traitées avec succès au moyen des CEM.

Conclusion : Malgré le volume important de données qui ont été recueillies sur les effets cardiaques des CEM, des études supplémentaires sont nécessaires au niveau cellulaire et moléculaire pour clarifier complètement le sujet.

### **EXPOSURE TO POWER-FREQUENCY MAGNETIC FIELDS AND THE RISK OF INFERTILITY AND ADVERSE PREGNANCY OUTCOMES: UPDATE ON THE HUMAN EVIDENCE AND RECOMMENDATIONS FOR FUTURE STUDY DESIGNS.**

[Exposition aux champs magnétiques à la fréquence du réseau et risque d'infertilité et d'issues indésirables de grossesse: Actualisation des données et recommandations pour les études futures.]

Lewis RC, Hauser R, Maynard AD, Neitzel RL, Wang L, Kavet R, Meeker JD.

*J Toxicol Environ Health B Crit Rev.* 2016;19(1):29-45.

L'infertilité et les issues indésirables de grossesse sont des problèmes importants de santé publique de prévalence mondiale. Ces 35 dernières années, la recherche a abordé la question du rôle de l'exposition aux champs magnétiques à la fréquence du réseau. Toutefois, aucune revue rigoureuse de la littérature scientifique n'a été publiée depuis près de 15 ans.

Cette revue de littérature apporte une vue d'ensemble et une analyse critique des études chez l'homme qui ont été publiées dans des revues scientifiques avec comité de lecture entre 2002 et juillet 2015. A l'aide de PubMed, 13 études épidémiologiques centrées sur l'exposition aux champs magnétiques et des effets indésirables en prénatal (par exemple fausses-couches), en néonatal (par exemple naissance prématurée ou malformations congénitales) et au niveau de la fertilité masculine (par exemple sperme de mauvaise qualité) ont été identifiées. Certaines de ces études rapportent des associations alors que d'autres non. Des limites dans la conception des études pourraient expliquer ces incohérences. De nouvelles études doivent être conçues en tenant compte de ces limites afin de combler les lacunes. En particulier, les questions suivantes sont discutées : (1) importance de sélectionner la population appropriée, (2) besoin de prendre en compte des facteurs de confusion liés à une activité physique non mesurée, (3) importance de minimiser les biais d'information liés à une erreur de mesure de l'exposition, (4) utilisation de différents métriques d'exposition aux champs magnétiques et (5) implications et applications des données personnelles d'exposition corrélées dans les couples hommes-femmes.

Conclusions : Etant donné la quasi omniprésence des champs magnétiques à la fréquence du réseau, des recherches épidémiologiques supplémentaires sont nécessaires.

## 2. Exposition résidentielle

### **NOCEBO RESPONSES TO HIGH-VOLTAGE POWER LINES: EVIDENCE FROM A PROSPECTIVE FIELD STUDY.**

**[Réponses nocebo aux lignes à haute tension: les résultats d'une étude prospective.]**

Porsius JT, Claassen L, Woudenberg F, Smid T, Timmermans DR.

*Sci Total Environ.* 2016;543(Pt A):432-328.

Les études expérimentales suggèrent que des réponses nocebo pourraient survenir après exposition à des équipements générant des champs électromagnétiques comme les lignes à haute tension (LHT) ou les stations de base de téléphonie mobile.

Cette étude analyse dans quelle mesure des plaintes de santé liées à une nouvelle ligne peuvent être expliquées par les croyances des riverains quant aux effets sur la santé de ces lignes.

Les auteurs ont mené une étude prospective avec deux pré-tests pendant la phase de construction de la nouvelle LHT et deux posttests après que la ligne ait été mise en service. Les riverains proches (0-300m, n=229 ; 300-500m, n=489) et plus éloignés (500-2000m, n=536) ont complété des questionnaires sur leur santé et leurs croyances à propos des effets négatifs des LHT. Des modèles de médiation longitudinale ont été appliqués pour analyser dans quelle mesure les croyances pouvaient expliquer un changement dans les reports de symptômes après la mise en service de la ligne.

