

# CONSEIL MÉDICAL\*

## DIRECTION – SANTÉ ET SÉCURITÉ

### Hydro-Québec

**AVIS****Les champs électriques et magnétiques de 60 Hz et la santé****Sommaire**

*Les lignes électriques, les équipements et appareils électriques produisent dans leur voisinage des champs électriques et magnétiques alternatifs de 60 Hz. Ces champs sont partout présents dans notre environnement quotidien. Au cours des 40 dernières années, d'importants programmes de recherche ont été menés dans le but d'identifier d'éventuels effets de ces champs sur la santé des travailleurs et des populations exposées. Un nombre exceptionnel d'études ont été réalisées à ce jour. Malgré cet effort de recherche, les résultats n'ont pas permis d'identifier d'effets nocifs sur la santé. Plus particulièrement, les doutes relatifs à un risque accru de cancer chez l'enfant en regard du champ magnétique en milieu résidentiel ne se sont pas avérés. Par ailleurs, les champs magnétiques mesurés au sol sous les lignes à haute tension sont trop faibles pour interférer avec les stimulateurs cardiaques. Toutefois, le seuil d'interférence peut être dépassé en milieu de travail, notamment à proximité des câbles portant de forts courants.*

*Les champs électriques élevés, présents dans les emprises de lignes à haute tension, peuvent être la cause de petits chocs électrostatiques au contact d'objets. Ce phénomène est sans danger pour la santé mais peut être ressenti comme désagréable et parfois douloureux.*

*Deux questions méritent des études complémentaires soit sur la possibilité d'interférence causée par le champ électrique présent sous les lignes à haute tension sur les stimulateurs et défibrillateurs cardiaques ainsi que la possibilité d'effets sur le système nerveux des champs magnétiques élevés présents occasionnellement en milieu de travail.*

**Contexte**

Peu après l'avènement des lignes à 735 kV à la fin des années 1960, la question des effets potentiels d'une exposition de longue durée à des champs électriques élevés chez les travailleurs de l'électricité a été soulevée. Plus tard, en 1979, une étude épidémiologique américaine a rapporté une association statistique entre le champ magnétique généré par les lignes électriques en milieu urbain et l'ensemble des cancers infantiles.

Ces événements ont déclenché de vastes programmes de recherche à l'échelle internationale. C'était l'usage même de l'électricité, tant en milieu résidentiel qu'en milieu de travail, qui était remis en cause. La gravité de maladies invoquées et l'ubiquité des expositions ont justifié l'effort de recherche peu commun qui a suivi.

---

\* Le Conseil médical regroupe des médecins de la direction - Santé et sécurité d'Hydro-Québec. Le Conseil fournit des avis en matière de protection de la santé des travailleurs et du public à l'intention de l'ensemble des professionnels de la santé de la direction. Les avis s'appuient sur l'analyse des données médicales et scientifiques probantes conformément aux règles d'éthique de la pratique médicale.

Un nombre exceptionnel d'études épidémiologiques et expérimentales ont été réalisées au cours des 40 dernières années. Ces études ont fait l'objet de nombreux rapports d'expertise collective sous l'égide d'autorités de santé publique internationales et nationales.

Le texte qui suit fait le point sur les effets des champs électriques et magnétiques alternatifs de 60 Hz et identifie les pistes de recherche qui semblent les plus pertinentes.

### **Distinction entre le champ électrique et le champ magnétique**

Le champ électrique, exprimé en volts par mètre (V/m) ou kilovolts par mètre (kV/m), est produit par la tension appliquée sur les conducteurs d'électricité (voltage). Quant au champ magnétique, il est produit par le courant qui circule dans les conducteurs d'électricité. Il s'exprime en ampères par mètre (A/m), mais il est d'usage courant d'utiliser plutôt l'unité de densité de flux magnétique, le tesla (T) et son unité dérivée, le microtesla ( $1 \mu\text{T} = \text{un millionième de tesla}$ ).

