



information



formation



recherche



coopération
internationale

EXPOSITION AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES :
MISE À JOUR DES RISQUES POUR LA SANTÉ ET PERTINENCE
DE LA MISE EN ŒUVRE DU PRINCIPE DE PRÉCAUTION

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

DIRECTION RISQUES BIOLOGIQUES, ENVIRONNEMENTAUX ET OCCUPATIONNELS

DÉCEMBRE 2006

AUTEURS

Denis Gauvin, M. Sc.
Direction Risques biologiques, environnementaux et occupationnels
Institut national de santé publique du Québec

Emmanuel Ngamga Djeutcha, M.D., M. Sc.
Direction Risques biologiques, environnementaux et occupationnels
Institut national de santé publique du Québec

Patrick Levallois, M.D., M. Sc., FRCPC
Responsable du groupe scientifique sur les champs électromagnétiques
Direction Risques biologiques, environnementaux et occupationnels
Institut national de santé publique du Québec

AVEC LA COLLABORATION DE

Daniel Bolduc, M. Env.
Direction Risques biologiques, environnementaux et occupationnels
Institut national de santé publique du Québec

Albert Daveluy, Ph. D.
Direction de la protection de la santé publique
Ministère de la Santé et des Services sociaux

Pierre Lajoie, M.D., M. Sc., FRCPC
Direction Risques biologiques, environnementaux et occupationnels
Institut national de santé publique du Québec

Claude Tremblay, Ph. D.
Direction de santé publique
Agence de la santé et des services sociaux de la Montérégie

REMERCIEMENTS

Denise Mercier et Sylvie Muller, secrétaires
Direction Risques biologiques, environnementaux et occupationnels
Institut national de santé publique du Québec

La réalisation de ce document a été rendue possible grâce à une contribution financière du ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec.

Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.

Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

DÉPÔT LÉGAL – 3^e TRIMESTRE 2007
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES NATIONALES DU QUÉBEC
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES CANADA
ISBN 13 : 978-2-550-50438-2 (VERSION IMPRIMÉE)
ISBN 13 : 978-2-550-50437-5 (PDF)

©Gouvernement du Québec (2007)

RÉSUMÉ

Le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) a confié à l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) le mandat d'évaluer la pertinence d'appliquer le principe de précaution à l'égard de l'exposition aux champs électromagnétiques (CEM). L'INSPQ devait pour cela faire le point sur les plus récents développements en matière d'effets sur la santé au regard des CEM et documenter l'exposition de la population aux fréquences de 60 Hz (extrêmes basses fréquences). Comme la plupart des études ont évalué la composante champ magnétique (CM) des CEM, tant au niveau de l'exposition que pour l'évaluation du risque à la santé, cet élément se reflète dans ce document où le volet CM est prédominant.

L'analyse des études d'exposition aux CEM nous confirme la variabilité des champs en milieu résidentiel selon plusieurs facteurs, notamment : le milieu urbain ou rural, la configuration du réseau électrique, les caractéristiques de la résidence ou encore l'utilisation ou la proximité de certains appareils électriques. Au Québec, les données actuelles nous indiquent que la population a une exposition résidentielle moyenne supérieure à celle observée dans d'autres provinces canadiennes ou ailleurs dans le monde. Les lignes à haute tension sont généralement la principale source d'exposition pour les populations résidant à leur proximité. Cependant, le nombre de personnes impliquées par une telle exposition est restreint. Au niveau de l'ensemble de la population québécoise, les lignes de distribution, le filage électrique des résidences, la mise à la terre ainsi que l'utilisation d'appareils électriques sont des éléments pouvant contribuer de façon plus importante à l'exposition. Aucune norme ne régit l'exposition aux champs d'extrêmes basses fréquences au Québec. Cependant, les recommandations proposées par l'International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection font office de critères de référence dans de nombreux pays. Des dépassements de ces recommandations, la plupart du temps occasionnels, sont quelques fois observés au Québec, tant pour le champ électrique (CE) que le CM.

Les résultats des études épidémiologiques récentes (1999 à 2004), ainsi que les avis des principales organisations ayant statué sur les risques à la santé associés à l'exposition aux CEM, ne modifient pas la conclusion de l'analyse faite dans le rapport de consensus réalisé en 2000 par les membres du groupe de travail du réseau de la santé québécois (Levallois, 2000a). La possibilité d'un faible risque de cancer, principalement de leucémie chez l'enfant, demeure mais le lien de cause à effet n'est toutefois toujours pas démontré. Les études sur la leucémie chez l'adulte quant à elles sont non concluantes. Les études sur le cancer du sein tendent plutôt vers une absence d'association. Pour les autres formes de cancer, les résultats actuels sont trop limités pour statuer sur ces risques. Les nouvelles études associées aux malformations congénitales demeurent équivoques. Un risque accru d'avortements spontanés associés aux valeurs maximales d'exposition au CM est rapporté mais peu d'études évaluant cet indicateur sont disponibles et la plausibilité biologique d'un tel effet est incertaine. Les nouvelles études sur le risque de troubles dépressifs et neurocomportementaux n'apportent pas d'éléments convaincants. Certaines associations observées avec les maladies neurodégénératives, telles que la maladie d'Alzheimer et la sclérose latérale amyotrophique, méritent d'être approfondies. Enfin, les études récentes sur les problèmes cardiovasculaires tendent plutôt vers une absence de risque avec les CEM.

Relativement aux incertitudes liées aux effets de l'exposition aux CEM, plusieurs pays ont adopté des mesures visant à appliquer le principe de précaution. Bien qu'aucune définition universelle ne soit retenue pour ce principe, il est généralement compris comme étant la nécessité de prendre action dans le but de prévenir un risque significatif dans les circonstances où l'incertitude scientifique est grande. C'est le cas pour les CEM. En effet, les données scientifiques actuelles ne permettent pas d'estimer de façon précise le niveau de risque associé à une exposition et donc ne peuvent soutenir l'adoption d'un niveau limite de CM. À cela, s'ajoutent les incertitudes liées à la méconnaissance d'un mécanisme d'action et à la difficulté de prendre en compte les divers paramètres d'exposition (moyenne d'exposition, seuils d'intensité, variabilité des champs, période d'exposition, fréquences harmoniques, etc.). Devant ce constat, les mesures visant à appliquer le principe de précaution aux CEM, peuvent être très variables. Elles doivent s'appuyer sur des principes généraux et faire l'objet de consensus auprès des parties intéressées.

Relativement aux incertitudes liées à l'exposition chronique aux CEM, les mesures de précaution proposées visant la gestion de ce risque doivent demeurer raisonnables. Cette approche, dite « raisonnable », est d'ailleurs en accord avec la position de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) qui précise dans un document de consultation que dans le contexte actuel, seules des mesures à faibles coûts seraient justifiées. Certaines actions en lien avec l'application du principe de précaution sont suggérées par l'OMS telles que : informer la population sur les sources de CEM et sur les façons de réduire cette exposition, développer la recherche visant à répondre aux incertitudes actuelles de la science ou documenter l'exposition. Des approches visant la réduction de l'exposition telles que la modification des pratiques de mise à la terre, des modifications de la conception des appareils électriques ou encore des modifications lors de planification de lignes à haute tension peuvent être évaluées si des raisons autres que le risque à la santé motivent de tels changements (raisons de sécurité, coûts/bénéfices, préoccupations du consommateur), ou encore selon des circonstances particulières spécifiques à chaque pays.

Le niveau de risque associé à l'exposition aux CEM pour l'ensemble de la population, s'il est réel, s'avère faible. Néanmoins, du fait que pour certains groupes plus exposés, il peut s'agir d'un risque important, l'Institut national de santé publique du Québec considère que le gouvernement du Québec devrait prendre position sur la gestion des CEM et se doter d'une approche de précaution. Cette position devra considérer d'une part, la sensibilité des enjeux autour du risque de leucémie chez l'enfant et d'autre part, les incertitudes scientifiques quant à la détermination d'un lien causal.

Devant la diversité des enjeux d'une telle approche (santé, économiques, techniques, sociaux, politiques), le réseau de la santé ne pourra définir à lui seul les mesures de précaution devant être adoptées pour la gestion des CEM et d'autres organisations publiques et gouvernementales concernées par cette problématique devront être interpellées. L'INSPQ recommande de mettre sur pied un groupe de travail réunissant les principales organisations concernées par cette problématique. Ce groupe aura à évaluer et à proposer, le cas échéant, des mesures raisonnables et proportionnées de gestion des CEM au Québec. L'approche proposée devra s'appuyer entre autres sur le cadre de référence en gestion des risques pour

la santé de l'INSPQ qui prône la réduction et l'élimination des risques tant dans un contexte de relative certitude que d'incertitude scientifique. Associé à ces mesures, le MSSS pourrait rendre disponible au grand public de l'information visant à faire état des connaissances et des incertitudes actuelles quant aux risques à la santé liés à l'exposition aux CEM.

L'Institut national de santé publique du Québec recommande également de poursuivre ses actions de vigilance concernant l'évolution des connaissances sur les risques à la santé des CEM et la documentation des diverses sources et niveaux d'exposition aux CEM en milieu résidentiel et endroits publics. L'étude des possibilités techniques et économiques de réduction de ces sources doit être poursuivie. Enfin, bien que ne pouvant préciser le niveau de risque réel et la protection véritable des recommandations proposées par l'International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, l'INSPQ considère que l'atteinte de ces valeurs guides (qui découlent d'experts internationaux) est souhaitable. Une meilleure information à la population québécoise et aux organisations impliquées devrait être diffusée quant aux recommandations proposées par l'ICNIRP et sur les façons de limiter les expositions au-dessus de ces niveaux.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|------------|
| LISTE DES TABLEAUX | VII |
| LISTE DES FIGURES..... | VII |
| LISTE DES SIGLES, ACRONYMES ET DES ABRÉVIATIONS | IX |
| 1 INTRODUCTION..... | 1 |
| 2 EXPOSITION AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES | 3 |
| 2.1 EXPOSITION LIÉE À L'UTILISATION D'APPAREILS ÉLECTRIQUES DOMESTIQUES..... | 3 |
| 2.2 EXPOSITION DANS LES LIEUX PUBLICS | 6 |
| 2.2.1 Niveaux de champs électromagnétiques dans les voies de circulation routière et piétonnière..... | 7 |
| 2.2.2 Utilisation des emprises des lignes de transport d'électricité | 8 |
| 2.2.3 Exposition en milieu scolaire | 8 |
| 2.3 EXPOSITION RÉSIDENTIELLE..... | 9 |
| 2.3.1 Exposition générale de la population..... | 9 |
| 2.3.2 Exposition résidentielle près des lignes à haute tension | 18 |
| 2.4 CONCLUSION..... | 20 |
| 3 REVUE DES ÉTUDES ÉPIDÉMIOLOGIQUES RÉCENTES SUR LES EFFETS DES CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES | 23 |
| 3.1 ÉTUDES SUR LE CANCER CHEZ L'ENFANT | 23 |
| 3.1.1 Leucémie..... | 23 |
| 3.1.2 Autres cancers..... | 27 |
| 3.2 ÉTUDES SUR LE CANCER CHEZ L'ADULTE | 27 |
| 3.2.1 Leucémie | 27 |
| 3.2.2 Cancer du cerveau | 30 |
| 3.2.3 Cancer du sein..... | 31 |
| 3.2.4 Autres cancers..... | 34 |
| 3.3 AUTRES RISQUES POUR LA SANTÉ | 35 |
| 3.3.1 Troubles de la reproduction..... | 35 |
| 3.3.2 Troubles dépressifs et neurocomportementaux | 37 |
| 3.3.3 Maladies neurodégénératives..... | 38 |
| 3.3.4 Problèmes cardiovasculaires..... | 39 |
| 3.4 CONCLUSION..... | 40 |
| 4 VALEURS GUIDES ET RECOMMANDATIONS D'EXPOSITION AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES | 43 |
| 4.1 APPLICABILITÉ DES RECOMMANDATIONS DE L'ICNIRP | 44 |
| 4.2 CONCLUSION..... | 45 |
| 5 PRATIQUES DE GESTION | 47 |
| 5.1 CADRE D'APPLICATION DU PRINCIPE DE PRÉCAUTION | 47 |
| 5.1.1 Organisations internationales | 47 |
| 5.1.2 Organisations nationales et locales..... | 50 |
| 5.1.3 Politiques canadiennes..... | 53 |
| 5.1.4 Politique québécoise..... | 55 |
| 5.2 CONCLUSION..... | 56 |

| | | |
|-----------------|---|-----------|
| 6 | SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS | 59 |
| 6.1 | SYNTHÈSE | 59 |
| 6.2 | RECOMMANDATIONS | 60 |
| | RÉFÉRENCES | 63 |
| ANNEXE 1 | MANDAT DU MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX DU QUÉBEC CONFIE À L'ÉQUIPE D'EXPERTISE CONSEIL SUR LES CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES DE L'INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC | 75 |
| ANNEXE 2 | REVUE DES ÉTUDES ÉPIDÉMIOLOGIQUES TABLEAUX ET FIGURES | 81 |

LISTE DES TABLEAUX

| | | |
|-------------|---|----|
| Tableau 2.1 | Niveaux de champs électrique et magnétique mesurés dans les lieux publics..... | 6 |
| Tableau 2.2 | Principales méthodes d'évaluation de l'exposition au champ magnétique en épidémiologie..... | 10 |
| Tableau 2.3 | Exposition personnelle au champ magnétique pour des populations québécoises demeurant près de lignes à haute tension versus loin de telles lignes..... | 18 |
| Tableau 2.4 | Distribution de l'exposition moyenne personnelle au champ magnétique sur 24 heures aux États-Unis et au Québec..... | 19 |
| Tableau 4.1 | Résumé des principales recommandations pour les champs électrique et magnétique de 60 Hz proposées par des organisations nationales et internationales..... | 43 |

LISTE DES FIGURES

| | | |
|------------|---|----|
| Figure 2.1 | Niveaux maximums de champ magnétique près d'appareils électriques domestiques..... | 4 |
| Figure 2.2 | Moyenne géométrique des mesures ponctuelles résidentielles au champ magnétique dans divers pays..... | 13 |
| Figure 2.3 | Moyenne géométrique des mesures résidentielles à long terme au champ magnétique dans divers pays..... | 14 |
| Figure 2.4 | Moyenne géométrique des mesures personnelles au champ magnétique en milieu résidentiel dans divers pays..... | 15 |
| Figure 2.5 | Exposition résidentielle au champ magnétique au Québec (IC à 95 %) en fonction du type de configuration électrique extérieure (codification Wertheimer) comparée à l'exposition liée à la proximité d'une ligne à 735 kV..... | 17 |
| Figure 2.6 | Exposition résidentielle au champ magnétique (IC à 95 %) en fonction du type d'habitation au Québec..... | 17 |

LISTE DES SIGLES, ACRONYMES ET DES ABRÉVIATIONS

| | |
|---------|---|
| ACGIH | American Conference of Governmental Industrial Hygienists |
| ALARA | As low as reasonably achievable |
| CCE | Commission des communautés européennes |
| CE | Champ électrique |
| CEM | Champs électromagnétiques |
| CM | Champ magnétique |
| CPUC | California Public Utilities Commission |
| EBCLIS | Electromagnetic Fields and Breast Cancer on Long Island Study |
| DSP | Direction de santé publique |
| FINJEM | Finnish job-exposure matrix |
| FPTRPC | Federal Provincial Territorial Radiation Protection Committee |
| IAM | Infarctus aigu du myocarde |
| IC | Intervalle de confiance |
| ICNIRP | International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc |
| INSPQ | Institut national de santé publique du Québec |
| kV | Kilovolt |
| kV/m | Kilovolt par mètre |
| LAL | Leucémie aiguë lymphocytaire |
| LAM | Leucémie aiguë myéloïde |
| LCL | Leucémie chronique lymphocytaire |
| LCM | Leucémie chronique myéloïde |
| LIBCSP | Long Island Breast Cancer Study Project |
| MA | Moyenne arithmétique |
| MG | Moyenne géométrique |
| MSSS | Ministère de la Santé et des Services sociaux |
| NIEHS | National Institute of Environmental Health Sciences |
| NRPB | National Radiological Protection Board |
| OMS | Organisation mondiale de la Santé |
| OR | Odd ratio |
| RR | Risque relatif |
| SNBOSH | Swedish National Board of occupational Safety and Health |
| SNC | Système nerveux central |
| TWA | Time weighted average (moyenne pondérée sur le temps) |
| US EPA | United States Environmental Protection Agency |
| μ T | MicroTesla |
| V/m | Volt par mètre |
| WHO | World Health Organization |

1 INTRODUCTION

Depuis un peu plus de vingt ans, de nombreuses études scientifiques ont été réalisées à travers le monde afin de déterminer si les champs électromagnétiques (CEM) d'extrêmes basses fréquences, tels que ceux émis par les lignes à haute tension, représentaient un risque pour la santé de la population. Suite à une évaluation approfondie des travaux de recherche, le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC ou IARC) a classé le champ magnétique (CM) dans la catégorie « pouvant être » cancérigène (groupe 2-B) (IARC, 2002). La conclusion du groupe de travail ayant évalué ce risque était principalement basée sur la synthèse des études épidémiologiques qui tend à démontrer une association entre l'apparition de cancer chez l'enfant (leucémie) et l'exposition au CM. Bien que le lien de cause à effet ne soit pas démontré, certaines organisations et plusieurs pays ont préconisé une approche prudente quant à ce possible risque et ont proposé des mesures afin de réduire les expositions à ces champs.

Au Québec, le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) se préoccupe de cette question depuis plusieurs années. Ainsi, depuis 1987, il coordonne le Comité de suivi des études sur les effets des lignes à haute tension sur la santé. En avril 2000, un groupe de travail a déposé au ministère, un document de consensus sur l'évaluation des risques associés aux CEM (Levallois *et al.*, 2000a). Divers constats en lien avec les effets chroniques ont ainsi été retenus, dont :

Plusieurs données font défaut pour permettre d'affirmer que la relation observée dans les études épidémiologiques est de nature causale. En particulier, la méconnaissance de mécanismes d'action, le manque de relation dose-réponse ainsi que l'absence de support provenant des études en laboratoire rendent impossible la réalisation d'une estimation juste du risque à la santé.

On ne peut établir de niveau limite d'exposition ou encore préconiser une distance minimale à respecter des lignes de transport d'électricité. Les résultats des études scientifiques actuelles sont présentement insuffisants pour justifier un niveau ou une distance sécuritaire.

La preuve scientifique établissant un lien de causalité entre l'exposition aux CEM et l'apparition de cancers n'est pas établie. Néanmoins, compte tenu de l'absence d'explication évidente des résultats des études épidémiologiques, on ne peut exclure l'existence d'un tel risque, particulièrement pour les populations les plus exposées.

De plus, ce comité estimait :

...raisonnable d'entériner le principe de précaution, considérant que l'on ne peut encore exclure, dans l'état actuel des connaissances, la possibilité d'un faible risque de leucémie chez l'enfant attribuable aux CEM.

C'est dans ce contexte que le MSSS a confié un mandat à l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) afin d'étudier cette question. Le mandat donné à l'INSPQ était le suivant :

- faire le point sur les plus récents développements en matière d'effets sur la santé des CEM provenant des lignes électriques et d'autres sources;
- caractériser les sources d'exposition aux CEM (lignes à haute tension, de distribution, appareils électriques, etc.), en se limitant aux fréquences de 60 Hz (excluant le milieu de travail);
- confirmer la pertinence d'appliquer le principe de précaution à l'égard de l'exposition aux CEM;
- revoir les mesures de précaution prises à l'étranger;
- examiner, en collaboration avec Hydro-Québec, l'applicabilité des recommandations de l'International Commission on Non-Ionising Radiation Protection (ICNIRP), pour la population générale (excluant le milieu de travail);
- collaborer avec le MSSS et les autres organismes concernés à l'établissement d'un modèle de gestion des CEM approprié dans le contexte québécois, comprenant des mesures raisonnables de réduction de l'exposition aux CEM provenant des lignes à haute tension, de lignes de distribution, et d'autres sources;
- évaluer, en collaboration avec les organismes spécialisés concernés, les mesures de réduction possibles des niveaux de CEM émis par les lignes électriques selon divers scénarios (nouvelles lignes, nouvelles écoles ou garderies près de lignes existantes, utilisation des emprises à des fins communautaires).

Les deux derniers objectifs de ce mandat doivent se réaliser en concertation avec divers partenaires pouvant être interpellés lors de la gestion de cette problématique des CEM et à la mise en place de mesures de précaution appropriées.

Ainsi, avant de procéder à la création d'un comité des principales organisations pouvant répondre à ce mandat spécifique, il fut convenu avec le MSSS que le mandat de l'INSPQ se limiterait dans un premier temps à procéder à la mise à jour des connaissances sur les CEM, au regard des risques à la santé liés aux CEM, des sources d'exposition aux CEM, des nouvelles recommandations ou normes proposées et enfin de l'applicabilité du principe de précaution pour les CEM.

Ce rapport se divise en plusieurs sections correspondant aux différents éléments de ce mandat. La section 2 précise l'exposition de la population aux CEM de 50/60 Hz en milieu résidentiel ou lors de la fréquentation d'endroits publics. L'exposition résultant de l'utilisation d'appareils électriques domestiques ou de la proximité d'infrastructures électriques est particulièrement abordée. La section 3 présente une revue des études épidémiologiques récentes traitant des risques de cancer, des troubles de la reproduction, des troubles dépressifs, des maladies neurodégénératives et des problèmes cardiovasculaires. La section 4 résume les nouvelles recommandations au regard des CEM de 50/60 Hz des principales organisations. La section 5 présente les différentes pratiques de gestion des CEM proposées par différents États ou organisations. Finalement, des recommandations sont présentées au MSSS.