Des effets indirects significatifs liés à la proximité ( $p < .01$ ) ont été trouvés sur l'augmentation du report de symptômes cognitifs ( $R^2 = 0,41$ ) et somatiques ( $R^2 = 0,79$ ) après la mise en service de la ligne par le biais d'un renforcement de la croyance des effets négatifs sur la santé. Les effets directs liés à la proximité sur une augmentation des symptômes rapportés ne sont pas significatifs.

Conclusions : Ces résultats suggèrent que l'augmentation des plaintes de santé après mise en service d'une ligne pourrait être expliquée par des mécanismes nocebo. Des études ultérieures sont nécessaires pour savoir si ces résultats sont généralisables à d'autres questions de santé environnementale dans une communauté.

### **3. Exposition professionnelle**

#### **OCCUPATIONAL EXPOSURE TO MAGNETIC FIELDS AND BREAST CANCER AMONG CANADIAN MEN.**

**[Exposition professionnelle aux champs magnétiques et cancer du sein chez les hommes au Canada.]**

Grundy A, Harris SA, Demers PA, Johnson KC, Agnew DA; Canadian Cancer Registries Epidemiology Research Group, Villeneuve PJ.  
*Cancer Med.* 2016;5(3):586-596.

L'exposition professionnelle aux champs magnétiques (CM) pourrait être un facteur de risque de cancer du sein chez les hommes et les femmes. En raison de la rareté de cette maladie chez les hommes, la plupart des études épidémiologiques analysant cette relation sont limitées par la petite taille de l'échantillon. Ici, le regroupement de plusieurs mesures d'exposition professionnelle aux CM avec le cancer du sein chez les hommes a été étudié à l'aide des données de Canadian National Enhanced Cancer Surveillance System.

L'historique des antécédents professionnels a été fourni par 115 cas et 570 contrôles. L'exposition moyenne aux CM a été classée en trois catégories (<0,3, 0,3 à <0,6 ou ≥ 0,6 μT) par un expert non informé des antécédents professionnels des participants.

L'impact sur le risque de cancer de la moyenne la plus élevée et de l'exposition cumulée, ainsi que de la durée d'exposition et de fenêtres spécifiques exposition-temps, a été examiné par régression logistique. Les cas étaient proportionnellement plus nombreux (25%) que les témoins (22%) à être exposés en moyenne à des valeurs de CM ≥0,3 μT. Un risque accru de cancer du sein chez les hommes qui ont été exposés à ≥ 0,6 μT (odds ratio [OR] = 1,80, IC à 95% = 0,82 à 3,95) par rapport à ceux exposés à <0,3 μT a été trouvé. Ceux qui ont été exposés à des CM professionnels pendant au moins 30 ans avaient un risque quasi triplé de cancer du sein (OR = 2,77, IC à 95% = 0,98 à 7,82) par rapport à ceux ayant des niveaux d'exposition de fond. Les résultats des autres variables de CM liées au temps étaient contradictoires.

Conclusion : Cette analyse fournit un support limité à l'hypothèse selon laquelle l'exposition aux CM augmenterait le risque de cancer du sein chez l'homme.

#### **EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC FIELDS EXPOSURE ON PLASMA HORMONAL AND INFLAMMATORY PATHWAY BIOMARKERS IN MALE WORKERS OF A POWER PLANT.**

**[Effets de l'exposition aux champs électromagnétiques sur les hormones et des marqueurs plasmatiques de l'inflammation de travailleurs masculins d'une centrale électrique.]**

Wang Z, Fei Y, Liu H, Zheng S, Ding Z, Jin W, Pan Y, Chen Z, Wang L, Chen G, Xu Z, Zhu Y, Yu Y.  
*Int Arch Occup Environ Health.* 2016;89(1):33-42.