### **Champ électrique**

Sous les lignes à haute tension de 120 kV et plus, le niveau de champ électrique au sol est suffisant pour créer des phénomènes électrostatiques. Ainsi, lorsqu'une personne touche un objet situé dans un champ électrique élevé, elle ressentira un petit choc électrostatique aussi appelé microdécharge. Les microdécharges seront plus importantes lorsque l'objet touché est de grande dimension. Dans ces circonstances, 7 % des individus considèrent les microdécharges douloureuses lorsque soumis à un champ de 5 kV/m. À 10 kV/m, le pourcentage passe à 50 %. Ces microdécharges peuvent donc s'avérer désagréables, mais elles sont sans danger pour la santé. En effet, leur intensité demeure relativement faible, leur durée est extrêmement courte (quelques millièmes de seconde) et l'excès de charges électriques qui les provoque est limité à la surface de la peau, n'affectant pas les organes internes. Il s'agit d'un phénomène bien compris et bien contrôlé grâce à une conception adéquate des installations électriques et au respect des règles limitant certaines activités dans les emprises de lignes à haute tension.

Le champ électrique de 60 Hz provoque également des courants dans le corps par un phénomène d'induction. Ces courants sont imperceptibles et sans risque pour la santé. Toutefois, lorsqu'une personne est en contact direct avec un objet de grande dimension situé dans le même champ électrique, le courant peut, dans certaines circonstances, devenir perceptible et il doit être maintenu à un niveau sécuritaire. Les lignes à haute tension sont conçues de manière à limiter le niveau de champ électrique au sol de sorte qu'en toutes circonstances le courant induit au contact d'objets demeure sécuritaire. Ce niveau de champ électrique est d'environ 10 kV/m. Au Québec, il s'agit du champ électrique maximal mesuré au sol sous les lignes à haute tension.

Peu après l'avènement des lignes à haute tension à 735 kV dans les années soixante, les travailleurs ont exprimé des craintes relatives à l'effet que pourrait avoir une exposition prolongée à des niveaux de champ électrique élevés. Les programmes de suivi des travailleurs exposés, de même que les études expérimentales et épidémiologiques qui ont suivi, ont permis d'écarter cette possibilité de sorte qu'aujourd'hui, la communauté scientifique s'entend pour en reconnaître l'innocuité.

Une attention particulière a été portée sur la possibilité d'interférence avec le fonctionnement des stimulateurs cardiaques ainsi que des défibrillateurs automatiques implantés. C'est le principe même du fonctionnement de ces appareils qui les rend vulnérables à un certain nombre d'interférences. Ces dispositifs sont dotés de filtres visant à les protéger contre les interférences,

mais les données expérimentales ont montré quelques cas d'altération de leur fonctionnement en présence de champs électriques élevés tels que ceux mesurés sous les lignes à haute tension. Bien qu'en pratique, il ne semble pas survenir d'interférence cliniquement significative dans ces circonstances, les données disponibles sont insuffisantes pour éliminer cette possibilité. Des études sont en cours pour préciser les seuils réels d'interférence par le champ électrique avec les modèles récents de dispositifs cardiaques.

## Champ magnétique

Le corps humain est relativement transparent au champ magnétique en raison de l'absence de quantité significative de métal réagissant au champ magnétique dans les tissus. Pour cette raison, le corps peut être exposé à un champ magnétique statique<sup>†</sup> très élevé sans conséquence nocive. C'est le cas des expositions médicales lors des examens par résonance magnétique où le corps est exposé à un champ de l'ordre de 2 000 000  $\mu\text{T}$  (2 T), soit quelque 40 000 fois plus élevé que le champ magnétique terrestre (50  $\mu\text{T}$ ).

Lorsque le champ magnétique est non pas statique mais alternatif, il induit des courants dans le corps, un phénomène qui impose une limite sécuritaire plus restrictive que pour le champ statique. Cette limite vise à prévenir les effets du courant sur les tissus excitables, plus particulièrement sur le système nerveux central. Le courant est proportionnel au niveau de champ magnétique et dépend de la fréquence.