2 EXPOSITION AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

L'exposition de la population aux champs électromagnétiques résulte de multiples sources. Que ce soit en milieu résidentiel, en milieu de travail ou lors de la fréquentation de lieux publics, l'intensité des champs électrique (CE) et magnétique (CM) variera en fonction du type de source émettrice et selon la distance à laquelle l'individu « exposé » se situe.

Comme l'intensité du CE peut être considérablement réduite par la présence d'objets faisant écran, l'intérêt des effets potentiels sur la santé liés à l'exposition au CEM résultant des lignes de transport et de distribution de l'électricité s'est orienté vers le CM, qui passe librement à travers les structures et donc expose de façon plus constante la population générale. Ainsi, au cours des dernières années, les études ont principalement porté sur les effets du CM, tant au niveau du domaine de l'épidémiologie que des études expérimentales (chez l'humain, l'animal ou au niveau cellulaire). Il en va de même pour ce qui est des études d'exposition de la population où les niveaux de CE ont été beaucoup moins évalués. Notons cependant que l'exposition personnelle au CE est plus difficile à évaluer et que le peu d'études effectuées sur cette exposition est aussi lié aux difficultés techniques rencontrées lors de leur réalisation.

Cette section dresse le bilan des connaissances quant à l'exposition de la population aux champs électrique et magnétique de 50/60 Hz. Les sources de champs abordées sont celles auxquelles la population générale est exposée et excluent les expositions en milieu de travail. Ainsi, les aspects traités dans cette section concernent les expositions en milieu résidentiel ou encore lors de la fréquentation d'endroits publics tels que les rues urbaines ou les écoles. Lorsque disponibles, les études réalisées au Québec sont détaillées davantage. Nous abordons également les expositions dues à l'utilisation de certains appareils électriques domestiques. Enfin, un volet spécifique traitera de l'exposition résultant de la proximité avec les lignes à haute tension.

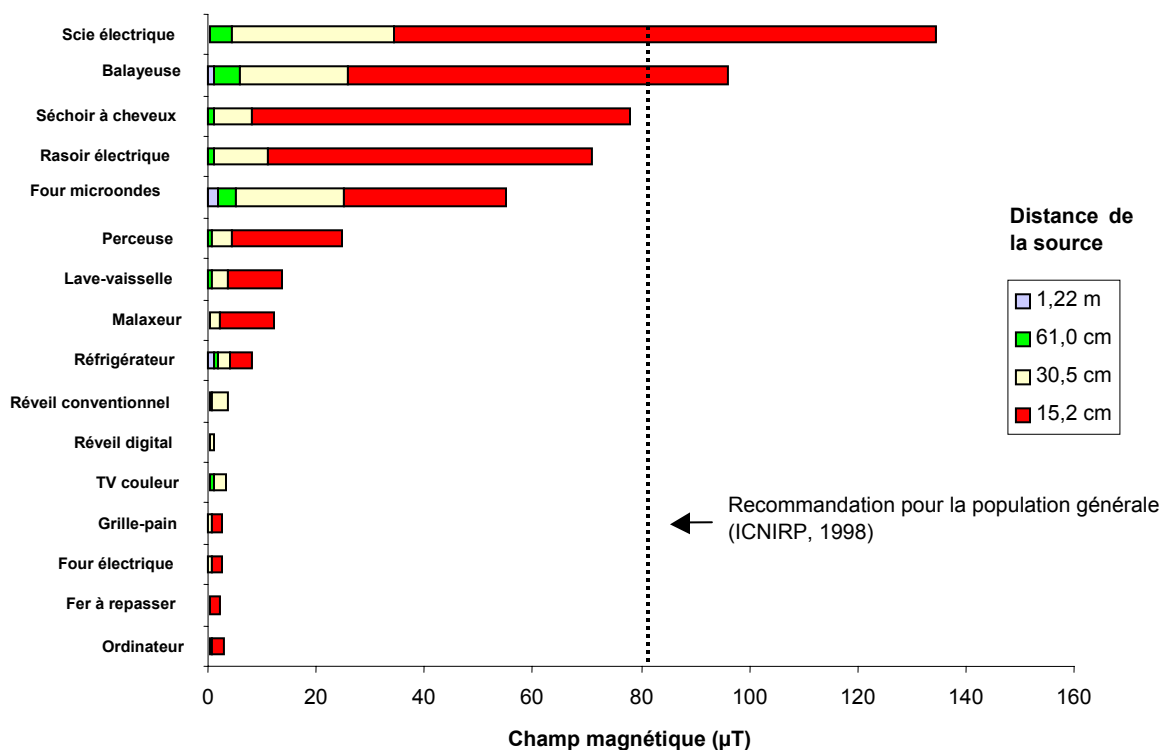
2.1 EXPOSITION LIÉE À L'UTILISATION D'APPAREILS ÉLECTRIQUES DOMESTIQUES

Les appareils électriques domestiques peuvent exposer la population aux CEM de façon notable. Le type d'appareil, et particulièrement la distance de la source émettrice, sont des éléments déterminants quant au niveau de champs électrique et magnétique observés. D'autres facteurs tels que les composantes électriques des appareils de même type, le type d'alimentation utilisé (courant de 120 volts *versus* un courant de 240 volts) ainsi que la méthodologie utilisée lors des prises de mesures sont autant de facteurs influençant l'intensité des champs mesurés. Ainsi, il faut demeurer prudent avant de comparer les résultats d'une étude à l'autre, chacun de ces éléments devant être pris en compte.

Gauger (1985) a mesuré aux États-Unis le CM maximal de 60 Hz à une distance de 30 cm à 2,1 m d'une centaine d'appareils électriques. À 30 cm de la source, il a observé des niveaux de CM allant de 0,3 à 2000 μ T. Les appareils émettant le plus de CM étaient les ouvre-boîtes (1000-2000 μ T), les sèche-cheveux (6-2000 μ T), les rasoirs électriques (15-1500 μ T) et les scies électriques et balayeuses (200-1000 μ T). À une distance de 1,5 m, 95 % des mesures étaient inférieures à 0,1 μ T.

Preece *et al.* (1997, 1999) ont calculé le CM émis par près de 800 appareils électriques retrouvés dans 50 résidences du Royaume-Uni. Le modèle mathématique utilisé considère entre autres le niveau de bruit de fond du CM dans les résidences. Le nombre d'échantillons par type d'appareil était très variable, soit de 1 à 75. Les auteurs rapportent que les mesures maximales à 5 cm de la source ont été observées pour le rasoir électrique et l'ouvre-boîte (165 et 146 μT respectivement). À 50 cm de distance, les auteurs rapportent que les niveaux les plus élevés ont été calculés pour les fours microondes, les ouvre-boîtes et les malaxeurs à main tandis qu'à 1 m, les niveaux maximums ont été observés pour le four microondes. Ces valeurs sont proches de celles rapportées par l'US EPA (1992) et Zaffanella (dans Portier *et al.*, 1998) avec des valeurs maximales observées pour le même type d'appareils domestiques. Bien qu'exposant à des niveaux assez élevés de CM, ces appareils électriques ont la particularité de n'être utilisés que quelques minutes à la fois, l'impact sur une exposition totale journalière étant habituellement réduit. Un graphique des niveaux maximums de CM émis par divers appareils électriques (adapté des données d'un document de l'US EPA, 1992) est présenté à la figure 2.1.

Figure 2.1 Niveaux maximums de CM près d'appareils électriques domestiques



Source : Adaptée de US EPA, 1992.

D'autres types d'appareils domestiques pouvant exposer la population à des niveaux supérieurs à la moyenne d'exposition générale peuvent être utilisés sur une plus longue période. C'est le cas entre autres des lits d'eau et des couvertures chauffantes. Ainsi, Delpizzo (1990) en Australie, qui a évalué l'exposition occasionnée par divers modèles de couvertures et lits d'eau, observe

des niveaux entre 0,2 et 0,25 μT pour les couvertures électriques. Pour les lits d'eau, les niveaux varient grandement en fonction du type ou de la localisation de l'élément chauffant. Lorsque l'élément est situé directement sous l'utilisateur, le CM moyen se situe entre 0,4 et 0,5 μT . Par contre, du fait de l'utilisation d'un courant de 240 V à 50 Hz dans ce pays, on ne peut comparer directement ces niveaux de CM avec l'utilisation de courant à 110 V en Amérique du Nord. Cet auteur précise que d'autres modèles plus récents de couvertures électriques peuvent exposer à des niveaux moindres (0,02 μT pour le corps entier).

Florig *et al.* (1990), qui ont évalué 35 couvertures électriques provenant de manufacturiers mexicains, rapportent des niveaux de CM se situant entre 1,5 et 3,3 μT . Ces intensités ont été estimées selon la moyenne des champs calculée pour le volume du corps entier selon un modèle elliptique. Ces auteurs précisent qu'il y a possibilité pour les manufacturiers de concevoir des couvertures électriques émettant 30 fois moins de CM. À cet effet, les évaluations faites par le Center for Devices and Radiological Health (U.S. Food and Drug Administration) (cité dans US EPA, 1992) indiquent des niveaux moyens de CM, à 5 cm de la surface de la couverture, de 2,2 μT pour les couvertures conventionnelles alors qu'ils sont de 0,09 μT pour les nouveaux modèles de couverture.

Les lits d'eau chauffants sont d'autres types d'appareils d'utilisation domestique qui peuvent exposer la population sur de longues périodes à des niveaux de CM supérieurs à la moyenne. Ainsi, Delpizo (1990) observe des intensités d'environ 0,4 à 0,5 μT lorsque le filage électrique et le thermostat sont localisés près de la tête. Cet auteur précise que des modèles plus récents peuvent exposer le corps entier à une moyenne de CM aussi faible que 0,02 μT . Pour sa part, Wilson (1996) observe un niveau moyen de CM de 0,2 μT pour les lits d'eau chauffants électriques alors qu'il observe un niveau moyen de CM, mesuré à 10 cm du lit, de 0,45 μT pour 5 types de couvertures électriques.

Les expositions résultant de l'utilisation de téléviseurs (émissions télévisées, jeux vidéo...) ont fait l'objet d'évaluations particulières. Ainsi, dans l'étude de Kaune *et al.* (2000), réalisée auprès d'enfants de 78 familles américaines, on observe que les niveaux moyens de CM, mesurés à 50 cm, de 72 appareils de télévision et de 34 appareils utilisés pour les jeux vidéo, sont respectivement de 0,255 μT et 0,237 μT . Néanmoins, à l'emplacement habituel des enfants, les niveaux moyens de CM ne sont que de 0,009 μT pour la télévision et de 0,022 μT pour les jeux vidéo. Les auteurs précisent d'ailleurs dans leur conclusion que l'exposition provenant des téléviseurs est faible comparativement au CM ambiant provenant d'autres sources.

2.2 EXPOSITION DANS LES LIEUX PUBLICS

Dans la présente section, nous présentons différentes études ayant évalué l'exposition aux CEM dans certains lieux publics tels que les voies de circulation routière, les espaces piétonniers et enfin les milieux scolaires. Le résumé des principaux résultats de ces études apparaît au tableau 2.1.

Tableau 2.1 Niveaux de champs électrique et magnétique mesurés dans les lieux publics

| Auteur Année Pays | Lieu échantillonné | Niveaux moyens de CE et CM mesurés |
|---------------------------------------|--|---|
| Armanini 1990 Italie | Mesures du CM de 50 Hz le long de 7 routes en zone urbaine et près de lignes à haute tension de 130 et 220 kV | <ul style="list-style-type: none"> • MA¹ de CM pour l'ensemble des routes : 0,20 µT • MA de CM pour les routes qui longent les lignes de transport : 0,31 µT • MA de CE pour l'ensemble des routes : 70,1 V/m • MA de CE pour les routes qui longent les lignes de transport : 125,3 V/m |
| D'Amore 2001 Italie | Mesures du CM dans la ville de Turin aux heures de pointe en fonction de la densité de population | <ul style="list-style-type: none"> • MA du CM pour l'ensemble des mesures : 0,19 µT • MG² du CM pour l'ensemble des mesures : 0,06 µT |
| Lindgren 2001 Suède | Mesures du CM de 50 Hz sur un échantillonnage restreint de 12 km de rues | <ul style="list-style-type: none"> • MA du CM : 0,34 µT |
| Grainger 2000 Royaume-Uni | Mesures du CM en environnement urbain près d'aires publiques localisées près de postes de transformation | <ul style="list-style-type: none"> • MA du CM pour l'ensemble des milieux : 0,01-0,27 µT • MA du CM près des postes de transformation : 0,3-0,98 µT |
| Dlugosz 1989 Etats-Unis | Mesures du CM en environnement urbain à 33 sites au coin d'une rue et à 45 sites pour évaluer l'impact d'une ligne souterraine à 23 kV | <ul style="list-style-type: none"> • MA du CM au coin des rues : 0,53 µT • MA du CM près de la ligne souterraine : 1,29 µT • MA du CM loin de la ligne souterraine : 0,28 µT |
| Havas 2002 Ontario, Canada | Mesures du CM et du CE dans 60 communautés près de secteurs commerciaux aux intersections des rues | <ul style="list-style-type: none"> • MA du CM pour l'ensemble des secteurs : 0,58 µT • MA du CE (champs possiblement perturbés par l'opérateur) pour l'ensemble des secteurs : 31,6 V/m |
| Héroux 1987 Québec, Canada | Mesures du CM et du CE dans 9 rues résidentielles, commerciales et rurales | <ul style="list-style-type: none"> • Médiane du CM : 0,164 µT • Médiane du CE : 31,6 V/m |
| Maruvada 1993 Québec, Canada | Mesures du CM résultant de l'utilisation des emprises de lignes à haute tension de 120 et 315 kV | <ul style="list-style-type: none"> • CM moyens selon l'utilisation (parcs, pistes cyclables, aires de jeux, sentiers de ski et randonnées, lieux de jardinage, aires de stationnement) : 0,46-1,43 µT |

¹ MA = moyenne arithmétique

² MG = moyenne géométrique

2.2.1 Niveaux de champs électromagnétiques dans les voies de circulation routière et piétonnière

En Italie, Armanini (1990) a mesuré les CE et CM de 50 Hz le long de 7 routes localisées en zone urbaine. Ce faible échantillon couvrait une distance de 28 km et 4 de ces routes étaient localisées à proximité de lignes à haute tension de 130 et 220 kV. La moyenne de CM se situe à 0,20 μT pour l'ensemble des routes alors qu'elle est de 0,31 μT pour les routes qui longent les lignes de transport d'électricité. Le champ électrique moyen est de 70 V/m pour les 7 routes alors qu'il est de 125 V/m pour les routes situées près des lignes à haute tension.

Également en Italie, d'Amore *et al.* (2001) ont évalué le CM dans la ville de Turin couvrant une superficie de 130 km². Les mesures ont été prises uniquement aux heures de pointe et ont été analysées en fonction de la densité de population (inférieure ou supérieure à 100 m²/habitant). La moyenne arithmétique (MA) du CM pour l'ensemble des mesures est de 0,19 μT tandis que la moyenne géométrique (MG) est à 0,06 μT . En fonction de la densité de population, on observe une moyenne plus élevée lors d'une densité plus élevée de la population (MG : 0,04 μT lorsque < 100 m²/habitant vs 0,11 μT lorsque > 100 m²/habitant).

En Suède, Lindgren *et al.* (2001) ont mesuré le CM de 50 Hz sur un échantillonnage restreint de 12 km de rues ordinaires et piétonnières de la Ville de Göteborg. La moyenne arithmétique est de 0,34 μT alors que 51 % des mesures sont supérieures à 0,2 μT . Les mesures de CM les plus élevées sont observées près des poteaux de distribution, des postes de transformation, des systèmes antivol et autres équipements électriques.

Au Royaume-Uni, Grainger et Preece (2000) ont évalué l'exposition au CM en environnement urbain dans la ville de Bristol près des aires publiques localisées à proximité des postes de transformation. Quatre milieux d'un mille carré représentatifs soit : le milieu urbain, rural et deux nouveaux développements, dont un situé près d'une ligne à 132 kV, ont été évalués. Pour l'ensemble des milieux, le CM moyen observé se situe entre 0,01 et 0,27 μT alors qu'il est entre 0,3 et 0,98 μT près des postes de transformation. Il est intéressant de noter qu'en milieu rural, le niveau de CM mesuré pour l'ensemble des mesures était deux fois moins élevé qu'en milieu urbain (0,14 μT vs 0,27 μT).

Aux États-Unis, Dlugosz *et al.* (1989) ont mesuré le CM en environnement urbain à 33 sites au coin d'une rue et à 45 sites en face de résidence afin d'évaluer l'impact d'une ligne électrique souterraine à 23 kV, de lignes de distribution ou en fonction du nombre d'entrées électriques. Au coin des rues, le CM moyen observé (MA) est de 0,53 μT . Près de la ligne de transport souterraine, le champ est de 1,29 μT comparé à 0,28 μT loin d'une telle ligne. Près des lignes de distribution, le CM est de 0,58 μT comparé à 0,18 μT loin de telles lignes. Enfin, les auteurs rapportent une légère augmentation du CM en fonction du nombre d'entrées électriques à l'intérieur d'un périmètre de 46 m.

Au Canada, en Ontario, Havas (2002) présente les résultats de champs magnétique et électrique mesurés dans 60 communautés près des secteurs commerciaux aux intersections des rues et classés selon la taille de la population de chacun des secteurs. Pour l'ensemble

des secteurs évalués, la moyenne et la médiane sont respectivement de 0,58 et 0,24 μT . Il y a observation d'une augmentation du niveau de CM en fonction de la densité de population, l'étendue des moyennes étant de 0,24 à 1,39 μT . Le champ électrique moyen pour sa part est de 3,2 V/m. Par contre, compte tenu de la faible distance entre le corps de l'opérateur et l'appareil de mesure, ces mesures de champ ne peuvent être considérées représentatives d'un champ non perturbé.

Au Québec, Héroux (1987) a mesuré les champs électrique et magnétique dans des rues de 9 secteurs résidentiels, commerciaux et ruraux. La médiane du CM est de 0,164 μT (avec 0,375 μT comme 10^e percentile) tandis qu'elle est de 31,6 V/m (avec 105,5 V/m comme 10^e percentile) pour le CE. L'auteur souligne l'importance du réseau de distribution comme source de champs.

2.2.2 Utilisation des emprises des lignes de transport d'électricité

Au Québec, Maruvada *et al.* (1993) ont réalisé l'évaluation de l'exposition au CM résultant de l'utilisation des emprises de lignes de transport d'électricité de 120 et 315 kV (voir tableau 2.1). La quinzaine d'environnements évalués sont constitués de parcs, de pistes cyclables, d'aires de jeux, de sentiers de ski et de randonnées, de lieux de jardinage et d'espaces de stationnement. Les champs magnétiques moyens selon l'utilisation des emprises varient entre 0,46 et 1,43 μT . Du fait du faible échantillonnage, on ne peut considérer ces mesures représentatives de ce type d'utilisation, elles confirment néanmoins l'augmentation des expositions lors de l'utilisation des emprises des lignes à haute tension.

2.2.3 Exposition en milieu scolaire

L'évaluation de l'exposition en milieu scolaire a également suscité un certain intérêt au cours des dernières années. Ainsi, Sun *et al.* (1995) rapportent des niveaux moyens de CM de 0,082 μT (MA) et de 0,033 μT (MG) mesurés dans 79 écoles du Carleton Board of Education en Ontario. Sur près de 43 000 mesures, 7,8 % des données ont un niveau supérieur à 0,2 μT . Comme source intérieure importante de champ, les auteurs rapportent le câblage électrique des planchers et les dactylos électriques. Il n'y a pas de différences statistiquement significatives entre les écoles localisées près de lignes de transport d'électricité et celles localisées loin de telles lignes. Le faible nombre d'écoles ($n = 8$) localisées à proximité de ce type de ligne ne nous permet pas de porter un jugement concluant sur l'importance de ces lignes sur l'exposition en milieu scolaire.

Le California EMF Program (California Department of Health Services and the Public Health Institute, 2001) a mené durant 3 ans un vaste programme d'évaluation des niveaux de CM en milieu scolaire. Les mesures proviennent de 5403 locaux dont 3193 salles de classe réparties dans 89 écoles. La médiane du CM est assez faible, tant dans les classes (0,039 μT) que dans les autres aires scolaires (0,042 μT). La proportion de classes ayant une moyenne de CM supérieure à 0,3 μT est de 2,1 % tandis qu'elle est de 1,2 % pour un seuil de 0,4 μT . L'étude a permis d'identifier les principales sources d'émission de CM à l'intérieur du milieu scolaire et par ordre d'importance : le courant de mise à la terre, les lumières fluorescentes, les lignes de distribution, les panneaux électriques et l'équipement de bureau. Pour l'ensemble de la Californie, il est estimé que les lignes à haute tension sont

responsables de niveaux de CM moyens supérieurs à 0,2 μT dans seulement 0,05 % des cas (140 classes sur 268 300) tandis que cette proportion est de 0,48 % (1300 classes) lorsque l'on considère la contribution des lignes de distribution.

Au Canada, Deadman *et al.* (1999) ont mesuré, dans le cadre d'une étude épidémiologique, l'exposition aux CEM à l'aide de l'appareil Positron auprès d'enfants de 5 provinces. Dans l'étude, 214 enfants ont des mesures en milieu scolaire dont 92 résident au Québec. La moyenne arithmétique du CM pendant la période scolaire pour l'ensemble des enfants canadiens est de 0,116 μT (IC à 95 %¹ : 0,093-0,125) tandis qu'elle est de 0,141 μT (IC à 95 % = 0,103-0,166) chez les participants du Québec. La moyenne du CE en période scolaire mesuré à l'aide du même appareil est de 9,3 V/m (IC à 95 % = 8,2-10,9) pour l'ensemble des enfants comparativement à 10,1 V/m (IC à 95 % = 8,0-13,5) chez les enfants québécois. Du fait que l'appareil soit porté par les participants, il faut considérer que la mesure du CE est un champ « perturbé ». Les intensités de CM mesurées dans l'étude canadienne sont supérieures à ce qui est rapporté par le California Department of Health Services et le Public Health Institute cité précédemment. Toutefois, les méthodologies utilisées étant différentes, la comparaison demeure délicate (mesures ponctuelles en Californie vs mesures personnelles dans l'étude canadienne).