L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets de l'exposition aux CEM sur les niveaux plasmatiques d'hormones et de marqueurs de l'inflammation de travailleurs

masculins d'une centrale électrique. 77 hommes fortement exposés aux CEM et 77 hommes peu exposés, appariés selon l'âge, ont été sélectionnés pour participer à cette étude transversale. De plus, le groupe fortement exposé utilisait des talkies-walkies et étaient soumis aux CEM à la fréquence du réseau sur leur lieu de travail depuis plus longtemps que le groupe contrôle. Un questionnaire a été administré de manière à obtenir les informations suivantes : données sociodémographiques, style de vie et expositions aux CEM. Les niveaux plasmatiques de testostérone, œstradiol, mélatonine, NF-κB, heat-shock protein (HSP) 70, HSP27 et TET1 ont été déterminés par immuno-absorption enzymatique (ELISA).

Le groupe exposé présentait des concentrations statistiquement plus faibles de testostérone ( $\beta = -0.3$  nmol/L,  $P = 0.015$ ), ratio testostérone/œstradiol (T/E2) ( $\beta = -15.6$ ,  $P = 0.037$ ), et NF-κB ( $\beta = -20.8$  ng/L,  $P = 0.045$ ) que le groupe contrôle. De plus, des effets combinés entre l'exposition professionnelle aux CEM et la durée de l'emploi, les frais de téléphonie mobile, le nombre d'années d'utilisation du téléphone et les factures d'électricité sur les concentrations en testostérone et le ratio T/E2 ont été observés. Néanmoins, aucune association statistiquement significative n'a été relevée avec les niveaux plasmatiques d'œstradiol, mélatonine, HSP70 et TET1.

Conclusions : Les résultats montrent qu'une exposition chronique aux CEM pourrait diminuer les niveaux plasmatiques de testostérone et le ratio T/E2 chez les hommes, et peut-être affecter les fonctions reproductrices. Aucune association entre l'exposition aux CEM et les marqueurs de l'inflammation n'a été trouvée.

#### **4. Etudes expérimentales chez l'homme**

##### **LOW INTENSITY MAGNETIC FIELD INFLUENCES SHORT-TERM MEMORY: A STUDY IN A GROUP OF HEALTHY STUDENTS.**

**[Un champ magnétique de faible intensité influence la mémoire à court terme: une étude dans un groupe d'étudiants en bonne santé.]**

Navarro EA, Gomez-Perretta C, Montes F.

*Bioelectromagnetics. 2016;37:37-48.*

Cette étude cherche à comprendre si un stimulus magnétique externe (2 kHz et environ 0,1  $\mu$ T appliqué près du cortex frontal) influence la mémoire de travail, la perception, la décision binaire, l'exécution motrice et l'attention soutenue chez les hommes. Un stimulus magnétique et un stimulus contrôle ont été appliqués des deux côtés de la tête (cortex frontal proche de l'aire temporo-pariétale) chez de jeunes hommes en bonne santé ( $n=65$ ) alors qu'ils exécutaient le test de balayage de Sternberg (Sternberg's memory scanning task). Un changement significatif du temps de réaction a été relevé. Les temps enregistrés pour la perception, l'attention soutenue et l'exécution motrice étaient plus faibles chez les sujets exposés ( $P < 0,01$ ). Toutefois, le temps employé dans la décision binaire augmente chez les sujets exposés.

Conclusions : il semble qu'une exposition de faible intensité à une fréquence de 2 kHz modifie la mémoire de travail à court terme, ainsi que la perception, la décision binaire, l'exécution motrice et l'attention soutenue.

**DOES ELECTROMAGNETIC HYPERSENSITIVITY ORIGINATE FROM NOCEBO RESPONSES? INDICATIONS FROM A QUALITATIVE STUDY.**

**[Des effets de type nocebo seraient-ils à l'origine de l'hypersensibilité électromagnétique ? Les résultats d'une étude qualitative.]**

Dieudonné M.