Sous les lignes à haute tension, le champ magnétique de 60 Hz est relativement faible et ne dépasse pas quelques dizaines de microteslas ( $\mu\text{T}$ ) au sol sous les conducteurs de sorte que les courants induits sont faibles et imperceptibles. L'effet le plus précoce du courant induit survient à des niveaux de champs magnétiques (de 60 Hz) de plus de 10 000  $\mu\text{T}$ . Le seuil de perception est mal documenté et pourrait se situer entre 10 000 et 30 000  $\mu\text{T}$ . À ces niveaux, la stimulation de la rétine de l'œil par les courants induits provoque une sensation de points lumineux appelés magnétophosphènes. Il s'agit d'un effet indolore, non dommageable pour l'œil et qui disparaît dès que l'exposition cesse.

De nombreuses études ont bien caractérisé les niveaux de champ magnétique à 60 Hz tant en milieu résidentiel qu'en milieu de travail. Les niveaux de champ magnétique ambiants en milieu résidentiel sont généralement inférieurs à 1  $\mu\text{T}$ . Ils peuvent atteindre quelque dizaines de microteslas ( $\mu\text{T}$ ) à proximité immédiate d'appareils électriques courants. En milieu de travail, à proximité de câbles et conducteurs d'électricité portant des courants élevés, le champ peut atteindre quelques centaines de microteslas ( $\mu\text{T}$ ), parfois de 1 000 à 2 000  $\mu\text{T}$ . Ces niveaux sont toujours largement inférieurs au seuil des magnétophosphènes. Bien qu'aucun effet n'ait été identifié chez les travailleurs exposés à ces champs élevés pendant de courtes périodes de temps, très peu d'études expérimentales se sont penchées sur les effets neurophysiologiques éventuels de ces champs relativement élevés situés entre 1 000 et 2 000  $\mu\text{T}$ .

Quant à l'exposition humaine à long terme au champ magnétique, une étude exploratoire avait rapporté en 1979 un lien statistique entre l'exposition à de très faibles niveaux (0,2  $\mu\text{T}$ ) et un risque accru de cancer chez l'enfant. Toutefois, des protocoles de recherche de plus en plus rigoureux, le recours à des études épidémiologiques d'envergure ainsi qu'une connaissance beaucoup plus précise des niveaux d'exposition n'ont pas validé cette hypothèse de recherche. De plus, les tests de cancérogénicité réalisés chez l'animal n'ont montré aucun effet toxique ni effet

---

<sup>†</sup> Un champ statique, au contraire d'un champ alternatif, est toujours orienté dans la même direction. C'est le cas du champ magnétique terrestre et de celui utilisé dans les appareils de résonance magnétique.

cancérogène lorsque l'animal est exposé en milieu contrôlé à une intensité de champs de 5 000  $\mu\text{T}$  à raison de 20 heures par jour durant toute sa vie. Finalement, plusieurs études à l'échelle cellulaire se sont penchées sur les effets éventuels du champ magnétique sur les mécanismes d'action connus à l'échelle cellulaire pour leur implication dans la transformation d'une cellule normale en une cellule cancéreuse. Aucun effet cellulaire n'a pu être clairement identifié. De plus, les effets des champs magnétiques sur la matière, connus de la physique contemporaine, ont tous été explorés et aucun d'entre eux ne serait opérant à un niveau de champ aussi faible (moins d'un  $\mu\text{T}$ ).

Malgré un volume exceptionnel d'études, les risques appréhendés ne se sont pas avérés. L'absence de confirmation par les études épidémiologiques de grande envergure, l'absence d'effets toxiques et d'effets cancérogènes en situation d'exposition élevée, de même que l'absence de mécanismes physiopathologiques plausibles font en sorte que l'hypothèse soulevée en 1979, suggérant que les faibles champs magnétiques causés par les installations électriques et les appareils électriques courants soient cancérogènes, constitue vraisemblablement une fausse alerte.