Au Québec, Gauvin *et al.* (2003) ont mesuré l'intensité du CM dans 21 classes de 10 écoles pourvues de planchers électriques chauffants. Les mesures ponctuelles prises à 50 cm de hauteur montrent des niveaux élevés pour trois locaux où les systèmes de chauffage sont munis d'un dispositif de transformation de tension. Les moyennes de CM dans ces locaux se situent entre 31 et 39 μT comparativement à des moyennes entre 0,05 et 2,4 μT pour les planchers chauffants sans dispositif de transformation de tension. Des mesures prises au niveau du sol montrent, pour les systèmes avec transformation de tension, des dépassements de la recommandation de l'ICNIRP avec une intensité maximale de près de 500 μT .

Enfin, selon des estimations réalisées par Hydro-Québec à l'aide des dossiers géomatiques, 19 des 3239 établissements scolaires du Québec auraient un niveau moyen égal ou supérieur à 0,4 μT , CM résultant de la proximité des lignes à haute tension (Goulet *et al.* 2004).

2.3 EXPOSITION RÉSIDENTIELLE

2.3.1 Exposition générale de la population

Les méthodologies d'évaluation des niveaux de CE et de CM en milieu résidentiel se sont raffinées depuis que l'hypothèse d'un lien possible entre l'exposition aux CEM et l'apparition de certains effets à la santé a été soulevée. De façon globale, on peut regrouper ces méthodes en deux grandes catégories soit la prise de mesures des champs (mesures ponctuelles, stationnaires, par dosimétrie) ou l'évaluation indirecte (distance des infrastructures électriques, calcul des champs, codification des câblages) (voir tableau 2.2). D'autres paramètres peuvent également être considérés lors de la prédiction de l'exposition de la population au CM dont entre autres les courants d'alimentation, de mise à la terre et de neutre, la température extérieure ainsi que le matériau de la conduite d'aqueduc.

¹ IC à 95 % : intervalle de confiance à 95 %.

Tableau 2.2 Principales méthodes d'évaluation de l'exposition au champ magnétique en épidémiologie

| | Méthode d'évaluation des CEM | Source d'exposition | Contrainte/avantage |
|--|---|--|--|
| Mesure des champs | Mesures ponctuelles ou mesures stationnaires sur une période de temps | Toutes sources | <ul style="list-style-type: none"> Évaluation de l'exposition sur le court et moyen terme Peut être lourde à mettre en œuvre |
| | Dosimétrie individuelle | Toutes sources | <ul style="list-style-type: none"> Évaluation sur le court et moyen terme Nécessite la participation des sujets |
| Méthodes indirectes de l'évaluation des champs | Distance | Selon la distance à laquelle se trouvent les lignes électriques extérieures | <ul style="list-style-type: none"> Facile d'application Pas de participation requise du sujet Méthode non validée et très imprécise |
| | Calcul des champs | Modélisation du champ magnétique selon la distance de la ligne à haute tension, le type de ligne et la charge en courant dans la ligne | <ul style="list-style-type: none"> Permet l'évaluation de l'exposition antérieure du champ magnétique Pas de participation requise du sujet Ne tient compte que des lignes à haute tension comme sources d'exposition |
| | Codification du câblage (wire code) | Selon la proximité des lignes de transport et de distribution de l'électricité | <ul style="list-style-type: none"> Classement de l'exposition en 4 ou 5 classes Pas de participation requise du sujet Chevauchement important entre les classes d'exposition |

Adapté de Guénel *et al.*, 2003.

De manière générale, on considère que les mesures de champs, soit par mesures ponctuelles, mesures fixes à long terme (ex. : 24, 48 h) ou par dosimétrie, permettent une meilleure évaluation de l'exposition résidentielle de la population. Elles ont par contre l'inconvénient d'être plus difficiles à mettre en œuvre et n'évaluent que l'exposition récente. Les méthodes indirectes quant à elles ont l'avantage de permettre l'estimation de l'exposition historique tout en demeurant facilement accessibles car elles ne demandent pas la participation de la population. Elles demeurent néanmoins moins précises, principalement quant à l'exposition résidentielle pouvant résulter de l'utilisation d'appareils électriques domestiques ou encore de la configuration électrique particulière de la résidence (mise à la terre, filage électrique de la résidence, etc.). La codification des câblages, telle que celle proposée par Wertheimer et Leeper (1979) a été l'une des premières méthodes indirectes d'exposition utilisée dans le cadre d'études épidémiologiques. Bien que permettant une certaine catégorisation des niveaux de champ, elle demeure une méthode d'estimation d'exposition imprécise avec des chevauchements importants entre les classes d'exposition quand on la compare à des mesures réelles. De plus, cette codification est non adaptée aux lignes de transport à 735 kV, lignes pouvant émettre des niveaux de CM supérieurs à l'exposition moyenne sur de plus grandes distances que les autres types de lignes de transport (Levallois *et al.*, 1995). Enfin, comme l'intensité du CE peut être réduite par la plupart des structures, les méthodes indirectes d'exposition ne s'appliquent pas à ce type de champ.

Plusieurs hypothèses ont été émises quant aux paramètres d'exposition à considérer lors de l'évaluation du risque associé aux CEM (moyenne, médiane, intensité maximale, indices de variabilité, niveau seuil, pourcentage de temps au-dessus de certains seuils, fréquences harmoniques, etc.). Malheureusement, les connaissances actuelles ne permettent pas de

statuer sur l'importance de chacun de ces indices pour prédire un risque possible pour la population lors d'une exposition chronique. Bien que dans le présent document nous présentons principalement la moyenne des expositions, la prise en considération de chacun de ces indices conserve son importance.

En lien avec ces divers indices d'exposition, Maruvada et Jutras (1991) observent, lors d'une étude réalisée dans 18 logements au Québec, que le CM a une meilleure corrélation avec les courants dans la mise à la terre qu'avec les courants d'alimentation ou les courants du fil de neutre. Ils observent également que les mesures sur 24 heures sont bien corrélées avec les valeurs moyennes de mesures ponctuelles. Pour leur part, Armstrong *et al.* (1990) rapportent également, selon une étude canadienne réalisée auprès de 632 enfants, une bonne corrélation entre les mesures stationnaires sur 24 heures dans la chambre à coucher et les mesures ponctuelles extérieures. Levallois *et al.* (1999) ont comparé la corrélation entre des mesures stationnaires sur 24 heures dans la salle de séjour et des mesures personnelles à l'aide d'un dosimètre porté à la ceinture de 35 participants résidant près ou loin de lignes à haute tension à 735 kV. Les auteurs observent une corrélation moyenne (coefficient de corrélation entre 0,5 et 0,7) pour les périodes à la résidence et une corrélation légèrement inférieure lorsque l'on considère la période sur 24 heures (coefficient de corrélation entre 0,5 et 0,6). Enfin, Turgeon *et al.* (2004) observent, lors d'une étude québécoise auprès de 220 participants résidant près d'une ligne à 735 kV, une bonne corrélation entre les champs calculés à l'aide d'un modèle statistique et les champs mesurés. Une meilleure corrélation est observée pour les résidences desservies par un réseau d'aqueduc en fer comparativement aux résidences desservies par des réseaux d'aqueduc en plastique (0,76 vs 0,91 respectivement).

Swanson et Kaune (1999) ont comparé les résultats de 27 études d'exposition au CM résidentiel réalisées à travers le monde. Ces auteurs présentent les résultats en fonction des diverses techniques d'évaluation soit les mesures ponctuelles, à long terme et les mesures personnelles. Quatorze études sont réalisées en Amérique du Nord, 5 au Royaume-Uni et 8 dans certains pays d'Europe. Cette analyse vise à comparer les niveaux de CM résidentiel moyens de divers pays. Les mesures sont prises loin des appareils électriques et les maisons localisées à proximité de lignes à haute tension (représentant une faible fraction de l'ensemble des maisons) sont exclues de l'analyse lorsque possible. Lorsque les données proviennent d'études épidémiologiques, les résultats sont restreints aux témoins, mais quelques cas sont inclus lorsque la séparation est non réalisable. Cependant, dans une telle situation, les associations observées entre l'exposition et la maladie sont non significatives. Le résumé de ces analyses, auquel nous avons ajouté à titre comparatif quelques études réalisées auprès de la population québécoise, est présenté aux figures 2.2 à 2.4.

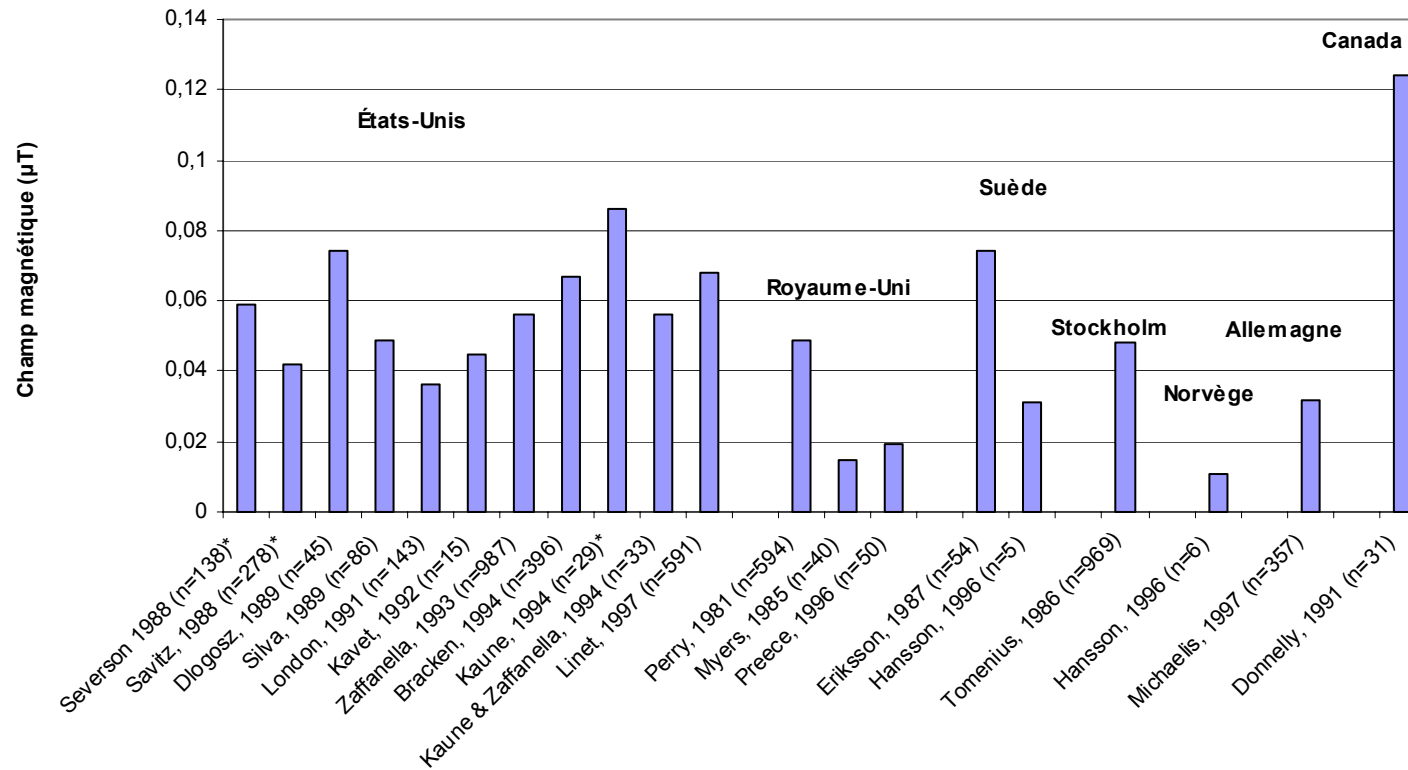
À la lecture des mesures ponctuelles, on constate la variabilité des moyennes géométriques entre les pays et également à l'intérieur d'un même pays (ex. : États-Unis : min. 0,036 μ T, max. 0,11 μ T). Les mesures personnelles sont en général plus élevées que les mesures stationnaires à long terme, le ratio se situant entre 1,0 et 2,3 avec une moyenne de 1,44. Une des causes possibles expliquant cette variabilité du CM peut être les différences entre les configurations électriques des résidences et l'importance du courant dans le réseau durant le jour. La localisation de la prise de mesures pourrait expliquer la variabilité importante que l'on observe entre les trois études du Royaume-Uni. Dans l'étude de Perry, les mesures ayant

été prises à la porte avant de la résidence peuvent ainsi être sous l'influence de sources extérieures émettrices de CM. Les auteurs émettent également l'hypothèse d'un biais possible résultant de l'appareil de mesure utilisé.

L'intensité du CM résidentiel aux États-Unis (de l'ordre de 0,06-0,07 μT) serait de 1,5 à 1,9 fois supérieure à ce que l'on retrouve au Royaume-Uni. Les différences au niveau des infrastructures ainsi que le voltage du système de distribution alimentant les résidences étant inférieur de moitié aux États-Unis, expliqueraient ces écarts (Merchant et Renew, 1994).

Au Canada, les deux études rapportées par Swanson et Kaune (Donnelly et Agnew, 1991; Mader *et al.*, 1990) ont été réalisées à Toronto en Ontario. On observe une grande variabilité des mesures à long terme avec des moyennes géométriques respectives de 0,107 et 0,048 μT . Dans l'étude de Donnelly, quelques maisons se trouvent à proximité de lignes à haute tension.

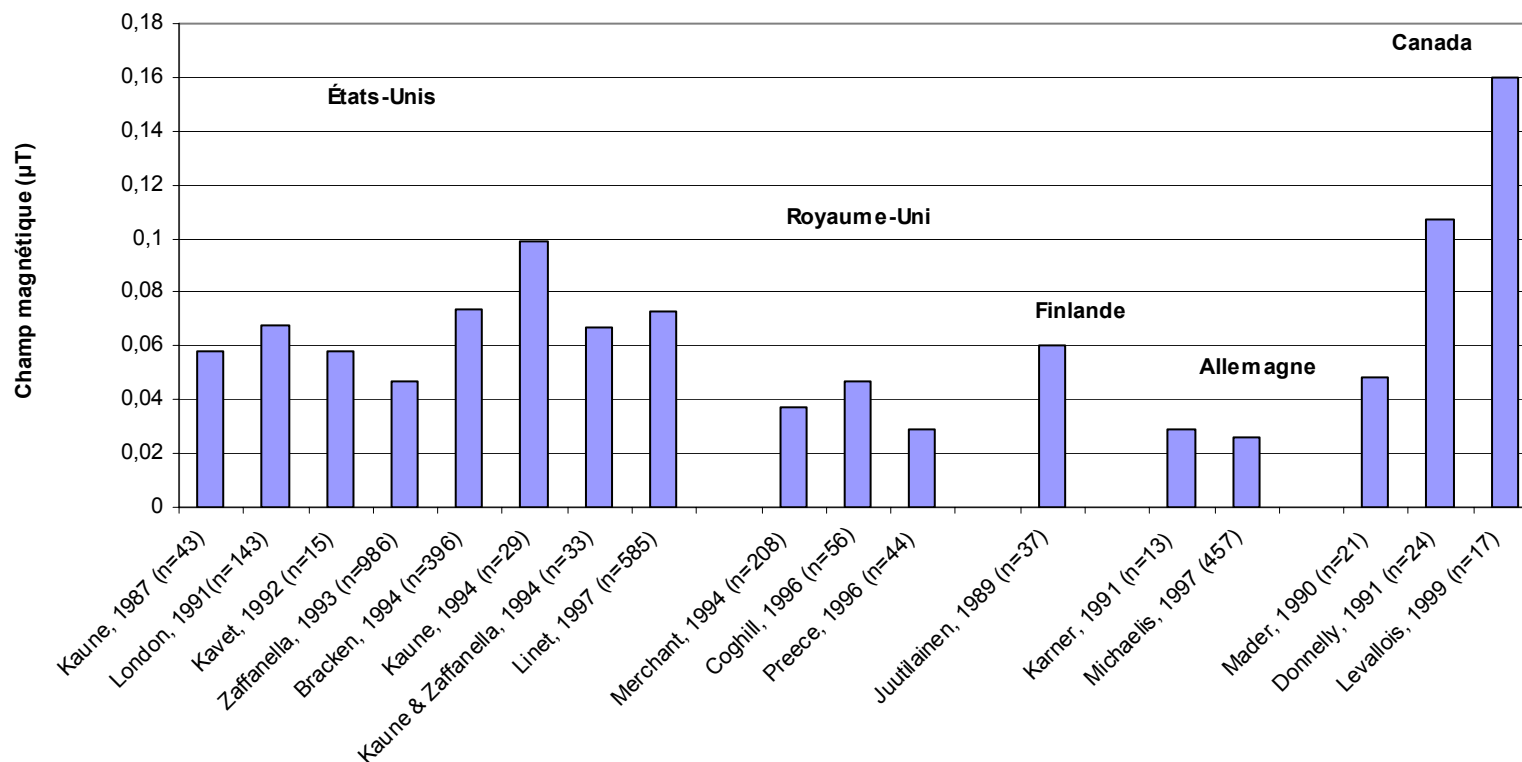
Figure 2.2 Moyenne géométrique des mesures ponctuelles résidentielles au champ magnétique dans divers pays



* En condition « low power »

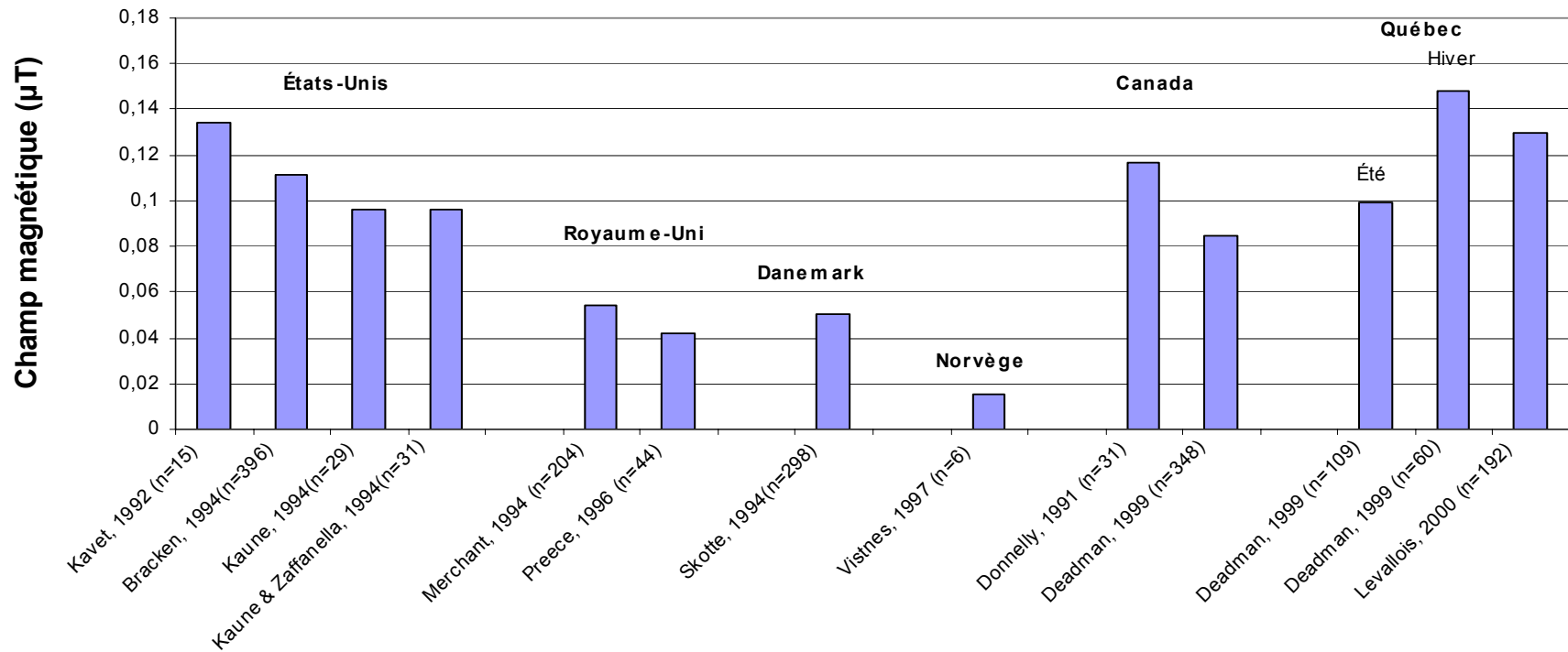
Adapté de Swanson et Kaune, 1999.

Figure 2.3 Moyenne géométrique des mesures résidentielles à long terme au champ magnétique dans divers pays



Adapté de Swanson et Kaune, 1999; Levallois, 1999.

Figure 2.4 Moyenne géométrique des mesures personnelles au champ magnétique en milieu résidentiel dans divers pays



Adapté de Swanson et Kaune, 1999; Deadman, 1999; Levallois, 2000b.