*Bioelectromagnetics. 2016;37(1):14-24.*

L'Intolérance Environnementale Idiopathique avec attribution aux Champs Electromagnétiques (IEI-CEM) est un état dans lequel des symptômes sont attribués à l'exposition aux CEM. Comme il a été observé de manière répétée, lors de tests de provocation, que les personnes électro-hypersensible rapportaient des symptômes suite à une exposition perçue plutôt que réelle, l'hypothèse émise serait que IEI-CEM aurait comme origine des mécanismes psychologiques, en particulier des effets nocebo. Cet article analyse cette hypothèse à l'aide de données d'une étude qualitative ayant comme objectif de comprendre comment les personnes EHS en viennent à se considérer comme tel. Quarante personnes EHS auto-déclarées ont été interrogées. Un modèle type du processus d'attribution a été élaboré, de manière inductive, à partir de leurs récits. Ce modèle est linéaire et composé de 7 étapes : (1) Début des symptômes ; (2) Incapacité à trouver une solution; (3) Découverte de l'électrosensibilité; (4) Récolte d'information sur le sujet ; (5) Emergence implicite de la conviction ; (6) Expérimentation ; (7) Acceptation consciente de la conviction.

Conclusions : Généralement des symptômes apparaissent avant que les sujets ne commencent à se poser des questions sur les effets des CEM sur leur santé, ce qui ne corrobore pas l'hypothèse d'une origine nocebo liée à l'exposition perçue. Toutefois, de telles réponses pourraient intervenir lors de la 7<sup>e</sup> étape du processus, renforçant potentiellement l'attribution. Il reste possible que certains cas d'IEI-CEM proviennent d'autres mécanismes psychologiques.

**POSSIBLE INFLUENCES OF SPARK DISCHARGES ON CARDIAC PACEMAKERS.**

**[Influences possibles des décharges électriques sur les stimulateurs cardiaques.]**

Korpinen L, Kuisti H, Tarao H, Virtanen V, Pääkkönen R, Dovan T, Kavet R.

*Health Phys. 2016;110(1):1-10.*

L'exposition aux décharges électriques peut se produire sous les lignes de transport à haute tension lorsqu'un objet conducteur (par exemple un véhicule) est soumis aux champs électriques générés par la ligne. L'objectif de cette étude était d'évaluer si ces expositions pourraient interférer avec le fonctionnement normal des pacemakers. L'expérience a consisté à implanter des pacemakers dans un modèle de taille humaine, puis à l'exposer aux décharges électriques. Un circuit a été conçu pour produire des décharges électriques entre deux électrodes sphériques placées au niveau de la main gauche du modèle. Le circuit a été réglé pour délivrer une seule décharge d'environ 10 µs par demi-cycle (toutes les 10 ms) avec un courant pic de 1,2-1,3 A, simulant ainsi les conditions sous une ligne électrique de 400 kV fonctionnant à 50 Hz. Les 29 pacemakers ont tous été testés en configuration unipolaire et 20 en configuration bipolaire avec 2 min d'exposition continue (un pacemaker a été exposé pendant 1 min).

Conclusions : Aucune interférence n'a été observée en mode bipolaire. Un appareil en configuration unipolaire a mal identifié des extrasystoles ventriculaires (plus de 400 battements / min) pendant 2 s. L'utilisation de la configuration unipolaire étant extrêmement rare pour les nouveaux implants, le risque d'interférence est minime. Il est recommandé de répliquer l'étude et, si la sécurité des sujets est assurée, de réaliser les tests sur des personnes.

## **5. Evaluation de l'exposition**

### **PERSONAL POWER-FREQUENCY MAGNETIC FIELD EXPOSURE IN WOMEN RECRUITED AT AN INFERTILITY CLINIC: ASSOCIATION WITH PHYSICAL ACTIVITY AND TEMPORAL VARIABILITY.**

**[Exposition aux champs magnétiques à la fréquence du réseau de femmes recrutées dans une clinique de la fertilité.]**

Lewis RC, Hauser R, Wang L, Kavet R, Meeker JD.