Quant aux interférences avec les stimulateurs cardiaques et défibrillateurs implantés, le champ magnétique présent sous les lignes à haute tension est considérablement inférieur au seuil d'interférence, même pour les appareils les plus sensibles. La possibilité d'interférence peut donc être écartée pour le public en général. Toutefois, en milieu de travail, certaines installations produisent des champs magnétiques supérieurs aux seuils d'interférence des stimulateurs cardiaques, notamment à proximité des câbles portant de forts courants et traversant des aires fréquentées par les travailleurs.

### **Opinions d'organismes nationaux et internationaux**

En 2007, l'Organisation mondiale de la santé a recensé de façon exhaustive les études scientifiques disponibles et a procédé à une analyse détaillée de leurs résultats. Cette analyse n'a pas établi de lien causal entre l'exposition au champ magnétique de 60 Hz et un éventuel effet nocif, notamment dans les domaines du cancer, de la neurophysiologie, du comportement, de la reproduction ainsi que des systèmes endocrinien, nerveux, cardiovasculaire et immunitaire.

L'analyse de Santé Canada a conduit à une conclusion similaire. Sur son site Internet, on peut lire :

« Il n'est pas nécessaire de chercher à vous protéger de l'exposition quotidienne aux champs électriques et magnétiques de fréquence extrêmement basse. Il n'y a aucune preuve concluante montrant que l'exposition aux niveaux trouvés dans les maisons et les écoles du Canada, y compris en bordure des corridors des lignes électriques a un effet nocif. »

Au Québec, l'Institut national de santé publique du Québec a préparé un document en 2006 sur les effets sanitaires des champs magnétiques de 60 Hz et a recommandé au ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) l'application du principe de précaution en cette matière. A ce jour, le MSSS n'a pas entériné cette recommandation.

### **Limites d'exposition**

Il n'existe pas de normes québécoises ou canadiennes en matière d'exposition du public et des travailleurs aux champs électriques et magnétiques de 60 Hz.

Deux organisations internationales ont recommandé des limites d'exposition pour le public et les travailleurs.

L'International Commission on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), un organisme qui collabore avec l'Organisation mondiale de la santé (OMS), a révisé ses recommandations en 2010 après un nouvel examen des données scientifiques disponibles. L'ICNIRP propose une limite d'exposition du public de 200  $\mu\text{T}$  en tout temps, basée sur le seuil présumé d'apparition des *magnétosphères*, auquel a été appliqué un facteur de sécurité de l'ordre de 50. Pour les travailleurs, un facteur de sécurité de 10 a été appliqué de sorte que la limite recommandée pour ces derniers est de 1 000  $\mu\text{T}$ .

L'International Committee on Electromagnetic Safety, un comité sous l'égide de l'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), a également procédé à une analyse des données scientifiques et recommande une limite de 904  $\mu\text{T}$  en milieu non contrôlé, ce qui correspond aux lieux accessibles au public, et de 2 710  $\mu\text{T}$  pour les milieux contrôlés.

En ce qui concerne le champ électrique, la recommandation de ces organismes vise à limiter les effets désagréables des microdécharges. L'ICNIRP recommande une limite de 4,2 kV/m pour le public et de 8,3 kV/m pour les travailleurs. Quant à l'IEEE, les recommandations sont respectivement de 5 kV/m (10 kV/m dans les emprises de ligne à haute tension) et de 20 kV/m pour le public et les travailleurs.

### **Conclusions et recommandations:**

#### 1- Risque général à la santé

Considérant l'ensemble des études expérimentales et épidémiologiques réalisées depuis près de 40 ans, le Conseil médical est d'avis que l'exposition à court ou à long terme à des niveaux de champs électriques et magnétiques tels que retrouvés à proximité des lignes à haute tension ne présente pas de risque pour la santé.

Sur la question particulière du cancer et des faibles champs magnétiques mesurés en milieu résidentiel et à proximité des lignes électriques, considérant le nombre exceptionnel et la qualité des études déjà réalisées ainsi que l'accumulation des données probantes d'innocuité, il apparaît extrêmement improbable que cette association soit réelle. Il s'agissait vraisemblablement d'une fausse alerte.