Les études de Deadman *et al.* (1999), Armstrong *et al.* (2001) et Levallois *et al.* (1995, 2001) apportent des informations intéressantes quant à l'évaluation de l'exposition aux CEM de la population québécoise. Ainsi, l'étude de Deadman s'est réalisée auprès de 382 enfants (participant à l'étude épidémiologique canadienne sur la leucémie chez l'enfant) résidant dans 5 provinces canadiennes, dont le Québec. L'évaluation de l'exposition personnelle couvrant sur 48 heures, 5 périodes sont analysées soit le temps à la résidence de jour, à l'école, à l'extérieur, la période du sommeil et la période totale. Des mesures fixes sont également réalisées sur une période de 24 heures. Pour sa part, Armstrong *et al.* (2001) présentent l'exposition personnelle de 632 enfants (cas et témoins), évaluation réalisée dans le cadre de la même étude canadienne. Les moyennes géométriques du CM personnel pour les 5 provinces canadiennes et le Québec sont respectivement de 0,084 et 0,11 μT (Armstrong *et al.*, 2001). La moyenne d'exposition pour les 5 provinces canadiennes est similaire à ce qu'ont observé Foliart *et al.* (2001) dans le cadre d'une étude sur l'exposition personnelle sur 24 heures réalisée auprès de 356 enfants des États-Unis et du Canada atteints de leucémie avec une moyenne géométrique de 0,08 μT . Lorsque l'on considère les saisons d'exposition séparément, on constate pour le Québec des variations notables avec un CM moyen (MG) de 0,148 μT pour l'hiver et de 0,099 μT pour la période estivale (Deadman *et al.*, 1999) pouvant s'expliquer par la demande en énergie plus forte en hiver pour l'alimentation des systèmes de chauffage des résidences.

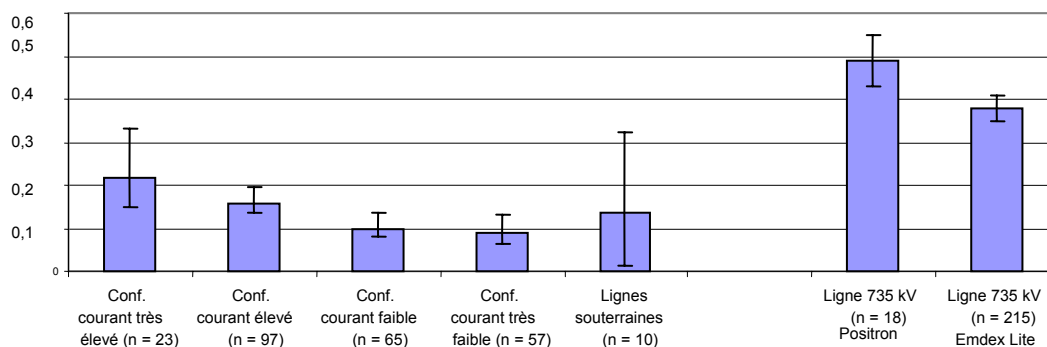
Levallois *et al.* (1995, 2001) observent auprès de citoyens demeurant à plus de 400 mètres de lignes à haute tension, des moyennes (moyennes géométriques de moyennes arithmétiques) pour l'exposition totale de 0,17 μT (1995) et 0,13 μT (2001). Lors de la première étude, publiée en 1994, l'échantillonnage ne considère que 17 participants demeurant loin de toute ligne de transport. Le CE mesuré à l'aide du Positron (champ perturbé) nous indique des niveaux moyens (moyennes géométriques) pour la période totale à la maison de 14 V/m. Pour la seconde étude, publiée en 2001, 192 participants résidant loin de lignes à haute tension ont participé à l'évaluation. La moyenne des mesures ponctuelles de CE prises dans la cuisine, la salle de séjour et la chambre à coucher est de 5,8 V/m (champ non perturbé mesuré à au moins 1 mètre de l'opérateur et de tout objet).

Maruvada et Jutras (1991) ont également caractérisé sur une période de 24 heures le CM dans différents milieux dont le milieu résidentiel, 18 habitations comprenant des maisons unifamiliales, des multiplex et des appartements dans des bâtiments multilogements. Les mesures sont effectuées dans le salon, la cuisine et la chambre à coucher. La médiane observée est de 0,125 μT , soit dans le même ordre de grandeur que dans les autres études québécoises.

Deadman et Plante (2002) ont procédé à une analyse détaillée des données de CM ambiant de l'étude épidémiologique canadienne. Ainsi, les résultats d'exposition de 124 enfants atteints de leucémie et de 139 témoins sont réanalysés selon, entre autres, la distance des lignes électriques, du type d'habitation et selon la configuration des lignes électriques telle que proposée par Wertheimer et Leeper. Le champ magnétique est calculé selon les moyennes arithmétiques des moyennes géométriques des champs mesurés pendant 24 heures dans la chambre à coucher des enfants. Les figures 2.5 et 2.6 présentent un sommaire de ces données. Ainsi, selon la codification des câblages, on observe un CM supérieur dans les résidences ayant une configuration à courant très élevé (0,216 μT) ou élevé (0,156 μT).

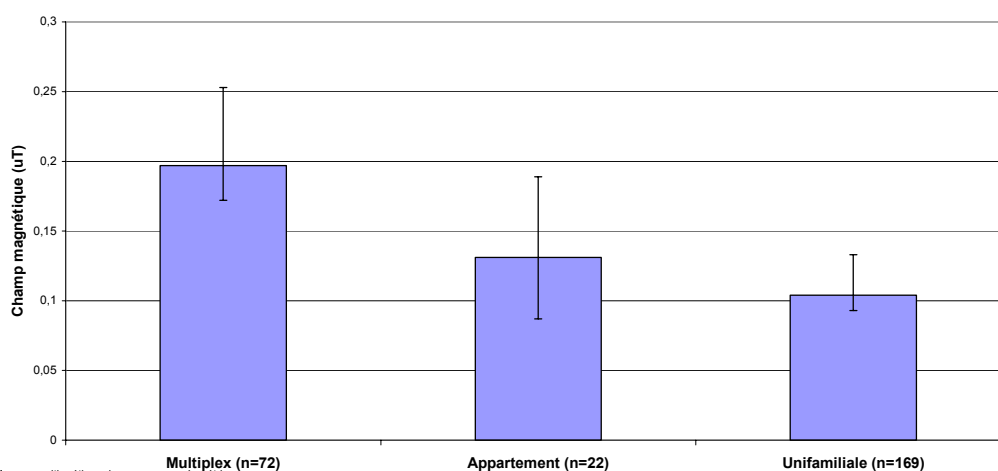
En fonction du type d'habitation, on constate une moyenne de CM plus élevée auprès des multiplex (5 unités familiales) (0,197 μ T) comparativement aux appartements ou habitations unifamiliales. Les auteurs rapportent néanmoins que la classification Wertheimer et Leeper, ainsi que le type d'habitation montrent de faibles associations avec les champs mesurés ($R^2 = 10$ et 11 % respectivement).

Figure 2.5 Exposition résidentielle au champ magnétique au Québec (IC à 95 %) en fonction du type de configuration électrique extérieure (codification Wertheimer) comparée à l'exposition liée à la proximité d'une ligne à 735 kV



Sources : Deadman, 2002; Levallois, 2000b.

Figure 2.6 Exposition résidentielle au champ magnétique (IC à 95 %) en fonction du type d'habitation au Québec



Moyenne arithmétique des moyennes géométriques.

Source : Deadman, 2002.

2.3.2 Exposition résidentielle près des lignes à haute tension

Les lignes à haute tension situées à proximité d'habitations contribuent de façon significative à une exposition au CM (Kavet *et al.*, 1992; Li *et al.*, 1997; Maruvada *et al.*, 1997; Merchant et Renew, 1994; Levallois, 1995, 1999, 2000b). L'intensité du champ est fonction de la proximité de la ligne mais également du niveau de courant (ampérage) transporté dans ces lignes.

Au Québec, Maruvada *et al.* (1997) ont mesuré l'exposition personnelle sur 48 heures (appareil Emdex Lite) auprès de participants de 94 résidences localisées à proximité (< 100 m) ou loin (> max.) de lignes à haute tension de 120, 315 et 735 kV. Les champs magnétiques présentés au tableau 2.3 indiquent des expositions plus élevées par un ratio de 1,38 à 4,9 pour la période à la résidence pour les participants localisés près des lignes à haute tension, la ligne à 735 kV exposant le plus la population. Lorsque l'on considère l'exposition totale, ces ratios entre les deux groupes de population se situent entre 1 et 3,5 avec un champ magnétique de 0,42 μT près des lignes à 735 kV comparativement à 0,12 μT loin de telles lignes. Il est intéressant d'observer que les participants résidant près des lignes à 120 kV ont une exposition supérieure à ceux résidant près des lignes à 315 kV, la largeur de l'emprise de cette dernière pouvant expliquer ces résultats.

Tableau 2.3 Exposition personnelle au champ magnétique pour des populations québécoises demeurant près de lignes à haute tension versus loin de telles lignes

| Type de champ | Auteur | Tension de la ligne (kV) | Intensité du champ pour la période à la résidence (nombre de participants) | | Intensité du champ pour la période totale (nombre de participants) | |
|------------------|------------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--|--------------------------|
| | | | Loin des lignes | Près des lignes | Loin des lignes | Près des lignes |
| Champ magnétique | Maruvada, 1997 ¹ | 120 | 0,29 μT (16) | 0,40 μT (15) | 0,24 μT (16) | 0,33 μT (15) |
| | | 315 | 0,13 μT (16) | 0,19 μT (16) | 0,15 μT (16) | 0,15 μT (16) |
| | | 735 | 0,12 μT (16) | 0,59 μT (16) | 0,12 μT (16) | 0,42 μT (16) |
| | Levallois, 1995 ² | 735 | 0,16 μT (17) | 0,71 μT (18) | 0,17 μT (17) | 0,49 μT (18) |
| | Levallois, 2000 ² | 735 | 0,12 μT (192) | 0,38 μT (215) | 0,13 μT (192) | 0,33 μT (215) |
| Champ électrique | Levallois, 1995 ³ | 735 | 14,0 V/m | 26,3 V/m | 11,4 V/m | 18,9 V/m |

¹ Moyenne arithmétique

² Moyenne géométrique des moyennes arithmétiques

³ Moyenne géométrique des moyennes arithmétiques (champ perturbé)

Levallois *et al.* ont caractérisé les niveaux de CM pour les populations résidant près de lignes à 735 kV (1995, 2000b). Lors de la première étude, l'exposition personnelle de 18 personnes demeurant dans des résidences unifamiliales près de lignes à haute tension à 735 kV a été évaluée à l'aide de l'appareil Positron (modèle 378108) sur une période de 24 heures. Les participants près des lignes étaient plus exposés au CM, avec un ratio de 4,4 pour la période à la résidence, comparés aux 17 participants demeurant loin des lignes à haute tension (CM de 0,71 μT près des lignes). Pour la période totale d'exposition, la moyenne pour le groupe situé près des lignes était de 0,49 μT comparée à 0,17 μT pour le groupe demeurant loin. Le champ électrique mesuré à l'aide du même appareil indique pour la période à la résidence également un niveau plus élevé pour les populations résidant près des

lignes, soit 26,3 V/m comparé à 14,0 V/m. Néanmoins, considérant le faible échantillonnage de cette étude, une certaine prudence est requise quant à l'interprétation de ces résultats.

Levallois *et al.* (2000b, 2001) ont complété une vaste étude visant à vérifier la variation de l'excrétion urinaire de la sulfatoxy mélatonine chez des populations demeurant près ou loin de lignes à 735 kV. Deux cent vingt-six personnes de sexe féminin résidant dans des maisons unifamiliales près de lignes ont collaboré à l'étude. Les niveaux d'exposition, évalués sur une période de 24 heures, sont mesurés à l'aide de l'appareil Emdex Lite (Enertech Consultants, Californie). Pour la période à la résidence, le CM moyen pour ces participantes est de 0,38 μ T comparé à 0,12 μ T pour le groupe situé loin de telles lignes (192 participants). Pour la période totale sur 24 heures, le CM est supérieur pour le groupe près des lignes avec 0,33 μ T comparé à 0,13 μ T. Des mesures ponctuelles de CE non perturbé mesurées dans la chambre à coucher, la salle familiale et la cuisine nous confirment également l'influence des lignes à haute tension de 735 kV à la contribution électromagnétique à l'intérieur des résidences, le groupe situé près des lignes ayant une moyenne de CE de 10,5 V/m comparée à 5,7 V/m pour le groupe situé loin des lignes (moyenne arithmétique des moyennes géométriques).

L'analyse des résultats de CM en bordure d'emprise de lignes à haute tension en fonction de niveau seuil d'exposition, soit entre 0,2 et 0,4 μ T (niveau fréquemment utilisé lors d'études épidémiologiques) confirme l'importance de ces infrastructures quant à leur contribution comme source d'exposition (tableau 2.4). Ainsi, pour les populations demeurant près des lignes à 735 kV, Levallois *et al.* (2000b) observent dans leur étude que 83 % de la population a une moyenne d'exposition sur 24 heures supérieure à 0,2 μ T tandis qu'elle est de 58 % pour un seuil à 0,3 μ T et de 35 % pour un seuil supérieur à 0,4 μ T. Ces proportions sont nettement plus élevées que pour la population demeurant loin de telles lignes avec, par exemple, 1,9 % de la population avec un niveau de CM supérieur à 0,4 μ T. Ces résultats ne s'appliquent néanmoins que pour un type d'habitation précis (habitation unifamiliale) localisé à proximité de lignes de transport d'électricité et ne peuvent être interprétés représentatifs de l'ensemble des habitations.

Tableau 2.4 Distribution de l'exposition moyenne personnelle au champ magnétique sur 24 heures aux États-Unis et au Québec

| Exposition (μ T) | États-Unis ¹ (%) | Québec ² | |
|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | | Loin de ligne 735 kV n = 192 (%) | Près de ligne 735 kV n = 215 (%) |
| > 2 | 14,3 | 19,0 | 82,8 |
| > 3 | 6,3 | 5,5 | 58,1 |
| > 4 | 3,6 | 1,9 | 34,8 |

¹ Zaffanella, 1998 cité dans NIEHS, 2002.

² Levallois, 2000b.

Lors de l'étude pancanadienne sur la leucémie chez l'enfant, Deadman *et al.* (1999) rapportent que les proportions d'enfants canadiens excédant les niveaux de 0,2, 0,3 et 0,4 μ T sont respectivement de 14,5, 7,9 et 3,8 %. Au Québec, l'exposition totale supérieure à 0,2 μ T se retrouve chez 21,4 % des enfants. Selon certaines estimations, en comparant les

proportions de maisons individuelles détachées, d'habitations multiples et d'appartements et avec une exposition résidentielle moyenne au CM évaluée à 0,133 μ T, Deadman et Plante (2002) déterminent que la proportion de la population québécoise avec un niveau moyen supérieur à 0,4 μ T est d'environ 7 % soit en proportion 2 fois plus élevée que celle observée aux États-Unis (tableau 2.4). En bordure d'emprise d'une ligne à haute tension, ces auteurs estiment qu'entre 25 et 88 % de la population aurait un niveau moyen de CM résidentiel supérieur à 0,4 μ T. À l'échelle du Québec, environ 2 % du total des résidences aurait un niveau supérieur à 0,4 μ T lié à la proximité d'une ligne à haute tension. (Deadman et Plante, 2002).

2.4 CONCLUSION

La multiplicité des sources de CEM est associée à une grande variabilité des niveaux de champs observés auprès de la population. Les appareils ou installations électriques retrouvés dans notre environnement quotidien peuvent émettre des niveaux importants de CEM, excédant même parfois les recommandations internationales de l'ICNIRP. Toutefois, règle générale, ces expositions sont de très courte durée. Certains appareils domestiques, tels que les couvertures chauffantes ou les lits d'eau chauffants peuvent être responsables d'une exposition sur une plus longue période à des niveaux supérieurs à ce que l'on rencontre habituellement en milieu résidentiel. La technologie appliquée aux nouveaux modèles permet néanmoins de réduire passablement ces émissions.

Dans certains lieux publics, tels les espaces piétonniers, les emprises des lignes de transport d'électricité, dans les salles de classe pourvues d'un type particulier de plancher chauffant, l'exposition mesurée peut également être supérieure à la moyenne de la population générale. Il est toutefois difficile pour l'instant de préciser l'impact de ces diverses sources concernant l'exposition globale de la population. Les diverses études réalisées en milieu résidentiel nous confirment la variabilité des champs en fonction de nombreux facteurs : milieu rural ou urbain, configuration du réseau de transport ou de distribution, type d'habitation, filage électrique des résidences et mise à la terre, matériau du réseau d'aqueduc, etc. Lorsque l'on compare les données québécoises d'exposition, nous constatons que le Québec a une exposition moyenne supérieure aux autres provinces ou autres pays évalués. Selon certaines estimations, la proportion de la population ayant une exposition moyenne supérieure à 0,4 μ T serait d'environ 7 %.

Les lignes à haute tension, principalement celles à haut voltage, sont responsables d'une exposition notable de CM pour les résidences localisées à proximité. Cette exposition est en moyenne environ trois fois plus élevée pour les personnes résidant à proximité de lignes à 735 kV que le niveau d'exposition moyen de la population résidant loin de ces infrastructures. Cependant, à l'échelle du Québec le nombre de résidences localisées à proximité des lignes de transport et exposées à ces niveaux demeure limité, soit environ 2 %. Étonnamment, malgré l'effet bouclier créé par les habitations sur le CE, il a également été observé que les populations résidant à proximité des lignes à 735 kV avaient des niveaux supérieurs en CE, de l'ordre d'un facteur de 2, comparativement à celles demeurant dans le même type d'habitation mais loin de toute ligne à haute tension.

L'un des mandats confiés par le MSSS à notre groupe scientifique était de décrire les sources d'exposition aux CEM, en se limitant aux fréquences de 60 Hz (excluant le milieu de travail). Malgré l'imposante littérature sur le sujet, force est de constater que l'évaluation de l'exposition de la population aux CEM demeure encore aujourd'hui très imprécise à bien des égards. La découverte fortuite des expositions élevées résultant de l'utilisation de certains types de planchers chauffants est un exemple de la méconnaissance pouvant résulter de l'utilisation de certains appareils ou composantes électriques (Gauvin *et al.*, 2003). La connaissance de l'exposition de certains milieux ou environnements, tels que les milieux de travail, médical ou l'exposition liée aux moyens de transport, demeure encore parcellaire. L'acquisition d'un meilleur portrait de l'exposition résidentielle, représentatif du milieu bâti québécois, est également nécessaire. Dans l'éventualité où des mesures de réduction de l'exposition aux CEM devaient être proposées, une meilleure connaissance des diverses sources d'exposition serait nécessaire et les possibilités techniques de réduction de ces sources devraient être mieux documentées.

3 REVUE DES ÉTUDES ÉPIDÉMIOLOGIQUES RÉCENTES SUR LES EFFETS DES CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Suite à une recherche sur Medline, une revue des études épidémiologiques récentes a été réalisée. Les articles disponibles ont été répertoriés en utilisant les mots-clés suivants : champ magnétique, champ électrique, champs électromagnétiques, fréquences extrêmement basses, étude épidémiologique, leucémie, cancer et santé. La période couverte allait de janvier 1999 à décembre 2004. Des études importantes réalisées précédemment ainsi que les rapports récents d'organisations reconnues (IARC, 2002; NIEHS, 2002; FPTRPC, 2002; NRPB, 2004; WHO 2005), ont également été considérés.

Ce chapitre est subdivisé en trois sous-sections. La première présente les études concernant le risque de cancer chez l'enfant, principalement le risque de leucémie. La seconde, aborde les études sur le cancer chez l'adulte et enfin, en dernière section, celles concernant les autres problèmes de santé soit : les troubles de la reproduction, les troubles dépressifs, les maladies neurodégénératives et les problèmes cardiovasculaires.

Afin de rendre plus facile la lecture de ce rapport, les tableaux de ce chapitre sont regroupés à l'annexe 2.

3.1 ÉTUDES SUR LE CANCER CHEZ L'ENFANT

Le tableau 3.1 présente de façon détaillée la méthodologie, les principaux résultats ainsi que quelques commentaires sur les études répertoriées.

3.1.1 Leucémie

3.1.1.1 Études réalisées avant 2000

L'étude de Linet et al. (1997) a été réalisée dans 9 États américains. Elle évalue l'association entre la leucémie chez l'enfant et l'exposition au CM en milieu résidentiel. Seule la leucémie aiguë lymphocytaire (LAL) est étudiée. Cette étude a une bonne taille de l'échantillon (638 cas et 620 témoins), un bon taux de participation pour la mesure du CM dans les résidences des cas. De plus, une validation des mesures de CM prises à l'intérieur et à l'extérieur des résidences et plusieurs facteurs de confusion sont pris en considération. Les résultats montrent de faibles associations statistiquement non significatives sauf lorsque l'on considère l'exposition moyenne pondérée au CM se situant entre 0,40 et 0,49 μT dans la résidence : odd ratio (OR) = 3,28 (IC à 95 % = 1,15-9,39). Il faut néanmoins préciser que la taille d'échantillon pour les expositions au CM > 0,2 μT est faible. Des résultats non significatifs sont observés lors de l'utilisation de la codification du réseau électrique selon les méthodes de Wertheimer-Leeper et Kaune-Savitz. Les auteurs concluent que leur étude apporte peu de preuves de l'existence d'un lien entre les niveaux élevés de CM mesurés (moyennes pondérées sur le temps) ou estimés selon la codification du réseau électrique (catégorie *very high*) et le risque de leucémie aiguë lymphocytaire.