*Radiat Prot Dosimetry. 2016;168(4):478-488.*

Les approches épidémiologiques actuelles étudiant l'exposition aux champs magnétiques à la fréquence du réseau et le risque de fausses-couches sont potentiellement biaisées par un manque d'attention de la relation entre l'exposition et l'activité physique ainsi que par la variabilité intra-individuelle de l'exposition au cours du temps. Cette étude analyse ces deux questions à l'aide de données d'une étude pilote longitudinale impliquant 40 femmes recrutées dans une clinique de la fertilité qui ont fourni des données sur 3 périodes de 24h, séparées par une médiane de 3,6 semaines.

L'activité physique a été positivement associée aux expositions maximales. Les activités physiques les plus importantes à l'intérieur d'environnements n'entraînent pas nécessairement des expositions plus importantes, ce qui laisse à penser que le déplacement entre les environnements, et non à l'intérieur, augmente la probabilité de se trouver à proximité de sources de champs élevés.

Conclusions : Des études épidémiologiques ultérieures associées aux expositions maximales devraient être ajustées selon le niveau d'activité physique et enregistrer plus d'un jour d'exposition afin de réduire les biais.

## **6. Etudes de la leucémie infantile**

### **PARENTAL, IN UTERO, AND EARLY-LIFE EXPOSURE TO BENZENE AND THE RISK OF CHILDHOOD LEUKEMIA: A META-ANALYSIS.**

**[Exposition des parents, in utéro et dans la prime enfance au benzène et risque de leucémie infantile: une méta-analyse.]**

Carlos-Wallace FM, Zhang L, Smith MT, Rader G, Steinmaus C.

*Am J Epidemiol. 2016;183(1):1-14.*

Le benzène est un facteur connu dans la leucémie de l'adulte, mais son rôle dans la leucémie infantile reste flou. Les auteurs ont mené une méta-analyse dans laquelle ils ont analysé la littérature épidémiologique sur le sujet et ont exploré les inférences causales, les biais et l'hétérogénéité. Les données d'exposition qui ont été évaluées incluent l'utilisation professionnelle et domestique de benzènes et de solvants, la densité de trafic et la pollution de l'air liée au trafic.

Dans les études de l'exposition professionnelle et domestique publiées entre 1987 et 2014, le risque relatif global de leucémie infantile était de 1,96 (intervalle de confiance 95% (IC): 1,53, 2,52; n = 20). Dans ces études, le risque relatif global était plus élevé pour la leucémie myéloïde aiguë (risque relatif global (RRg) = 2,34, IC à 95%: 1,72, 3,18; n = 6) que pour la leucémie lymphoblastique aiguë (RRg = 1,57; IC à 95%: 1,21, 2,05, n = 14). Le risque relatif global était plus élevé pour l'exposition de la mère que du

père, dans les études qui ont évalué le benzène par rapport à tous les solvants, et dans les études d'exposition pendant la gestation.

Dans les études de la densité du trafic ou de la pollution de l'air liée au trafic, publiées entre 1999 et 2014, le risque relatif global était de 1,48 (IC à 95%: 1,10, 1,99; n = 12); il était plus élevé pour la leucémie myéloïde aiguë (RRg = 2,07; IC à 95%: 1,34, 3,20) que pour la leucémie lymphoblastique aiguë (RRg = 1,49; IC à 95%: 1,07, 2,08) et dans les études impliquant des modèles détaillés de la pollution liée au trafic (RRg = 1,70; IC à 95%: 1.16, 2.49).

Conclusions : Globalement, certaines indications d'associations entre la leucémie infantile et différents facteurs permettant d'estimer l'exposition au benzène ont été identifiées.

**TRAFFIC-RELATED AIR POLLUTION AND CHILDHOOD ACUTE LEUKEMIA IN OKLAHOMA.**

**[Pollution de l'air liée au trafic et leucémie aiguë infantile à Oklahoma.]**

Janitz AE, Campbell JE, Magzamen S, Pate A, Stoner JA, Peck JD.

*Environ Res. 2016;148:102-111.*

La pollution de l'air ambiant a été classée dans le groupe 1 (cancérogène), mais les études n'ont pas établi une association entre la pollution de l'air liée au trafic et la leucémie. L'objectif de cette étude était de déterminer si les enfants atteints de leucémie aiguë étaient plus exposés à cette pollution à la naissance que des contrôles.