#### 2- Les chocs électrostatiques

Les microdécharges et les courants induits causés par les champs électriques élevés sont des phénomènes connus et bien documentés. Ces phénomènes peuvent surprendre et parfois être désagréables, mais ils ne présentent pas de risque pour la santé.

#### 3- Stimulateurs et défibrillateurs cardiaques

La possibilité que le champ électrique élevé sous les lignes à plus haute tension (230 kV et plus) interfère avec le bon fonctionnement des stimulateurs cardiaques ou des défibrillateurs automatiques implantés ne peut être écartée. Pour les travailleurs porteurs d'un stimulateur cardiaque ou d'un défibrillateur automatique implanté, les limites du fabricant visant l'exposition aux champs électriques et magnétiques doivent être respectées dans l'environnement

de travail. Une procédure d'évaluation est détaillée dans l'avis du Conseil médical émis en 2006 sur le sujet. Pour les autres porteurs de tels appareils, d'ici à ce que les études en cours établissent leur stabilité jusqu'à des niveaux de champs électriques de 10 kV/m, il serait préférable d'éviter de rester de façon prolongée dans les emprises de lignes à haute tension de 230 kV et plus pour minimiser ce risque potentiel. Il est également recommandé qu'Hydro-Québec maintienne, pour ces personnes, l'interdiction déjà mise en place de visiter les installations de l'entreprise où les champs magnétiques relativement élevés pourraient interférer avec ces appareils.

#### 4- Exposition au champ magnétique élevé en milieu de travail

Les travailleurs de l'électricité sont parfois exposés à des niveaux de champs magnétiques beaucoup plus élevés que la population générale. Bien qu'aucun effet nocif n'ait été observé parmi ces travailleurs, les études testant ces expositions en situation expérimentale chez l'humain sont très peu nombreuses.

#### 5- Recherche

Le Conseil médical est d'avis que certaines questions justifient la poursuite des travaux de recherche soit:

- 1- La possibilité d'interférence entre le champ électrique élevé et les stimulateurs cardiaques ou défibrillateurs automatiques implantables.
- 2- Les effets neurophysiologiques des champs magnétiques élevés (plus de 1000  $\mu$ T), en particulier le seuil d'apparition des magnétosphènes causés par des champs magnétiques aux fréquences de 50 ou 60 Hz. Cet effet, qui est à la base des limites d'exposition recommandées n'est pas suffisamment documenté.

#### Références

- 1- Organisation mondiale de la santé. Environmental Health Criteria 238: Extremely low frequency fields; 2007
- 2- Santé Canada <http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/envIRON/magnet-fra.php> (consulté le 13 juin 2013)
- 3- Institut national de santé publique du Québec. Exposition aux champs électromagnétiques. Mise à jour des risques pour la santé et pertinence de la mise en œuvre du principe de précaution. Décembre 2006
- 4- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields. (1 Hz to 100 kHz)
- 5- Institute of Electrical and Electronics Engineers. C95.6 Standard for Safety Levels with respect to Human Exposure to Electromagnetic fields, 0-3 kHz.
- 6- Hydro-Québec. Conseil médical de la direction - Santé et sécurité. Conduite à tenir lors d'un retour au travail d'un employé nouvellement porteur d'un stimulateur cardiaque ou d'un défibrillateur automatique implanté. 2006 <http://www.hydroquebec.com/champs/pdf/stimulateur-cardiaque-2013-06-15.pdf>

Cet avis a été préparé par le Dr Michel Plante avec la collaboration du Dr Geneviève Ostiguy de la direction - Santé et sécurité et des membres du Conseil médical. Les membres du Conseil médical sont:

Dr Michel Plante  
Dr Claude Parent  
Dr Danièle Dupont  
Dr Anne-Sophie Marsolais  
Dr Daniel Choinière

Date : le 13 juin 2013