L'étude de McBride *et al.* (1999) constitue une des grandes études sur les effets des CEM chez les enfants. Son but est d'évaluer l'association entre le développement de la leucémie chez l'enfant et l'exposition aux CEM au Canada. Elle a été effectuée dans 5 provinces (Québec, Colombie-Britannique, Alberta, Saskatchewan et Manitoba). Les points forts de ce travail sont d'abord la méthode utilisée pour estimer le CM par dosimétrie personnelle de 48 heures, ainsi que la taille de l'échantillon (399 cas et 399 témoins) et son bon taux de participation pour la mesure des CEM dans les résidences des sujets. De plus, la mesure du CE est effectuée sur 48 heures. Par contre, il faut souligner la faible taille de l'échantillon pour le CM $\geq 0,2 \mu\text{T}$ dans les résidences. Cette étude n'a pas observé d'association statistiquement significative entre la leucémie (ou la leucémie aiguë lymphocytaire) et l'exposition au CM : OR = 1,12 (IC à 95 % = 0,69-1,80) si exposition $\geq 0,2 \mu\text{T}$. Le même constat est fait pour les codifications du réseau électrique (wire code), selon les méthodes de Wertheimer-Leeper et Kaune-Savitz, où aucune association significative n'est observée. L'évaluation du CE ne montre pas non plus d'association avec la leucémie infantile.

Malgré ces résultats, il est intéressant de noter que Ahlbom *et al.* (2000) dans leur méta-analyse² rapportent pour l'étude de McBride les résultats suivants : RR = 1,55 (IC à 95 % = 0,65-3,68) si l'exposition $\geq 0,40 \mu\text{T}$, pendant 24 heures dans la chambre de l'enfant (voir tableau 3.2). Ces résultats sont aussi concordants avec ceux rapportés dans la méta-analyse de Greenland *et al.* (2000) qui inclut les résultats suivants pour l'étude de McBride : RR = 1,42 (IC à 95 % = 0,63-3,21) si l'exposition $> 0,3 \mu\text{T}$, par dosimétrie personnelle de 48 heures. Les enfants les plus exposés auraient une augmentation non significative du risque. Le faible nombre d'enfant dans la catégorie plus exposée ($> 0,3 \mu\text{T}$ ou $\geq 0,4 \mu\text{T}$) limite néanmoins l'interprétation de ces résultats.

L'étude de Green *et al.* (1999a,b) a été réalisée en Ontario. Son objectif est d'évaluer le risque de développement de la leucémie chez l'enfant et l'exposition aux CEM (1999a) et d'améliorer les méthodes d'évaluation de l'exposition (1999b). On observe dans la première étude (1999a) de fortes associations statistiquement significatives entre la leucémie et le CM estimé par dosimétrie dans les résidences. Les résultats montrent que si le CM $\geq 0,15 \mu\text{T}$, OR = 4,5 (IC à 95 % = 1,3-15,9) par rapport à la catégorie de référence (CM $< 0,03 \mu\text{T}$). Le même constat est fait entre la LAL et le CM mesuré sur le lit de l'enfant; en effet, si CM $\geq 0,11 \mu\text{T}$, OR = 3,7 (IC à 95 % = 1,0-13,7). Il n'y a pas d'association significative entre la leucémie infantile et l'exposition au CE. La deuxième analyse (1999b) montre des associations statistiquement significatives entre l'exposition au CM calculée autour de la résidence et la leucémie ou la LAL. À titre d'exemple, par rapport au groupe de référence (CM $< 0,03 \mu\text{T}$), si CM $\geq 0,15$, OR = 3,45 (IC à 95 % = 1,14-10,45) pour la leucémie; et OR = 5,77 (IC à 95 % = 1,58-21,10) pour la LAL. Il n'y a pas d'association pour les codifications du réseau électrique selon les méthodes de Wertheimer-Leeper et Kaune-Savitz. Bien que cette étude ait certains points forts similaires à l'étude de McBride *et al.* (1999), elle se caractérise par contre par certaines faiblesses méthodologiques dont une plus faible taille d'échantillon, particulièrement dans l'analyse de 1999b (88 cas et 113 témoins) et par une

² Méta-analyse : Revue systématique avec synthèse quantitative des résultats publiés ou disponibles de façon agrégée.

évaluation de l'exposition se situant longtemps après le diagnostic. Ces lacunes conditionnent une certaine prudence quant à l'interprétation des fortes associations observées ici.

L'étude des UK Childhood Cancer Study Investigators (1999; 2000a,b; 2002) a été réalisée en Angleterre, en Écosse et au Pays de Galles. Elle concerne la relation entre tous les cancers d'enfant et l'exposition aux CEM. La principale force de cette étude est la grande taille de l'échantillon avec entre autres pour les analyses de 1999, 2226 cas et 2226 témoins. Il faut néanmoins préciser que le nombre d'enfants exposés à des niveaux de CM $> 0,2 \mu\text{T}$ est très faible ($n = 21$). On observe aussi un faible taux de participation des témoins. De plus, dans les analyses de 1999 et de 2002, peu de covariables sont prises en considération. L'analyse publiée en 2000 présente une évaluation des effets (cancer, leucémie, LAL, cancer SNC) du CM provenant des installations électriques, tandis que celle publiée en 2002 estime ces mêmes effets par rapport au CE dans les résidences (mesures ponctuelles) et au CE non perturbé à proximité des résidences. Dans toutes ces analyses, les associations sont faibles dans la majorité des cas et statistiquement non significatives. Ainsi, pour la leucémie $\text{OR} = 0,27$ (IC à 95 % = 0,03-2,18) si exposition $\geq 0,4 \mu\text{T}$ (UK Childhood Cancer Study Investigators, 2000b).

L'analyse de Kleinerman *et al.* (2000) a été réalisée dans 9 États américains. Il s'agit d'une réanalyse de l'étude de Linet et Kleinerman *et al.* (1997). Les cas (408) et témoins (408) sont un sous-groupe de ceux des analyses de 1997. L'étude met l'accent sur la mesure de l'exposition au CM provenant des infrastructures électriques entourant les résidences et son association au risque de LAL. En effet, les auteurs ont créé une modélisation de l'exposition prenant en considération la distance des résidences des lignes électriques et la charge relative de lignes de transmission et de distribution situées à moins de 40 m d'une résidence. Les associations demeurent non significatives. À titre d'exemple, par rapport à la catégorie de référence (CM $< 0,09 \mu\text{T}$), pour CM en résidence $\geq 0,21 \mu\text{T}$, $\text{OR} = 0,98$ (IC à 95 % = 0,59-1,63). Peu de facteurs de confusion sont considérés. Dans cette analyse, le nombre de cas exposés à plus de $0,20 \mu\text{T}$ est faible.

3.1.1.2 Études réalisées depuis 2000

Il y a eu deux publications récentes de synthèse quantitative de la littérature sous forme de méta-analyse et de *pooling*³ (présentées au tableau 3.2). Dans une analyse intégrant 9 études bien conduites (Ahlbom *et al.* 2000), on n'observe aucun excès de risque significatif pour les catégories d'exposition au CM $< 0,4 \mu\text{T}$. Par contre, un risque doublé est observé pour les expositions $\geq 0,40 \mu\text{T}$, $\text{RR} = 2$ (IC à 95 % = 1,27-3,13). Les critères d'inclusion des études étaient basés sur les mesures de CM de 24-48 h ou sur les estimations de CM à partir des calculs. L'autre analyse de Greenland *et al.* (2000) intègre 15 études basées sur des critères d'inclusion moins restrictifs (les mêmes que précédemment en plus des mesures de CM par dosimétrie personnelle). Ces auteurs rapportent un risque relatif global de 1,68 (IC à 95 % = 1,23-2,31) pour les expositions $> 0,3 \mu\text{T}$.

Les études individuelles publiées récemment sont présentées au tableau 3.1 à la suite des études plus anciennes. L'étude de Bianchi *et al.* (2000) a été réalisée dans la province de Varese (Italie). Son objectif est d'évaluer le risque de leucémie chez l'enfant dû à l'exposition

³ *Pooling* : Synthèse quantitative des résultats de plusieurs études à partir des données brutes.

aux CEM provenant des lignes à haute tension. Dans cette étude, les lignes à haute tension sont la principale source d'exposition au CM résidentiel. Sur les 513 enfants étudiés (dont 101 cas et 412 témoins), seulement 23 sujets sont exposés au CM émis des lignes à haute tension. La principale limite méthodologique est le très faible nombre d'exposés. En effet, sur les 23 enfants vivant à moins de 150 m d'une ligne à haute tension, seulement 6 étaient exposés à plus de 0,1 μT . La puissance statistique de l'étude est donc très faible avec un intervalle de confiance très large. Enfin, peu de covariables sont prises en considération. Les auteurs trouvent cependant des associations importantes non significatives avec le CM : OR = 4,51 (IC à 95 % = 0,88-23,17) si exposition > 0,1 μT .

L'étude de Schüz *et al.* (2001) a été réalisée en Allemagne. Elle concerne l'évaluation du risque de leucémie chez l'enfant pour une exposition résidentielle au CM > 0,2 μT . En plus de la taille de l'échantillon (514 cas et 1301 témoins) et de la prise de mesures ponctuelles de CM, les auteurs ont effectué des mesures de CM de 24 h sous le lit de l'enfant et dans la salle de séjour de la résidence où l'enfant a vécu le plus longtemps (sauf lorsque 2 résidences sont habitées de durée égale) avant le diagnostic de leucémie aiguë. Aucune mesure de dosimétrie personnelle au CM n'est réalisée. Le deuxième point intéressant est l'évaluation du risque de leucémie pour la période d'exposition durant la nuit. Le risque de leucémie aiguë et de LAL est significativement élevé pour l'exposition la nuit, dans la chambre de l'enfant. Par rapport au groupe de référence (CM < 0,20 μT), un CM \geq 0,20 μT , OR = 3,21 (IC à 95 % = 1,33-7,80) pour la leucémie aiguë et OR = 3,36 (IC à 95 % = 1,35-8,37) pour la LAL. Bien que la taille de l'échantillon soit élevée, la principale faiblesse de l'étude est le fait que très peu d'enfants aient vécu avec une exposition au CM \geq 0,2 μT .

L'étude de Söderberg *et al.* (2002) compare le risque de leucémie chez des enfants suédois entre 0 et 16 ans en lien avec l'exposition au CM provenant de l'utilisateur d'incubateur. L'intensité et la durée d'exposition ainsi que la considération de niveau seuil (0,6 et 1,0 μT) sont évaluées chez 647 cas et témoins. Les auteurs n'observent pas de relations significatives tant pour toutes leucémies que pour la LAL ou la leucémie aiguë myéloïde. Bien qu'ayant comme éléments de force la prise en compte de plusieurs covariables, l'étude ne comporte qu'un faible effectif pour le groupe exposé. De plus, l'utilisation rétrospective des incubateurs étant imprécise, il y a possibilité d'erreur de classement de l'exposition.

Enfin, l'étude d'Infante-Rivard et Deadman (2003), réalisée au Québec, évalue le risque de leucémie aiguë lymphocytaire chez l'enfant en lien avec l'exposition au CM des mères durant la grossesse. L'exposition en milieu de travail est estimée à l'aide d'une matrice emploi exposition développée par Deadman et Infante-Rivard (2002) tandis qu'en milieu résidentiel, les auteurs ont considéré l'utilisation de couverture chauffante, de matelas ou lit d'eau chauffant. Quatre cent quatre-vingt-onze (491) enfants âgés entre 0 et 9 ans et ayant souffert de LAL sont comparés à un même nombre d'enfants témoins. Les auteurs rapportent pour une exposition maximale \geq 0,4 μT , mesurée selon une moyenne pondérée sur le temps durant une semaine et ajustée selon l'âge de la mère, son état de santé et le fait d'avoir des enfants au moment de la grossesse : OR = 2,4 (IC à 95 % = 1,3-4,2). Il n'y a toutefois aucune relation dose-réponse observée lorsque les catégories par percentile sont étudiées. Les principales forces de l'étude sont le haut taux de participation et la considération de plusieurs

facteurs de confusion. Par contre, le modèle d'estimation de l'exposition en milieu de travail nécessite validation et aucune mesure d'exposition en milieu résidentiel n'est réalisée.

Les figures 3.1 à 3.5, situées à la suite des tableaux de l'annexe 2, présentent visuellement les principaux résultats des études discutées précédemment sur la leucémie chez l'enfant et l'exposition résidentielle.

Bien que les nouvelles études semblent confirmer l'association entre la leucémie chez l'enfant et l'exposition au CM, on doit remarquer que la qualité générale de ces études est faible et peu d'enfants sont exposés à des champs supérieurs à 0,2 μ T. Ceci rend très difficile l'étude des effets possibles d'une telle exposition.

3.1.2 Autres cancers

L'étude du UK Childhood Cancer Study Investigators (1999) (tableau 3.1) n'a pas trouvé d'association significative pour les autres sièges de cancer. Pour les lignes au voisinage des maisons, si $CM \geq 0,2 \mu T$, $OR = 0,62$ (IC à 95 % = 0,24-1,61) pour tous cancers et $OR = 0,48$ (IC à 95 % = 0,06-3,76) pour cancers du SNC. Il n'y a également pas de lien observé avec le CE.

L'étude de De Roos *et al.* (2001), présentée au tableau 3.3, a été réalisée au Canada et aux États-Unis. Il s'agit d'une étude cas-témoins multicentrique évaluant l'incidence du neuroblastome chez des enfants pour des expositions parentales aux CEM et aux radiations. L'exposition est évaluée par la matrice emploi/exposition, les équipements électriques et les sources de radiation en milieu de travail. Une lacune méthodologique est le manque de mesures de CM chez des enfants. On peut mentionner la bonne taille de l'échantillon (538 cas et 504 témoins). Les principaux résultats de cette étude sont non significatifs. Ainsi, parmi les hommes, si l'exposition $> 0,4 \mu T$, $OR = 1,4$ (IC à 95 % = 0,7-2,8) par rapport au groupe de référence ($CM \leq 0,15 \mu T$). Parmi les femmes, si l'exposition $> 0,3 \mu T$, $OR = 0,8$ (IC à 95 % = 0,5-1,3) par rapport au groupe de référence ($CM \leq 0,12 \mu T$).

La recherche sur les autres cancers chez l'enfant et l'exposition aux CEM est encore au stade embryonnaire. Les premières études épidémiologiques n'ont pas montré de lien.

3.2 ÉTUDES SUR LE CANCER CHEZ L'ADULTE

Cette deuxième section traitera des articles sur la leucémie, le cancer du cerveau, le cancer du sein et les autres cancers chez l'adulte. Les études sont présentées aux tableaux 3.4 à 3.7 de l'annexe 2.

3.2.1 Leucémie

Le tableau 3.4 présente les études récentes réalisées sur le sujet.

3.2.1.1 Nouvelles analyses d'études déjà publiées en milieu de travail

L'analyse de Villeneuve *et al.* (2000) a été réalisée à partir des données de l'étude de Thériault *et al.* (1994) sur les travailleurs de l'Ontario (Canada). Elle a pour but d'évaluer l'association entre le risque de cancer chez les travailleurs et différents indices d'exposition aux champs magnétique et électrique. Tout comme l'étude originale et l'analyse de Miller *et al.* (1996), il s'agit d'une méthodologie cas-témoins imbriquée dans une cohorte (biais de sélection limités). L'exposition évaluée par des mesures personnelles au CE et au CM à l'aide du dosimètre Positron et une matrice emploi/exposition au CM est établie. L'analyse de Villeneuve se caractérise cependant par un faible effectif (50 cas et 200 témoins), une estimation d'un seul effet (leucémie), la considération de nombreux facteurs de confusion et l'analyse statistique des données par l'utilisation des moyennes arithmétiques et géométriques. Les auteurs rapportent un risque élevé de leucémie pour l'exposition au CE ou au CM, mais que cette association est en général non significative. À titre d'exemples, si la moyenne arithmétique $CM > 0,47 \mu T$, $OR = 2,31$ (IC à 95 % = 0,66-8,12), par rapport au groupe de référence ($CM 0,0- < 0,22 \mu T$); et si la moyenne géométrique $CM > 0,10 \mu T$, $OR = 1,81$ (IC à 95 % = 0,66-4,95), par rapport au groupe de référence ($CM 0,0-0,07 \mu T$).

L'analyse de Savitz *et al.* (2000) a été réalisée à partir des données de son étude de 1995 aux États-Unis, parmi les travailleurs de 5 compagnies d'électricité. Elle concerne la relation entre la mortalité due à la leucémie et au cancer du cerveau et les diverses mesures d'exposition au CM. Cette méthodologie cas-témoins imbriquée dans une cohorte (biais de sélection limités) présente des avantages par rapport à l'étude originale (Savitz *et al.*, 1995). Il y a une meilleure précision de la matrice emploi/exposition au CM, de plus, plusieurs covariables sont considérées mais la taille de l'échantillon est limitée (164 cas de leucémie et 800 témoins). Dans l'analyse de 2000, les résultats montrent en général peu ou pas d'associations positives entre la leucémie et l'exposition cumulative ou la moyenne d'exposition au CM. Si l'exposition cumulative au CM de 10-20 ans entre 1,02 et 2,79 μT -années, $OR = 1,59$ (IC à 95 % = 0,77-3,28) par rapport à la catégorie de référence ($CM = 0 \mu T$ -années) et si la moyenne d'exposition au CM > 20 ans se situe entre 0,60-1,21 μT , $OR = 0,32$ (IC à 95 % = 0,12-0,86) par rapport à la catégorie de référence ($CM = 0 \mu T$).

3.2.1.2 Nouvelles études en milieu de travail ou résidentiel

L'étude de cohorte de Floderus *et al.* (1999) a été réalisée auprès de 806 278 travailleuses et 1 596 959 travailleurs occupant différents emplois en Suède. Son objectif est d'explorer la relation entre l'incidence de différents cancers et l'exposition au CM. Dans cette étude de cohorte, l'évaluation de l'exposition par la matrice emploi/exposition est effectuée chez les hommes. À part l'âge et le sexe, aucune autre covariable n'est prise en considération, ce qui rend difficile l'interprétation des résultats. Chez les femmes et les hommes, on observe peu ou pas de risque de leucémie. Si exposition $\geq 0,138 \mu T$, $RR = 1,1$ (IC à 95 % = 1,0-1,4) parmi les femmes et si exposition $\geq 0,116 \mu T$, $RR = 1,1$ (IC à 95 % = 1,0-1,4) parmi les hommes.

L'étude de cohorte de Minder et Pfluger (2001) a été réalisée chez 18 070 travailleurs ou à la retraite au chemin de fer suisse. Elle évalue la relation entre la leucémie ou le cancer du cerveau et l'exposition aux CEM de fréquences 16 2/3 Hz (contrairement aux 50/60 Hz des

études précédentes). Cet article a le mérite de valider les diagnostics de leucémie et de cancer du cerveau. Cependant, l'estimation de l'exposition ne se fait pas par dosimétrie personnelle, il y a eu un faible nombre de cas et peu de covariables sont prises en considération. Quant aux résultats, on note des associations faibles ou élevées et non significatives entre les expositions cumulatives au thorax et la leucémie (OR = 0,78 (IC à 95 % = 0,27-2,24) si CM entre 5-74,9 μ T-années ou entre les années d'exposition au CM \geq 10 μ T à la tête, au thorax et aux pieds sauf si durée \geq 0,5 année (thorax) où RR (leucémie) = 2,43 (IC à 95 % = 1,10-5,36).

L'étude de cohorte de Harrington *et al.* (2001) a été réalisée parmi 79 972 travailleurs des compagnies d'électricité de l'Angleterre et du Pays de Galles. Elle étudie le risque de leucémie associé à l'exposition au CM en milieu de travail. Au-delà du bon taux de participation des sujets et des mesures d'exposition au CM par dosimétrie personnelle pendant 1 semaine, cette étude présente des lacunes. On peut citer le faible nombre de cas, la comparaison de mortalité avec les taux de la population générale et les facteurs de risque de leucémie au travail qui ne sont pas considérés. Les résultats démontrent une faible association, statistiquement non significative : RR = 1,53 (IC à 95 % = 0,73-3,18) si exposition cumulative \geq 20,0 μ T-années.

L'étude de cohorte de Hakansson *et al.* (2002) a été réalisée chez 180 529 travailleuses et 537 692 travailleurs des industries d'équipement (production de soudure) en Suède. Son but consiste à investiguer l'incidence de cancer parmi les travailleurs exposés au CM. À part le bon taux de participation des exposés, cette étude montre des limites méthodologiques : exposition réelle inconnue, faible nombre de décès, très peu de facteurs de confusion considérés et évaluation de l'exposition par la matrice emploi/exposition chez les hommes uniquement (Floderus *et al.*, 1999). Parmi les hommes, il n'y a pas de risque de leucémie observé : RR = 0,9 (IC à 95 % = 0,6-1,5) si exposition > 0,530 μ T. Par contre chez les femmes, on observe en général une association moyenne et statistiquement non significative : RR = 1,8 (IC à 95 % = 0,4-8,5) si exposition > 0,530 μ T.

Enfin, une étude de type cas-témoins a été réalisée en Norvège par Tynes *et al.* (2003a) auprès de personnes ayant résidé à proximité de lignes à haute tension. Dans cette étude, 1068 cas (hommes âgés d'au moins 16 ans et avec un diagnostic de cancer hématologique entre 1980 et 1996) sont comparés aux témoins (2 par cas choisis au hasard). L'exposition résidentielle est calculée à l'aide du logiciel Teslaw et 2 seuils sont considérés (moyenne pondérée sur le temps = 0,05 et 0,20 μ T) alors que l'exposition professionnelle est estimée par un groupe d'experts où 3 seuils sont définis (< 4, 4-24, > 24 h/sem.). Dans l'ensemble, il n'y a pas d'effets significatifs observés lorsque l'on combine l'exposition résidentielle et professionnelle. Quelques effets significatifs sont observés selon l'estimation de l'exposition résidentielle (ex. : myélome multiple et cancers hématologiques combinés pour la catégorie d'exposition \geq 0,2 μ T) mais le faible échantillonnage ainsi que d'autres faiblesses méthodologiques (peu de covariables prises en compte, mesure grossière de l'exposition) nous limitent quant à l'interprétation de ces résultats.

Dans l'ensemble, on peut observer que les résultats des études récentes sur la leucémie chez l'adulte et l'exposition aux CEM sont non concluants.