Les auteurs ont mené une étude cas-témoins à partir du Registre des cancers d'Oklahoma dans le but d'identifier les enfants malades, diagnostiqués avant l'âge de 20 ans, entre 1997 et 2012 (n=307). Les contrôles ont été sélectionnés à partir des certificats de naissance et appariés aux malades selon la semaine de naissance (n=1013). A l'aide d'un nouveau modèle d'analyse du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et de l'estimation de la densité des routes, l'association entre la pollution de l'air liée au trafic et la leucémie infantile a été évaluée en utilisant une régression logistique conditionnelle.

Les risques liés à une exposition au 4<sup>e</sup> quartile de NO<sub>2</sub> (11.19-19.89 ppm) étaient similaires pour les malades et les contrôles, après ajustement pour l'éducation maternelle (OR : 1,08, IC à 95%: 0,75, 1,55). Ces estimations étaient plus élevées chez les enfants atteints de leucémie myéloïde aiguë (AML) que de leucémie lymphoïde aiguë, avec une association positive observée chez les enfants avec AML vivant en ville (OR 4<sup>e</sup> quartile : 5.25, 95% intervalle de confiance : 1,09, 25,26). Même si aucune association significative n'a été observée avec la densité des routes, l'OR des malades de sexe masculin était plus élevé pour la densité de routes dans les 500 m à la naissance par rapport aux contrôles (OR : 1,39, IC à 95%: 0,93, 2,10), et légèrement plus faible dans les 750m.

Conclusions : Bien qu'aucune association entre NO<sub>2</sub> et la densité de route n'ait été observée, c'est la première étude qui observe une augmentation de l'OR selon l'exposition au NO<sub>2</sub> parmi des enfants avec AML, suggérant l'importance de continuer à explorer la pollution de l'air liée au trafic dans le développement de AML.

## **RESIDENTIAL MOBILITY AND THE RISK OF CHILDHOOD LEUKEMIA.**

**[Mobilité résidentielle et risque de leucémie infantile.]**

Järvelä L, Raitanen J, Erme S, Lohi O, Auvinen A.

*Cancer Causes Control. 2016;27(3):433-443.*

Selon certaines hypothèses, la leucémie infantile pourrait avoir une origine infectieuse : la maladie serait une réponse rare à une infection. Le brassage des populations pourrait entraîner une augmentation des contacts entre personnes infectées et vulnérables et de ce fait, augmenter le risque de leucémie. L'objectif de cette étude était d'analyser l'association entre la mobilité résidentielle comme indicateur du brassage de la population et le risque de leucémie chez les enfants de moins de 15 ans.

Les auteurs ont mené une étude cas-témoins basée sur la population en utilisant les données du registre finlandais. Les cas (n = 1093) étaient tous les enfants de moins de 15 ans diagnostiqués avec la leucémie (M9800-M9948 dans la CIM-O-3) en Finlande entre 1990 et 2011. Trois contrôles par malade (n = 3.279) ont été aléatoirement choisis. Les contrôles ont été appariés selon le sexe et l'âge. Un historique complet de la mobilité résidentielle a été construit à partir du registre de la population, y compris la migration globale, le déménagement vers une plus grande ville (plus d'habitants), et le déménagement vers une ville présentant une migration faible, moyenne ou forte. L'association entre la mobilité résidentielle et le risque de leucémie infantile a été évaluée en utilisant une régression logistique conditionnelle.

Les auteurs n'ont pas observé de risques continûment augmenté ou diminué de leucémie infantile associés à différents schémas de migration. Dans l'ensemble, la mobilité résidentielle a montré des OR non significativement inférieurs à l'unité, et des risques accrus n'ont pas été trouvés.

Conclusions : Ces résultats ne montrent pas un risque accru de leucémie infantile associé à la mobilité résidentielle ou le déménagement vers des villes avec plus d'habitants.