3.2.2 Cancer du cerveau

Les études récentes sur le cancer du cerveau sont présentées au tableau 3.5. Nous présentons très brièvement les principaux résultats de ces études dans le texte suivant.

3.2.2.1 Milieu de travail/résidentiel

Dans l'étude de cohorte de Floderus *et al.* (1999), on ne note pas de risque significatif de cancer du cerveau : OR = 1,1 (IC à 95 % = 1,0-1,2) pour un CM \geq 0,116 μ T chez les hommes et OR = 0,9 (IC à 95 % = 0,8-1,1) pour un CM \geq 0,138 μ T chez les femmes.

Dans l'analyse de Savitz *et al.* (2000), les résultats ne sont pas significatifs sauf pour l'exposition cumulative au CM de 2-10 ans entre 1,14-2,23 μ T-années, OR = 2,62 (IC à 95 % = 1,15-5,97) par rapport à la catégorie de référence (CM = 0 μ T-années) et si la moyenne d'exposition au CM de 2-10 ans entre 1,05-1,21 μ T, OR = 2,38 (IC à 95 % = 1,14-5,00) par rapport à la catégorie de référence (CM = 0 μ T).

L'étude de cohorte de Minder et Plugger (2001) montre des associations élevées mais statistiquement non significatives : RR = 2,38 (IC à 95 % = 0,29-19,3) si exposition cumulative au thorax \geq 20,0 μ T-années.

L'analyse de Sorahan *et al.* (2001) a été réalisée à partir des données de l'étude de Harrington *et al.* (1997). Cette analyse, qui porte sur 79 972 travailleurs des compagnies d'électricité de l'Angleterre et du Pays de Galles, a pour objectif d'étudier le risque de cancer du cerveau relié à une exposition au CM en milieu de travail. Par rapport à l'étude originale, les auteurs utilisent un nouveau protocole pour évaluer l'exposition et ont une taille d'échantillon plus élevée. Dans cette analyse, on note un bon taux de participation des sujets exposés et non exposés, un faible nombre de cas et peu de facteurs de confusion considérés. Il n'y a pas de risque de cancer du cerveau : RR = 0,88 (IC à 95 % = 0,72-1,07) si l'exposition cumulative \geq 20,0 μ T-années.

L'étude de cohorte de Hakansson *et al.* (2002) montre des résultats non significatifs de risque de cancer du cerveau sauf parmi les femmes en particulier pour le type histologique astrocytome : RR = 3,0 (IC à 95 % = 1,1-8,6) si exposition > 0,530 μ T.

L'étude de Villeneuve *et al.* (2002), réalisée chez des travailleurs de 8 provinces canadiennes, concerne l'évaluation du risque de cancer du cerveau pour les différents indices d'exposition au CM. La matrice emploi/exposition au CM est un peu vague car elle est basée sur un jugement d'experts en fonction des données de la littérature et des mesures pour les emplois dont les données ne sont pas disponibles. Cette étude cas-témoins a un bon effectif (543 cas et 543 témoins), utilise des cas incidents et présente des types histologiques de cancer du cerveau. En général, les auteurs trouvent un faible risque de cancer du cerveau statistiquement non significatif : OR = 1,33 (IC à 95 % = 0,75-2,36) pour la plus grande moyenne d'exposition professionnelle (CM \geq 0,6 μ T par rapport au groupe de référence (CM < 0,3 μ T)). Par contre, une association statistiquement plus élevée pour le type histologique glioblastome multiforme est observée : OR = 5,36 (IC à 95 % = 1,16-24,78).

3.2.2.2 Milieu résidentiel

L'étude de Wrensch *et al.* (1999), réalisée dans la région de la Baie (USA), évalue la relation entre le gliome de l'adulte et l'exposition aux CEM en milieu résidentiel. Il s'agit de l'unique publication scientifique sur le sujet depuis 1999. Dans cette étude cas-témoins, la taille de l'échantillon est bonne (492 cas et 462 témoins), le groupe témoin provient de la population de cette région, on effectue des mesures de CM par dosimétrie personnelle uniquement dans la résidence, peu de covariables sont considérées et il y a eu constatation d'un taux élevé de participation parmi les cas. En général, il n'y a pas de risque significatif de gliome lié au CM provenant des mesures directes et indirectes, si $CM > 0,3 \mu T$, $OR = 1,7$ (IC à 95 % = 0,8-3,6).

On peut donc dire que les résultats concernant le cancer du cerveau chez l'adulte et l'exposition aux CEM en milieu de travail ou en milieu résidentiel sont non concluants. Cependant, peu d'études ont été réalisées sur ce siège et la majorité de celles-ci a des limites importantes.

3.2.3 Cancer du sein

Douze études sur le cancer du sein, couvrant la période 1999 à 2004, et une méta-analyse sont évaluées dans le cadre de ce rapport. Quatre portent spécifiquement sur l'exposition en milieu de travail, deux en milieu mixte (milieux de travail et résidentiel) et cinq en milieu résidentiel. Deux études ont évalué le cancer du sein chez l'homme. Ces études sont présentées au tableau 3.6.

Erren (2001), dans une méta-analyse des études épidémiologiques (24 chez la femme et 15 chez l'homme), estime des risques relatifs du cancer du sein chez la femme de 1,12 (IC à 95 % = 1,09-1,15) et de 1,37 chez l'homme (IC à 95 % = 1,11-1,71). L'auteur précise néanmoins qu'il est prématuré de conclure à un tel risque du fait du manque d'uniformité entre les études, des incertitudes liées aux indices d'exposition et des covariables associées à la maladie.

3.2.3.1 Chez la femme

Dans l'étude de cohorte de Floderus *et al.* citée précédemment (1999), on note peu ou pas de risque de cancer du sein. Chez la femme, les auteurs rapportent pour une exposition $\geq 0,138 \mu T$, $OR = 1,2$ (IC à 95 % = 0,7-1,9).

L'étude de cohorte prospective de Kliukiene *et al.* (1999), réalisée en Norvège, porte sur 1 177 129 travailleuses. Peu de variables de confusion sont considérées. Il n'y a pas de mesure directe de l'exposition au CM car la matrice emploi/exposition provient des travailleurs hommes suédois (Floderus *et al.*, 1996) et un groupe d'experts évalue le nombre d'heures d'exposition $> 0,1 \mu T$ en milieu de travail. En général, les auteurs n'observent pas d'association significative pour les différentes catégories d'exposition cumulative. Si $CM > 3,0 \mu T$ -années, un faible excès significatif est observé, $RR = 1,08$ (IC à 95 % = 1,01-1,16).

L'analyse de Forssén *et al.* (2000), réalisée en Suède à partir des données d'une étude (Feychting *et al.*, 1998), étudie le risque de cancer du sein et l'exposition au CM en milieu résidentiel auprès des femmes ayant vécu pendant au moins 1 an dans une résidence située à moins de 300 m des lignes de haute tension de 220 ou 400 kV. Il s'agit d'une méthodologie

cas-témoins imbriquée dans une cohorte. Par ailleurs, on a considéré plusieurs covariables et l'exposition au CM en milieux résidentiel et professionnel. On peut souligner certaines limites de cette analyse : matrice emploi/exposition au CM réalisée uniquement chez des hommes et concernant le dernier emploi occupé avant le diagnostic. Même si on a une très bonne taille de l'échantillon (1767 cas et 1766 témoins), les expositions considérées ont un très faible nombre de sujets. Les auteurs ne rapportent pas d'association significative : OR = 0,9 (IC à 95 % = 0,3-2,7) si l'exposition en milieu résidentiel $\geq 0,10 \mu\text{T}$ et si l'exposition en milieu de travail $\geq 0,12 \mu\text{T}$ par rapport au groupe de référence (milieu résidentiel : CM $< 0,10 \mu\text{T}$ et milieu de travail : CM $< 0,12 \mu\text{T}$).

L'étude de Van Wijngaarden *et al.* (2001), réalisée aux États-Unis, concerne l'évaluation du risque de cancer du sein chez des femmes de 24 territoires à l'est de la Caroline du Nord pour la moyenne d'exposition au CM à 2 emplois ayant la plus longue durée d'embauche. Dans cette étude cas-témoins, la mesure de l'exposition est faite par dosimétrie dans un échantillon de participants. La taille de l'effectif est bonne (843 cas et 773 témoins) mais très peu de covariables sont prises en considération. Les auteurs rapportent chez ces femmes, peu ou pas d'associations significatives sauf dans de rares cas. Ainsi, parmi les femmes préménopausées et ayant des récepteurs positifs d'estrogènes, si l'exposition cumulative $> 0,59\text{-}0,90 \mu\text{T}\text{-années}$, OR = 1,6 (IC à 95 % = 1,0-2,5), par rapport au groupe de référence (0-0,59 $\mu\text{T}\text{-années}$).

L'étude de type cas-témoins de Davis *et al.* (2002), effectuée aux États-Unis, vise à évaluer l'association entre le CM provenant d'une résidence et le cancer du sein chez des femmes de race blanche. Les forces de l'étude sont l'estimation du CM par dosimétrie personnelle pour 48 heures. De plus, les analyses statistiques contrôlent plusieurs covariables. Toutefois, l'évaluation de l'exposition en milieu de travail n'est pas prise en considération, le niveau de champ est faible et très peu de personnes étudiées sont exposées. Les résultats ne sont pas significatifs pour la dosimétrie personnelle, la codification Wertheimer-Leeper ou le CM provenant de l'utilisation des électroménagers 10 ans avant le diagnostic. Si CM par dosimétrie personnelle $\geq 0,073 \mu\text{T}$, OR = 0,9 (IC à 95 % = 0,7-1,3).

L'étude populationnelle de Labrèche *et al.*, (2003), réalisée au Québec auprès de 608 cas et 667 témoins de la région de Montréal, a une bonne puissance statistique. L'exposition est estimée par questionnaire et avis d'experts. L'étude n'observe pas d'association significative sauf lors d'une durée d'exposition de 6000 heures aux CM dans les catégories d'exposition *medium* (0,5- $< 1,0 \mu\text{T}$) et *high* (1,0-10 μT) avant l'âge de 35 ans et que le récepteur de tumeur progestérone est positif, OR = 1,56 (IC à 95 % = 1,02-2,39).

Zhu *et al.* (2003) ont réalisé une étude cas-témoins sur le cancer du sein chez la femme auprès d'une population noire des États-Unis (304 cas et 305 témoins) selon l'utilisation d'appareils électriques chauffants à la résidence. L'analyse des résultats démontre une légère augmentation du risque relatif, mais non significatif, en fonction de l'utilisation d'un appareil chauffant, RR = 1,4 (IC à 95 % = 0,9-2,2). Le risque devient significatif si le nombre d'années d'utilisation de l'appareil chauffant est > 10 ans, RR = 4,9 (IC à 95 % = 1,5-15,6) avec une tendance significative pour une relation dose-réponse avec le nombre d'années d'utilisation. Plusieurs faiblesses méthodologiques sont néanmoins constatées quant à cette étude dont le biais de

rappel possible sur l'historique de l'utilisation des appareils électriques et l'absence de mesure de CM pouvant augmenter la possibilité d'erreur de classement sur l'évaluation de l'exposition.

Dans une étude de type cas-témoins, Schoenfeld *et al.* (2003) comparent l'exposition résidentielle à l'aide de mesures du CM (mesures ponctuelles sur 24 heures et mesure du courant de mise à la terre) chez un groupe de femmes de 576 cas et 585 témoins issus d'un sous-groupe d'une étude (The Long Island Breast Cancer Study Project). Cette étude ne rapporte aucune association significative pour chacune des méthodes d'estimation de l'exposition.

Issue d'un sous-groupe de deux autres études (The Long Island Breast Cancer Study Project et le Breast Cancer on Long Island Study), l'étude de Kabat *et al.* (2003) ne démontre également aucune association significative entre l'utilisation de couverture chauffante et le cancer du sein. Les cas de ces deux sous-groupes comptent 1930 femmes avec diagnostic de cancer du sein.

London *et al.* (2003) comparent le risque du cancer du sein chez la femme selon l'environnement électrique extérieur jusqu'à 10 ans avant le diagnostic. Le groupe à l'étude est composé de 751 cas et 702 témoins. Aucun lien n'est observé entre l'exposition mesurée du CM de 60 Hz et les harmoniques ou encore selon la codification électrique.

Enfin, Kliukiene *et al.* (2004) n'observent pas d'association significative lorsqu'ils combinent l'exposition résidentielle et au travail ou l'exposition en milieu de travail seule dans une cohorte de femmes (1830 cas et 3658 témoins) ayant résidé le long d'une ligne à haute tension. Des associations sont observées pour l'exposition résidentielle pour les catégories $> 0,05 \mu\text{T}$, OR = 1,58 (1,30-1,92) ou $> 0,2 \mu\text{T}$, OR = 1,38 (1,04-1,83). Une des faiblesses associées à cette étude est l'estimation de l'exposition au CM, cette dernière étant estimée selon la proximité et de la configuration des lignes à haute tension en milieu résidentiel ou selon le type et la durée d'emploi en milieu de travail.

3.2.3.2 Chez l'homme

Dans l'étude de cohorte de Floderus *et al.* (1999), on note peu ou pas de risque de cancer du sein chez l'homme. Pour une exposition $\geq 0,116 \mu\text{T}$, OR = 1,1 (IC à 95 % = 1,0-1,1).

L'étude de Pollán *et al.* (2001) montre des résultats d'une recherche se limitant au cancer du sein chez 1 779 646 hommes en Suède (travailleurs manuels et non manuels). Il s'agit d'une étude de cohorte avec une bonne taille de l'échantillon. Cependant, l'évaluation de l'exposition au CM est estimée par la matrice emploi/exposition de l'étude de Floderus *et al.* (1996), il y a peu de covariables prises en compte et le nombre de cas est faible. Les associations trouvées demeurent en général faibles et statistiquement non significatives, sauf pour la catégorie d'exposition entre 0,22-0,30 μT , où OR = 1,64 (IC à 95 % = 1,03-2,61), par rapport au groupe de référence (CM $\leq 0,12 \mu\text{T}$).

Globalement, on observe que les résultats des études portant sur le cancer du sein chez l'adulte et l'exposition aux CEM tendent plutôt vers une absence de risque tant pour le milieu de travail que pour le milieu résidentiel.

3.2.4 Autres cancers

Les études concernant les autres types de cancer sont présentées au tableau 3.7.

3.2.4.1 Cancer du testicule

L'étude cas-témoins de Baumgardt-Elms *et al.* (2002) a été réalisée dans 5 régions de l'Allemagne. Elle vise l'association entre l'exposition aux CEM en milieu de travail et le cancer du testicule. Il s'agit d'une étude de population avec l'utilisation de registre pour le choix des 269 cas et des 797 témoins. Néanmoins, la mesure de l'exposition est imprécise et se fait par le calcul de scores d'exposition tenant compte de la durée d'exposition (années) et de la distance de la source (mètres) du CM. Peu de covariables sont prises en compte. Les résultats ne montrent pas de risque significatif de cancer du testicule lié au travail en face d'un écran où OR = 0,8 (IC à 95 % = 0,51-1,23, au 3^e tertile) ou au travail à proximité des lignes à haute tension où OR = 0,5 (IC à 95 % = 0,14-1,75, au 3^e tertile) ou au travail à proximité des machines électriques où OR = 0,6 (IC à 95 % = 0,44-1,34, au 3^e tertile) ou au travail à proximité d'émetteurs radiofréquences où OR = 0,9 (IC à 95 % = 0,46-1,56, au 3^e tertile) ou au travail à proximité des unités radars où OR = 0,9 (IC à 95 % = 0,36-2,19, au 3^e tertile).

3.2.4.2 Cancer de la peau (mélanome malin)

L'étude de Tynes *et al.* (2003b), réalisée en Norvège, concerne l'association entre le mélanome malin de la peau et les expositions au CM en milieu résidentiel et en milieu de travail. Il s'agit d'une étude cas-témoins imbriquée dans une cohorte. De plus, on peut mentionner la bonne taille de l'échantillon (807 cas et 1614 témoins), l'utilisation des cas incidents et le choix approprié des témoins. L'exposition au CM en milieu résidentiel est évaluée par la modélisation des lignes à haute tension selon les caractéristiques des lignes et la distance. L'exposition en milieu de travail est estimée par un groupe d'experts à partir du nombre d'heures par semaine dans un emploi ayant CM > 0,1 μ T. Toutefois, on peut souligner certaines limites : les analyses statistiques n'ont pas contrôlé l'exposition aux rayons ultraviolets qui sont pourtant un facteur favorisant des cancers cutanés. Les auteurs trouvent en général un risque élevé de mélanome malin de la peau chez les sujets exposés en milieu résidentiel. Pour la moyenne pondérée par le temps (*time weighted average* [TWA]) allant de la naissance au diagnostic, si CM \geq 0,2 μ T, OR = 1,87 (IC à 95 % = 1,23-2,83). Ce risque est plus prononcé chez les femmes. Par contre, en milieu de travail, les résultats sont non significatifs : si exposition/semaine > 24 h, OR = 1,22 (IC à 95 % = 0,81-1,82).

3.2.4.3 Cancer de la prostate

L'étude cas-témoins de Charles *et al.* (2003), réalisée aux États-Unis, concerne l'association entre la mortalité due au cancer de la prostate et l'exposition en milieu de travail aux CEM ou aux biphényles polychlorés. Les biais de sélection sont limités avec la méthodologie de l'étude de cohorte. On a une bonne taille de l'échantillon (387 cas et 1935 témoins) et le type histologique du cancer est spécifié. Cependant, il s'agit d'une étude de mortalité. L'exposition est évaluée par la matrice emploi/exposition (Loomis, 1997). Les auteurs rapportent une faible association, statistiquement significative dans la dernière catégorie d'exposition cumulative totale ou 5 ans avant le décès. En d'autres termes, si $CM \geq 4,4 \mu\text{T-années}$, $OR = 1,60$ ($IC \text{ à } 95 \% = 1,07-2,40$) par rapport au groupe de référence ($CM < 0,6 \mu\text{T-années}$).

3.2.4.4 Cancer de l'appareil gastro-intestinal

L'étude de Weiderpass *et al.* (2003) évalue les risques de cancer de l'appareil gastro-intestinal à l'intérieur d'une cohorte en milieu de travail de 413 877 femmes. L'exposition au CM est estimée selon une matrice emploi/exposition (FINJEM Exposure Information System). Les cancers de l'œsophage, de l'estomac, du colon, du rectum, du foie, de la vésicule biliaire et du pancréas sont évalués. Des associations significatives sont observées pour le cancer de l'estomac $RR = 1,44$ ($IC \text{ à } 95 \% = 1,01-2,05$) et le pancréas $RR = 1,82$ ($IC \text{ à } 95 \% = 1,18-2,81$) pour l'exposition de catégorie *medium/high*. Pour les autres types de cancers, aucune association significative n'est observée. Du fait de la multiplicité des catégories (7 sites de cancer pour 30 types d'exposition), il y a possibilité de faux positifs dans les associations observées.

En conclusion, le nombre d'études évaluant les risques pouvant être associés aux autres types de cancers demeure limité. Il est actuellement impossible de conclure à ce sujet.

3.3 AUTRES RISQUES POUR LA SANTÉ

3.3.1 Troubles de la reproduction

Les études récentes sur le sujet sont présentées au tableau 3.8.

L'étude de De-Kun Li *et al.* (2002), effectuée aux États-Unis, porte sur 1063 femmes ayant une grossesse inférieure à 10 semaines. Elle a pour but d'étudier l'association entre l'exposition personnelle au CM de 24 heures et l'avortement spontané. Un cas est défini comme avortement spontané avant 20 semaines de grossesse. L'étude a une méthodologie solide. Il s'agit d'une étude de cohorte prospective. De plus, les données de mesures de dosimétrie (Emdex-II) de CM à < 10 semaines de grossesse sont validées. Les mesures ponctuelles de CM sont prises à l'intérieur et autour des résidences. Toutefois, on peut mentionner certaines limites de l'étude : faible durée des mesures de CM et faible taux de participation (39 %). Les auteurs rapportent de fortes associations statistiquement significatives lorsque l'on considère le maximum d'exposition au CM (*maximum magnetic field*). En effet, pour le sous-groupe de femmes avec une grossesse de 0-9 semaines, une histoire de stérilité et plusieurs avortements précédents, si le maximum d'exposition au CM $\geq 1,6 \mu\text{T}$, $RR = 4,7$ ($IC \text{ à } 95 \% = 1,4-16,0$) par rapport au groupe de référence ($< 1,6 \mu\text{T}$). Par contre, en ce qui concerne la TWA, il n'existe pas d'association significative, $RR = 1,2$ ($IC \text{ à } 95 \% = 0,7-2,2$) si exposition

$\geq 0,3 \mu\text{T}$. On arrive à la même conclusion pour la codification du réseau électrique selon la méthode de Wertheimer-Leeper.

L'étude de Lee *et al.* (2002), réalisée aux États-Unis, a pour objectifs d'investiguer par le biais d'une étude cas-témoins imbriquée dans une cohorte, le risque d'avortement spontané associé aux mesures rétrospectives de CM chez des femmes ayant 30 semaines de grossesse. De plus, elle vise à comparer la première estimation aux résultats obtenus par une sous-cohorte prospective effectuée parmi les femmes ayant eu des mesures de CM à 12 semaines de grossesse. L'avortement spontané se définit comme dans l'étude précédente. Les points forts de l'étude sont : méthodologie cas-témoins imbriquée dans une cohorte prospective (biais de sélection limités), taille de l'échantillon (177 cas et 550 témoins), mesures de CM par dosimétrie personnelle de 24 heures (Emdex-C) et plusieurs covariables considérées. Toutefois, on peut déplorer un faible taux de participation (50 %) et une faible taille de l'échantillon (219 femmes) ayant eu des mesures à 12 semaines de grossesse. En général, les auteurs observent de fortes associations pour les différents indices d'exposition de 24 heures à 30 semaines de grossesse (TWA, *rate-of-change metric* et *maximum value*). Si *maximum value* $> 3,50 \mu\text{T}$, OR = 2,3 (IC à 95 % = 1,2-4,4). Ces résultats sont similaires pour les mesures ponctuelles de la sous-cohorte prospective, si TWA résidence $\geq 0,2 \mu\text{T}$, OR = 3,0 (IC à 95 % = 1,1-8,4).

Blaasaas *et al.* (2003, 2004) ont réalisé deux études en Norvège sur les malformations congénitales et l'exposition au CM. Dans la première étude (2003), il s'agit d'une cohorte de 161 844 enfants dont la mère a demeuré durant la grossesse à proximité de lignes à haute tension. Vingt-quatre catégories de problèmes congénitaux sont évaluées en considérant comme covariables le niveau d'éducation familial, le lieu de naissance, l'âge de la mère ainsi que l'année de naissance. On n'observe aucune association significative pour l'ensemble des malformations alors que, lorsqu'évalué individuellement, on observe une association négative pour les problèmes cardiaques, OR = 0,52 (IC à 95 % = 0,32-0,86) et les problèmes respiratoires, OR = 0,39 (IC à 95 % = 0,16-0,94) et une association positive pour l'atteinte à l'œsophage, OR = 2,47 (IC à 95 % = 1,03-5,91). Cette étude a certaines faiblesses méthodologiques : aucune mesure de CM, imprécision quant aux estimations de CM, faible nombre de cas, considération des anomalies identifiées seulement au cours de la première semaine après la naissance. Ainsi, les auteurs précisent qu'il faut demeurer prudent quant à l'interprétation de ces résultats. La considération de plusieurs problèmes congénitaux augmente également le risque de faux positifs. Dans la seconde étude (2004), où 465 naissances avec problèmes congénitaux sont comparées à 930 témoins, aucune valeur significative n'est observée pour les pathologies étudiées. Les mêmes faiblesses méthodologiques que dans l'étude de 2003 sont rapportées.

Ainsi, les résultats associés aux malformations congénitales demeurent équivoques et ne permettent pas de conclure. Un constat similaire est formulé par Shaw (2001) lors d'une revue des études épidémiologiques sur les troubles de la reproduction. Du côté des risques d'avortement spontané, on observe un risque plus élevé entre les troubles de la reproduction et l'exposition au CM uniquement pour les valeurs maximales. Cependant, peu d'études sont effectuées en considérant cet indicateur d'exposition et la plausibilité biologique d'un tel effet est incertaine.

3.3.2 Troubles dépressifs et neurocomportementaux

Les principales études sur les troubles dépressifs et neurocomportementaux sont présentées aux tableaux 3.9 et 3.10.

Van Wijngaarden *et al.* ont réalisé deux études (2000, 2003) sur la mortalité par suicide et l'exposition aux CEM. La première est une étude cas-témoins réalisée aux États-Unis. Son but est d'évaluer l'association entre la mortalité par suicide et l'exposition aux CEM des travailleurs d'électricité. Elle a une bonne taille d'échantillon avec 538 cas et 5348 témoins recensés d'une cohorte de 138 905 travailleurs. L'évaluation de l'exposition au CM se réfère à la matrice emploi/exposition de l'étude de Loomis *et al.* (1994). Certaines covariables ne sont pas considérées telles que : histoire de santé mentale, dépendance et rapports familiaux. Une faiblesse importante est liée au fait qu'il s'agit d'une étude de mortalité. Cependant, sa force réside dans sa méthodologie pour limiter les biais de sélection. Les auteurs rapportent des résultats non ou peu significatifs tel qu'un OR = 1,7 (IC à 95 % = 1,0-2,9) si l'exposition cumulative pendant l'année de décès > 0,12 μ T-années. Dans la seconde étude (2003), 11 707 personnes (hommes ou femmes) décédées par suicide sont comparées à 132 771 témoins. L'exposition au CM est estimée selon la codification à l'emploi inscrite sur le certificat de décès. Un risque significatif est observé pour toute catégorie d'âge, OR = 1,3 (IC à 95 % = 1,2-1,4). L'association est plus élevée pour la catégorie d'âge 20-34 ans, OR = 1,5 (IC à 95 % = 1,2-1,9). Malgré la bonne taille de l'échantillon, peu de cas ont une exposition élevée. La considération de l'emploi au moment du décès ne représente également qu'un indicateur grossier de l'historique de l'exposition.

L'étude transversale de Chung-Yi Li *et al.* (2002), réalisée à Taiwan, regroupe 5078 femmes mariées, vivant près de 3 lignes à haute tension entre 1995-1996. Cette étude a pour but d'évaluer la relation entre la prévalence du trouble de sommeil et l'exposition au CM en milieu résidentiel. Les cas ont au moins 3 épisodes de trouble de sommeil : initiation difficile du sommeil, difficulté à rester endormi et réveil matinal précoce. L'évaluation de l'exposition limitée aux lignes à haute tension, est faite par dosimétrie pendant 10 min devant la porte, dans la chambre à coucher du sujet et dans la cuisine. On observe un bon taux de participation (83 %) et une bonne taille d'échantillon. Cependant, la durée des mesures de CM est assez brève. On trouve en général peu ou pas de risque significatif de trouble de sommeil sauf pour le réveil matinal précoce, OR = 1,65 (IC à 95 % = 1,33-2,04) si exposition passée \geq 0,2 μ T.

On peut dire en général que les résultats de ces nouvelles études n'apportent pas d'éléments convaincants permettant de conclure sur un lien entre les troubles dépressifs et/ou neurocomportementaux et l'exposition au CM. Cependant, peu d'études ont été réalisées sur ce sujet. Ces études n'apportent pas d'éléments nouveaux aux conclusions de Ahlbom (2001) qui précise le peu d'éléments supportant une association pour le suicide ou encore la complexité d'évaluation du risque associé à la dépression.

3.3.3 Maladies neurodégénératives

Les résultats des principales études sur le sujet sont présentés au tableau 3.11.

L'étude de cohorte prospective de Johansen (2000) a été réalisée au Danemark parmi 30 631 travailleuses et travailleurs d'électricité. Elle concerne l'évaluation du risque de maladies neurologiques (démence sénile, *presenility*, maladie de Parkinson, paralysie cérébrale, épilepsie, maladie des motoneurones et maladie de la moelle épinière) pour l'exposition aux CEM en milieu de travail. L'exposition est évaluée par une matrice emploi/exposition. La principale lacune méthodologique dans cette étude est la considération du premier emploi uniquement. Les résultats ne montrent pas d'association significative pour la maladie de Parkinson, la *presenility* et la paralysie cérébrale. Pour les autres maladies, le risque est en général faible et non significatif sauf pour l'épilepsie et la catégorie d'exposition $\geq 0,1 \mu\text{T}$ où $\text{OR} = 2,03$ (IC à 95 % = 1,02-4,05).

L'étude cas-témoins de Noonan et al. (2002), réalisée dans l'État du Colorado aux États-Unis, concerne le risque de certaines maladies neurodégénératives (maladie d'Alzheimer, sclérose latérale amyotrophique et maladie de Parkinson) et l'exposition au CM en milieu de travail. Les auteurs ont utilisé 3 méthodes d'évaluation de l'exposition au CM pendant le travail. Entre autres, le type d'emploi, la combinaison des types d'emploi et des industries et la matrice emploi/exposition provenant des mesures de CM de diverses études. Ces estimations d'exposition sont limitées car il n'y a pas de mesure chez les sujets et il y a une absence de détail sur la matrice emploi/exposition. Pour chacune des trois méthodes, les résultats montrent en général une association moyenne avec la maladie de Parkinson, $\text{OR} = 1,76$ (IC à 95 % = 1,17-2,65), si exposition définie pour la 2^e méthode et la sclérose latérale amyotrophique, $\text{OR} = 1,75$ (IC à 95 % = 1,00-3,06), si exposition définie pour la 2^e méthode. Toutefois, pour la maladie d'Alzheimer, il n'y a pas d'association.

À l'intérieur d'une grande cohorte de 4 812 646 travailleurs (femmes et hommes), Feychting *et al.* (2003) évaluent les causes de mortalité pour diverses maladies neurologiques. L'exposition aux CEM est estimée à l'aide de la matrice emploi/exposition provenant de mesures chez un échantillon de travailleurs (Floderus, 1996). Pour la catégorie la plus exposée ($> 0,5 \mu\text{T}$), les auteurs observent un risque significatif pour l'Alzheimer chez l'homme avec un $\text{RR} = 2,3$ (IC à 95 % = 1,6-3,3) et à la limite du risque significatif chez la femme avec un $\text{RR} = 2,3$ (IC à 95 % = 1,0-5,2). Il n'y a pas de lien observé entre la sclérose latérale amyotrophique et l'estimation des CEM mais les travailleurs en électricité et en électronique ont un $\text{RR} = 1,4$ (IC à 95 % = 1,1-1,9). Pour les autres maladies neurodégénératives évaluées (tableau 3.11) aucune association significative n'est observée pour la catégorie d'exposition la plus élevée ($> 0,30 \mu\text{T}$).

L'étude de Hakansson *et al.* (2003a) présente une évaluation des causes de mortalité pour diverses maladies neurologiques à l'intérieur d'une cohorte de 537 692 travailleurs et 180 529 travailleuses. L'exposition aux CEM est estimée à l'aide de la matrice emploi/exposition développée par Floderus (1996). La catégorie d'exposition la plus élevée est $> 0,53 \mu\text{T}$. Les auteurs rapportent des associations significatives pour : les maladies dégénératives et héréditaires du système nerveux avec un $\text{RR} = 1,67$ (IC à 95 % = 1,07-2,62); l'Alzheimer avec

un RR = 4,04 (IC à 95 % = 1,4-11,66); la sclérose latérale amyotrophique avec un RR = 2,16 (IC à 95 % = 1,01-4,66) et une association négative pour l'épilepsie avec RR = 0,45 (IC à 95 % = 0,23-0,88). Malgré la taille imposante de la cohorte, il faut souligner le faible nombre de cas, particulièrement dans la catégorie la plus exposée.

Enfin, l'étude de Harmanci *et al.* réalisée en Turquie (2003) présente des évaluations cognitives auprès d'un échantillon de 281 personnes avec un diagnostic probable ou possible d'Alzheimer, ou avec d'autres désordres cognitifs. Les auteurs observent un risque significatif pour la catégorie d'exposition « *high EMF exposure* » établie selon la classification par type d'emploi proposée par Sobel *et al.* (1995, 1996). Un risque significatif pour la catégorie d'exposition « *high EMF exposure* » est observé avec un RR = 4,02 (IC à 95 % = 1,02-15,78). Ces résultats doivent être interprétés avec prudence du fait entre autres du faible échantillonnage, de l'absence de mesure individuelle et des erreurs possibles de classement de l'exposition.

Certains effets sont observés dans le cadre d'études sur les maladies neurodégénératives et l'exposition aux CEM, telles que la maladie d'Alzheimer et la sclérose latérale amyotrophique. Une telle association est également rapportée par Alhborn (2001), principalement pour la sclérose latérale amyotrophique, en précisant néanmoins que les CEM peuvent être l'une des multiples causes expliquant cette association. Les résultats sont souvent discordants et demeurent non concluants et des études complémentaires seront nécessaires afin de préciser ce risque.

3.3.4 Problèmes cardiovasculaires

Les résultats des principales études sur les problèmes cardiovasculaires sont présentés au tableau 3.12.

Quatre études épidémiologiques récentes sont évaluées quant au risque cardiovasculaire associé à l'exposition aux CEM. L'analyse de Savitz *et al.* (1999), réalisée aux États-Unis, évalue l'association entre les maladies cardiovasculaires et les indices d'exposition au CM à partir des renseignements provenant des données de l'étude de la leucémie et du cancer du cerveau chez les travailleurs d'électricité (Savitz *et al.*, 1995). Dans cette étude de cohorte prospective comprenant 138 903 sujets, l'exposition au CM est évaluée par la matrice emploi/exposition de l'étude de Loomis *et al.* (1994). Toutefois, il s'agit d'une étude de mortalité et peu de facteurs de confusion sont considérés. Les résultats montrent des associations faibles entre les diverses catégories d'exposition cumulative et le décès par arythmie avec un RR = 2,40 (IC à 95 % = 1,48-3,89) si exposition cumulative $\geq 4,3 \mu\text{T}$ -années ou l'infarctus aigu du myocarde avec un RR = 1,62 (IC à 95 % = 1,45-1,82) si exposition cumulative $\geq 4,3 \mu\text{T}$ -années. Par contre, il n'y a pas de risque d'athérosclérose ou de maladies coronariennes chroniques.

Hakansson *et al.* (2003b) ont réalisé une étude de mortalité auprès d'une cohorte de 27 790 personnes issues de 2 cohortes du registre suédois des jumeaux comparant les causes de mortalité pour certaines maladies cardiovasculaires dont l'infarctus aigu du myocarde, l'arythmie et l'athérosclérose. L'exposition aux CEM est évaluée selon la matrice emploi/exposition proposée (Floderus, 1996). Quatre classes d'exposition sont définies et l'exposition la plus élevée (*very high*) correspond à un niveau $\geq 0,3 \mu\text{T}$. De façon globale, bien que les données suggèrent une

relation dose-réponse avec le risque d'infarctus aigu du myocarde, les auteurs n'observent pas d'association significative entre les groupes d'exposition et les maladies évaluées.

Ahlbom *et al.* (2004), dans le cadre d'une étude cas-témoins ont évalué le risque associé au CM chez 595 travailleurs masculins avec un diagnostic d'infarctus du myocarde. Le groupe témoin est composé de 949 travailleurs. L'exposition est estimée selon le titre d'emploi et selon la matrice emploi/exposition développée par Floderus (1996). Trois catégories d'exposition sont retenues avec comme exposition plus élevée $\geq 0,3 \mu\text{T}$. Tant chez les travailleurs de l'électricité et de l'électronique que pour la catégorie $\geq 0,3 \mu\text{T}$, les auteurs rapportent des associations négatives, soit $\text{RR} = 0,57$ (IC à 95 % = 0,36-0,89) et $\text{RR} = 0,60$ (IC à 95 % = 0,37-0,98).

Enfin, Sorahan *et al.* (2004) ont réalisé une étude de mortalité auprès d'une cohorte de 83 997 travailleurs pour la période 1973-1997 et d'une sous-cohorte de 79 972 travailleurs pour la période 1971-1993. Les causes de mortalités suivantes ont été évaluées : arythmie, infarctus aigu du myocarde, athérosclérose, maladie coronarienne chronique et autres maladies du système circulatoire. L'exposition au CM est estimée à l'aide d'une matrice emploi/exposition évaluée par le EMF Research Section of the National Grid Company (Harrington, 2001). Il n'y a pas de tendance significative rapportée pour les taux de mortalité standardisés pour l'exposition cumulative au CM ou pour l'exposition des cinq dernières années pour l'ensemble des maladies. Malgré la taille de l'échantillon, il convient de noter qu'il s'agit d'une étude de mortalité, l'absence d'évaluation des facteurs personnels et l'absence de mesure d'exposition.

Ainsi, malgré les associations rapportées dans l'étude de Savitz *et al.* (1999), les résultats des études récentes tendent plutôt vers une absence de risque de maladies cardiovasculaires. Cependant, on peut noter que le nombre d'études ayant évalué ce risque reste encore faible et leur méthodologie est souvent limitée.

3.4 CONCLUSION

L'analyse des études récentes (de 1999 à 2004) ne modifie en rien la conclusion du rapport du groupe de travail remis il y a quelques années au ministère de la Santé et des Services sociaux quant à la possibilité d'un faible risque de cancer, principalement de leucémie chez l'enfant (Levallois *et al.*, 2000a). Ainsi, les nouvelles études réalisées sur ce sujet semblent confirmer les conclusions des méta-analyses présentées par Greenland *et al.* (2000) et Ahlbom *et al.* (2000). Par contre, chez l'adulte, les nouvelles études sur la leucémie et l'exposition au CM sont plus souvent non significatives. Les études sur le cancer du sein, tant chez la femme que chez l'homme, tendent vers une absence de risque. Pour les autres formes de cancer, que ce soit pour les cancers du cerveau, des testicules, de la peau, de la prostate, de l'appareil gastro-intestinal, bien que certaines associations positives aient été observées, les résultats actuels ne permettent pas de statuer sur ces risques.

Les nouvelles études sur les risques d'avortement invitent à formuler certaines hypothèses associées aux expositions à des valeurs maximales, mais d'autres études sont nécessaires avant de conclure à un risque précis.

Les résultats associés aux études sur les problèmes dépressifs, neurocomportementaux et les maladies neurodégénératives sont dans l'ensemble peu convaincants, mais certaines maladies mériteraient d'être évaluées davantage. Il s'agit en particulier de la maladie d'Alzheimer et la sclérose latérale amyotrophique.

Enfin, contrairement aux résultats de l'étude de Savitz *et al.* (1999), les études les plus récentes sur les risques de maladies cardiovasculaires ne semblent pas observer de lien avec l'exposition aux CEM. Cependant, la qualité des études disponibles est limitée.

4 VALEURS GUIDES ET RECOMMANDATIONS D'EXPOSITION AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Cette section présente succinctement les nouveaux développements au regard des recommandations d'exposition aux champs électrique et magnétique de 60 Hz. La rationnelle concernant l'établissement des recommandations a été présentée dans le rapport du groupe de travail au ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec (Levallois *et al.*, 2000a). Nous rappelons ici les principaux éléments.

Les recommandations existantes sont établies en fonction d'effets résultant d'une exposition aiguë aux CEM. Le mécanisme d'action pris en compte est l'induction de courant et de CE dans le corps humain. Des facteurs de sécurité sont ajoutés aux niveaux seuils à partir desquels des effets sur l'organisme sont observés (à partir de 10 mA/m² pour le courant induit). La prise en compte du courant induit semble appropriée pour expliquer les effets aigus observés. Par contre, d'autres mécanismes, encore non définis à l'heure actuelle, pourraient être impliqués quant aux effets potentiels suite à l'exposition chronique aux CEM, (Levallois *et al.*, 1996). Bien que l'utilisation de facteurs de sécurité soit cohérente avec les pratiques conventionnelles de protection contre les radiations, il est difficile de statuer si les facteurs proposés sont suffisants pour protéger adéquatement des effets potentiels associés à une exposition chronique. Le résumé des principales recommandations est présenté au tableau 4.1.

Tableau 4.1 Résumé des principales recommandations pour les champs électrique et magnétique de 60 Hz proposées par des organisations nationales et internationales

| Organisation | Champ magnétique (μ T) | | Champ électrique (kV/m) | |
|--------------------------|-----------------------------|--|-------------------------|--|
| | Population générale | Travailleurs ou « environnement contrôlé » | Population générale | Travailleurs ou « environnement contrôlé » |
| ICNIRP, 1998 | 83,3 | 416,7 | 4,17 | 8,33 |
| IEEE, 2002 ¹ | 904 | 2710 | 5 ² | 20 |
| ACGIH, 2003 ³ | | 1000 | | 25 |
| NRPB, 2004 | 83,3 | 416,7 | 4,17 | 8,33 |

¹ L'IEEE recommande 63,2 mT pour l'exposition des bras et des jambes.

² À l'intérieur des limites d'emprise de lignes à haute tension, la limite pour la population générale est à 10 kV/m sous des conditions normales de charge.

³ Pour les porteurs de stimulateur cardiaque ou autre appareil électronique médical similaire, les champs doivent être inférieurs à 0,1 mT et 1 kV/m.

L'American Conference Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) a reconduit ses recommandations d'exposition pour les travailleurs avec une valeur plafond à une fréquence de 60 Hz de 25 kV/m pour le CE et de 1000 μ T pour le CM. Les recommandations pour les porteurs de stimulateur cardiaque demeurent les mêmes avec respectivement 1 kV/m et 100 μ T (ACGIH, 2003).

L'Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc. (IEEE) a récemment adopté des critères d'exposition pour les travailleurs et le public (IEEE, 2002). Pour des champs de 60 Hz, cette organisation propose un CM de 2710 μT en « environnement contrôlé » et de 904 μT pour la population générale. Un « environnement contrôlé » est défini comme un endroit non accessible au public ou encore un endroit où les employés et autres individus doivent être avisés de l'exposition et des effets néfastes potentiels. Une limite de 63,2 mT est retenue pour l'exposition des bras et des jambes, tant en « environnement contrôlé » que pour la population générale. Pour le CE, le critère proposé est de 20 kV/m en « environnement contrôlé » et de 5 kV/m pour la population générale. L'Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc. précise qu'à l'intérieur des limites d'emprise de lignes à haute tension, l'exposition maximale permise pour la population générale est de 10 kV/m sous des conditions normales de niveau de charge. Elle précise néanmoins qu'à des niveaux de 5 kV/m, les chocs électriques induits seront douloureux chez environ 7 % des adultes (pour une personne bien isolée touchant le sol).

Contrairement à l'ICNIRP (1998) ou à l'ACGIH (2003), l'IEEE (2002) considère le CE induit au lieu du courant induit pour l'établissement des limites d'exposition. Ainsi, sur la base du CE induit, l'IEEE a estimé l'intensité moyenne du CM nécessaire pour interférer avec le fonctionnement normal des neurones, du cœur ou encore de l'activité synaptique cérébrale. L'utilisation de modèle d'induction spécifique ou encore d'application de facteurs de sécurité différents explique également les variations entre les valeurs proposées.

Enfin, suite à un processus de consultation, le National Radiological Protection Board (NRPB) a récemment déposé un rapport proposant de nouvelles limites d'exposition pour les champs de fréquences inférieurs à 300 GHz (NRPB, 2004). Contrairement à ce qui était proposé en 1999 (Stather, 1999), un facteur de sécurité supplémentaire a été ajouté pour la population générale s'ajustant ainsi aux recommandations de l'ICNIRP. Le National Radiological Protection Board recommande donc l'adoption au Royaume-Uni des critères proposés par l'ICNIRP limitant l'exposition aux CEM entre 0 et 300 GHz. Le National Radiological Protection Board justifierait ce réajustement sur la base des nouvelles données scientifiques et sur la nécessité de prendre en compte la susceptibilité potentielle de la population générale comparativement aux travailleurs. Le National Radiological Protection Board précise que certaines populations, telles que les bébés et les enfants, les personnes sous médication ou les personnes âgées, pourraient avoir une sensibilité plus élevée. Ainsi, la prise en compte de ces éléments conduit à l'adoption d'un facteur de sécurité additionnel de 5 lorsque l'on compare les travailleurs avec la population générale. Par contre, le degré de susceptibilité de ces populations ne peut être quantifié faute de données scientifiques suffisantes.

4.1 APPLICABILITÉ DES RECOMMANDATIONS DE L'ICNIRP

L'un des mandats confiés à l'INSPQ était d'examiner, en collaboration avec Hydro-Québec, l'applicabilité des recommandations de l'ICNIRP, en matière d'exposition aux CEM pour la population générale. Il a été démontré que les limites recommandées de champs électrique et magnétique proposées par l'ICNIRP peuvent être dépassées fréquemment lors d'exposition de la population générale ou de travailleurs (Levallois *et al.*, 2000b). Par contre, à l'heure actuelle, ces recommandations ne font pas office de loi et aucune norme

canadienne sur les CEM aux fréquences inférieures à 3 kHz n'est proposée (FPTRPC, 2005). Au Québec, en lien avec l'exposition résidentielle, aucune position formelle n'a également été édictée quant à l'applicabilité des recommandations proposées par l'ICNIRP.

Au niveau des équipements électriques, la société Hydro-Québec a procédé à diverses caractérisations des sources d'exposition provenant de ces installations. L'exposition maximale de la population, retrouvée au niveau du sol sous une ligne à haute tension de 315 ou 735 kV, serait de l'ordre de 30 μ T, soit inférieure à la recommandation de l'ICNIRP pour la population générale (83 μ T). Dans un document présentant notamment une évaluation de scénarios sur la faisabilité de l'application du principe de précaution et la faisabilité de réduction de l'exposition en regard du CM, Hydro-Québec rapporte quelques situations où l'exposition est supérieure à cette recommandation. Ainsi, des niveaux de quelques centaines de μ T sont possibles lors de visites de centrales (ex : plancher de LG2) (Goulet *et al.*, 2004). Il est précisé dans ce document que la réduction de l'exposition au champ magnétique des visiteurs dans les centrales serait néanmoins facile en évitant la proximité des appareillages produisant un champ élevé lors des trajets des visites. Pour le CE, la recommandation de l'ICNIRP, établie à 4,17 kV/m pour le 60 Hz chez la population générale, peut être fréquemment dépassée pour le public qui utilise les emprises des lignes de transport à 230 kV et plus. Le champ maximal observé est de 10 kV/m sous une ligne à 735 kV. Ce dépassement est transitoire sachant que l'exposition publique est généralement de courte durée (ex. : traverses routières, pistes cyclables). Des expositions plus longues sont toutefois possibles lors de certaines utilisations (ex. : jardins communautaires, terrains de jeux). À l'heure actuelle, Hydro Québec n'a pas pris position quant à ces dépassements des expositions recommandées par l'ICNIRP.

4.2 CONCLUSION

Les recommandations proposées par l'ICNIRP font office de référence pour bon nombre d'organisations ou de pays lors de l'établissement de critères de champs électrique et magnétique (ex : Union européenne, Allemagne, Corée, Singapour, Taiwan). On peut citer l'exemple du NRPB qui a récemment harmonisé ses recommandations à celles de l'ICNIRP. Basés sur une approche scientifique différente, des critères moins restrictifs (de l'ordre de 10 fois moindres pour le CM de 60 Hz) sont également proposés par l'IEEE, association professionnelle internationale reconnue. La logique qui sous-tend l'établissement de ces critères par ces organisations trouve son fondement sur la prévention des effets aigus observés lors d'expositions à des niveaux élevés. Cependant, dans le contexte des incertitudes concernant les effets associés à l'exposition chronique aux CEM, certains pays ou localités adoptent des objectifs beaucoup plus restrictifs de CM en se basant sur le principe de précaution. La justification quant à l'utilisation d'une telle approche sera discutée au prochain chapitre.

5 PRATIQUES DE GESTION

En mai 2000, un groupe de travail du réseau de la santé publique québécois a déposé un rapport au ministère de la Santé et des Services sociaux proposant plusieurs recommandations (Levallois *et al.*, 2000a). L'une d'elles concernait l'application du principe de précaution. On peut ainsi lire dans ce document la recommandation suivante :

Que le ministère de la Santé et des Services sociaux propose au Comité interministériel de suivi des études sur les effets des lignes à haute tension sur la santé de recommander au gouvernement du Québec de se doter d'une politique de gestion prudente de l'exposition aux CEM provenant des lignes électriques à haute tension.

Faisant suite à ce rapport, le MSSS a confié un mandat à l'INSPQ visant entre autres à confirmer la pertinence d'appliquer le principe de précaution à l'égard de l'exposition aux CEM.

Afin de répondre à ce mandat, il convient de bien définir le cadre d'application ainsi que la portée d'une telle politique. La présente section vise donc à présenter les principes rattachés à la précaution, tels qu'ils ont été définis par diverses organisations internationales, nationales ainsi que québécoises, tout en examinant l'applicabilité de ces principes à la problématique des CEM.

5.1 CADRE D'APPLICATION DU PRINCIPE DE PRÉCAUTION

5.1.1 Organisations internationales

5.1.1.1 Organisation mondiale de la Santé

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) soulignait en 2000, l'intérêt croissant à travers le monde d'un mouvement visant à adopter une « approche de précaution » pour la gestion des risques à la santé face à l'incertitude scientifique (WHO, 2000). Ainsi, que ce soit par les instances gouvernementales ou autres, diverses politiques ont été développées et sont généralement définies comme suit :

- *Principe de précaution*

Politique de gestion du risque utilisée lorsqu'il existe un risque possible dans les circonstances où l'incertitude scientifique est grande. Des actions visant à prévenir un risque potentiel important doivent être entreprises sans attendre les résultats des recherches scientifiques futures (WHO, 2000).

○ *Prévention prudente ou l'évitement prudent (prudent avoidance)*

Initialement développée pour les CEM, par Morgan, Florig et Nair, cette politique se traduit par prendre des actions, à faibles coûts, pour diminuer une exposition à des risques incertains. L'OMS précise que la politique de prévention prudente face aux CEM a été adoptée en partie en Australie, en Suède, et dans quelques états américains (Californie, Colorado, Hawaii, New Jersey, Ohio, Texas, Wisconsin) (WHO, 2000).

○ *Principe ALARA (as low as reasonably achievable)*

C'est une politique utilisée pour minimiser les risques connus à des cancérigènes comme les radiations ionisantes en limitant l'exposition le plus bas possible qu'il soit raisonnable d'atteindre en considérant les coûts, la technologie, les bénéfices pour la santé publique et autres considérations économiques et sociales. Selon, l'OMS, cette politique serait non appropriée pour les CEM du fait de l'absence de tout risque attendu à ces faibles niveaux d'exposition et compte tenu de la présence ubiquitaire des CEM (WHO, 2000).

Lors d'un atelier du bureau régional de l'OMS en Europe en 2001 (WHO, 2002), 23 experts se sont penchés sur l'application du principe de précaution face aux CEM. Cette rencontre visait, entre autres, à clarifier les concepts et principes liés aux politiques de précaution dans le domaine de l'environnement et la santé ainsi que d'identifier les priorités et orientations des futurs travaux, particulièrement en lien avec l'exposition aux CEM. Plusieurs constats ont été émis lors de cette rencontre, notamment l'absence de définition universelle concernant le principe de précaution. On précise néanmoins que l'application du principe de précaution se fait lorsqu'il demeure des incertitudes scientifiques importantes, signifiant que les impacts potentiels sur la santé sont connus mais que la probabilité demeure non définie, contrairement avec la prévention où le risque est raisonnablement caractérisé signifiant que l'impact et la probabilité de risque sur la santé peuvent être estimés avec une précision raisonnable. En conclusion à cette rencontre, il a été précisé :

Bien que les mesures de précaution soient opportunes face aux CEM, l'applicabilité du principe de précaution demeure par contre ambiguë et les critères ou le choix des mesures permettant de fixer les politiques spécifiques de précaution demeurent controversés (WHO, 2002).

Faisant suite à une série de consultations et discussions qui se sont tenues lors de rencontres à travers le monde, et qui réunissaient de nombreux spécialistes en la matière, l'Organisation mondiale de la Santé soumettait en version préliminaire en octobre 2004 et en juin 2005 (lors du « Workshop on guiding public health policy in areas of scientific uncertainty » de l'OMS à Ottawa) un document présentant son approche concernant l'application de mesures de précaution (WHO, 2005). Au moment de la rédaction de ce rapport, le document final de l'OMS n'était toujours pas disponible. Bien que les énoncés faits dans ce document ne puissent être considérés comme étant la position officielle de l'OMS, nous présentons ici quelques éléments d'intérêt.

L'Organisation mondiale de la Santé énonce une série d'options possibles pour l'application de mesures de précaution. Celles-ci incluent l'absence d'action officielle, la recherche, la mesure de l'exposition « monitoring », la communication, la réduction de l'exposition, le changement volontaire de comportement, l'établissement de limites d'exposition. La nature des interventions serait fonction de la force des certitudes associées au risque. Les facteurs politiques, environnementaux, sociaux et économiques devraient également être pris en compte lors de la sélection de mesures sur la base du principe de précaution. Les aspects légaux peuvent également soutenir les mesures de précaution. En lien avec cette gestion du risque, plusieurs pays ont adopté des mesures de précaution. Ces dernières, souligne l'OMS, doivent être proportionnelles au niveau de protection désiré et être évaluées selon une analyse des coûts associés à la prise ou l'absence de mesure et les bénéfices attendus de telles mesures.

En annexe de son document, l'OMS présente une analyse spécifique quant à l'application de mesures de précaution en lien avec la problématique des CEM d'extrêmes basses fréquences. L'OMS rappelle les nombreuses incertitudes qui demeurent quant à la gestion de ce risque dont celles concernant le lien causal entre le CM et un excès de risque de leucémie chez l'enfant; le ou les paramètres de l'exposition pouvant être en cause si l'effet est réel; la présence ou non d'une relation entre la dose (durée, seuil ou période d'exposition) et l'effet. Relativement à ces incertitudes, l'OMS suggère de retenir comme précepte de base « qu'une mesure visant la réduction de quelques aspects de l'exposition moyenne auprès de la population devrait réduire le risque, s'il en existe un » (WHO, 2005).

Ainsi, plusieurs incertitudes demeurent quant à l'efficacité des mesures pouvant être proposées pour prévenir les risques potentiellement associés aux CEM. Dans ce contexte, l'OMS précise que seulement des mesures à faibles coûts seraient justifiées. Les mesures suggérées concernent la recherche permettant de répondre aux incertitudes scientifiques ou pour documenter l'exposition et l'information de la population sur les sources de CEM et sur les moyens de les réduire. L'OMS indique également que les approches visant la réduction de l'exposition telles que la modification des pratiques de mise à la terre, des modifications de conception des appareils électriques ou encore des modifications lors de planification de lignes à haute tension peuvent être évaluées si d'autres raisons conditionnent de tels changements, si elles répondent à une préoccupation du consommateur, ou encore selon des circonstances particulières spécifiques à chaque pays. Les mesures proposées demeurent néanmoins générales.

Enfin, dans le contexte actuel, il est également précisé que l'établissement d'une limite d'exposition à 0,4 μT ou un niveau similaire est non justifié, ce critère devant s'appuyer sur des données scientifiques établies qui présentement, ne sont pas disponibles.

5.1.1.2 Commission des communautés européennes

Dans un document sur le recours au principe de précaution, la Commission des communautés européennes (CCE) souligne la difficulté d'établir un équilibre entre les libertés et droits des personnes, d'une part, et la nécessité de réduire le risque à la santé humaine, d'autre part (CEC, 2000). C'est dans cet esprit qu'elle a produit un rapport présentant les grandes lignes que la Commission entend suivre dans l'application du principe de précaution. Ainsi, le

principe de précaution devrait être considéré selon trois éléments fondamentaux soit : l'évaluation du risque, la gestion du risque et la communication du risque. Le jugement, associé à ce qui est un niveau acceptable de risque pour la société, est sans contredit une responsabilité politique. Toutefois, la procédure de décision devrait associer dès le début toutes les parties intéressées et devrait demeurer transparente.

La Commission des communautés européennes, comme l'OMS, considère que les mesures basées sur le principe de précaution ne devraient pas être disproportionnées par rapport au niveau de protection recherché. Ces mesures présupposent l'examen, sous forme d'analyse économique coût/bénéfices, des avantages et des inconvénients de l'action ou de l'absence d'action.

5.1.2 Organisations nationales et locales

5.1.2.1 États-Unis

- *National Institute of Environmental Health Sciences*

Aux États-Unis, aucune organisation nationale n'a recommandé explicitement une politique de précaution pour les lignes électriques, par contre le National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) s'est approché d'une recommandation d'évitement prudent, en suggérant aux compagnies d'électricité de poursuivre leur pratique d'implantation de lignes électriques afin de diminuer l'exposition et de continuer d'explorer les façons pour réduire les sources de CM près des lignes de transport et de distribution. Par contre, une présentation du directeur du NIEHS à un congrès recommandait plutôt des actions passives (WHO, 2000).

Le National Institute of Environmental Health Sciences précisait en 2002 certaines mesures visant la protection au regard de l'exposition aux CEM. Ainsi, dans un document d'information grand public, il affirme que : « bien que les scientifiques ne puissent établir si les CEM représentent un risque pour la santé, des actions d'éducation sur les façons de réduire l'exposition personnelle sont recommandées » (NIEHS, 2002). Néanmoins, le NIEHS ajoute que l'on ne peut spécifier quel aspect du CM, si le risque existe réellement, doit être réduit. Ainsi, des mesures de réduction des CEM prises aujourd'hui dans l'état actuel des connaissances pourraient se révéler inadéquates ou non pertinentes dans le futur. Aussi, quelle que soit l'action visant la diminution des niveaux de champs, cette dernière ne doit pas augmenter d'autres risques comme le risque d'électrocution ou d'incendie.

- *État de la Californie*

Dans le cadre du « California EMF program » une évaluation qualitative du risque à la santé a été réalisée par des chercheurs du Département de la santé publique de la Californie (Neutra *et al.*, 2002). Ces derniers devaient estimer, selon une échelle graduée, le niveau de certitude associé aux différents risques associés au CEM. Ces chercheurs ont identifié comme risque potentiel : la leucémie chez l'enfant, le cancer du cerveau chez l'adulte, la sclérose latérale amyotrophique et le risque d'avortement.

Pour faire suite à cette démarche, une évaluation coût/bénéfice a été réalisée par l'État américain de la Californie et un programme a été instauré afin d'identifier les différentes

mesures de précaution disponibles (Neutra et Delpizzo, 2002; Neutra *et al.*, 2002). Le rapport final (California EMF Program, 2002), précise la difficulté de consensus quant à la gestion de risques incertains conduisant à des cadres de gestion différents pouvant être regroupés en quatre classes, soit :

- le cadre « utilitaire » préconisant le meilleur, pour le plus de monde et à moindre coût;
- le cadre « justice sociale » dont l'objectif vise à protéger les plus vulnérables sans égard aux coûts;
- l'approche « virtuellement certain » qui requiert des certitudes concernant le problème avant d'agir;
- le « non-interventionnisme » qui préfère une approche volontaire non gouvernementale sans se soucier du niveau de certitude de l'existence du problème.

Le département de santé publique de la Californie n'a présenté aucune recommandation de gestion à l'intérieur de ce document en laissant le soin aux décideurs de choisir ce qui leur convient le mieux.

À l'aide d'outils informatiques, le Département de santé publique de la Californie a présenté une analyse coût-bénéfice, sous forme de coûts estimés associés au nombre de vies pouvant potentiellement être sauvées, si des travaux de réduction des niveaux de CM étaient réalisés. Ainsi, certaines estimations sont présentées sur les mesures de mitigation pour la réduction des niveaux de CM pour les lignes de transport, de distribution et les lignes souterraines. D'autres estimations sont présentées pour les écoles en considérant la modification des composantes électriques internes ou externes à l'école. Il est souligné l'incertitude existante liée à l'identification du paramètre d'exposition associé aux lignes électriques, à la configuration des câblages dans la résidence, la mise à la terre ou les appareils électriques pouvant être en lien avec les effets observés. Outre la présence du CM, certains chercheurs émettent l'hypothèse d'un lien possible entre les effets sur la santé et le courant de contact, la variabilité du champ, la fraction de temps au-dessus d'un certain seuil, les particules de pollution chargées dans l'air, etc. Ces incertitudes quant aux paramètres incriminés ajoutent à la difficulté des gestionnaires ou preneurs de décision dans un objectif de mitigation de l'exposition.

En janvier 2006, le California Public Utilities Commission (CPUC) a maintenu sa position de 1993 concernant sa politique « low-cost/no-cost » visant à apporter les mesures de mitigations quant à l'exposition aux CEM pour les projets de nouvelles lignes de transmission au poste de transformation (CPUC, 2006). Ainsi, bien que la Commission ne puisse statuer sur l'existence d'une véritable relation entre les CEM et des effets sur la santé, un seuil de 4 % des budgets du coût des nouveaux projets peut être utilisé pour des mesures de mitigation de l'exposition aux CEM. D'autres mesures sont également retenues par la Commission soit : les nouveaux « designs » des infrastructures électriques afin de réduire les CEM des lignes de transmission, de distribution ou postes de transformation, la mesure des CEM, l'éducation et la recherche (CPUC, 2006).

o *Localité de Irvine*

Enfin, certaines villes américaines ont adopté des réglementations limitant les niveaux de CM (Kheifets *et al.*, 2005). À titre d'exemple, la ville d'Irvine, dans l'État de la Californie, a adopté une limite de 0,4 µT visant à restreindre la construction de résidences ou de garderies à proximité des lignes électriques (City of Irvine, 1998).

5.1.2.2 Royaume-Uni

À la suite d'une récente revue de la littérature scientifique sur les CEM, le NRPB au Royaume-Uni (NRPB, 2004) reconnaît le besoin d'adopter une approche prudente tout en soulignant également les bénéfices associés à l'harmonisation de critères internationaux pour l'exposition des travailleurs et du public aux CEM. Au regard des recommandations d'exposition retenues, soit celles de l'ICNIRP, le NRPB précise que l'application de facteurs de sécurité chez les populations potentiellement plus sensibles peut refléter une approche prudente (NRPB, 2004). Par contre, cette organisation précise également que les résultats des études épidémiologiques, prises individuellement ou collectivement, ne peuvent actuellement être utilisés pour quantifier des limites d'exposition appropriées aux CEM. Il conclut néanmoins en précisant, qu'à la lumière des connaissances actuelles et de la nécessité de recherches complémentaires, que le besoin de mesures additionnelles de précaution devrait être considéré par les gouvernements.

5.1.2.3 Suède

En 1996, la Suède a publié un document (SNBOSH, 1996) visant à soutenir les décideurs quant à la gestion des risques associés aux CEM. Issu d'une consultation entre le National Board of Occupational Safety and Health, le National Board of Housing, Building and Planning, le National Electrical Safety Board, le National Board of Health and Welfare et le National Radiation Protection Institute, ce document recommande la mise en pratique du principe de précaution. Il précise que les connaissances actuelles ne peuvent justifier l'adoption de valeurs limites ou autres mesures obligatoires mais spécifie néanmoins qu'une certaine prudence est justifiée face à l'exposition aux CEM.

Ainsi, les autorités nationales suédoises ont recommandé les mesures suivantes :

If measures generally reducing exposure can be taken at reasonable expense and with reasonable consequences in all other respects, an effort should be made to reduce fields radically deviating from what could be deemed normal in the environment concerned (SNBOSH, 1996).

Il est également précisé que le montant des dépenses, que l'on peut considérer raisonnable, est arbitraire et demeure un choix de société.

5.1.2.4 Autres exemples de politique de précaution

Kheifets *et al.* ont récemment publié 2 articles (2005, 2006) dans lesquels sont présentés quelques exemples de réglementations adoptées sur la base de diverses politiques de précaution, dont :

- L'Italie a adopté divers critères ou mesures à ne pas excéder, ceux-ci étant définis principalement en fonction des infrastructures localisées à proximité des installations électriques. Ainsi, l'Italie recommande comme limite d'exposition (*exposure limits*) pour les champs électrique et magnétique dans le cas des lignes à haute tension des niveaux à ne pas excéder de 5 kV/m et 100 μ T respectivement. Par mesure de prudence afin de se protéger des effets possibles à long terme, l'Italie a adopté une « *attention value* » de CM de 10 μ T (médiane mesurée sur 24 heures sous des conditions normales d'opération) pour les parcs d'enfants, les maisons résidentielles, les locaux scolaires et les aires où les personnes peuvent rester 4 heures ou plus par jour. Également, lors de la conception des nouvelles lignes électriques au voisinage des mêmes emplacements précités, l'Italie a adopté un « *quality goal* » de 3 μ T afin de minimiser progressivement l'exposition aux CEM générés par les lignes électriques à 50 Hz (The President of the Council of Ministers, Italy, 2003).
- La Suisse a également adopté des limites spécifiques de CM (*installation limit values*) qui doivent être respectées à certains endroits comme les appartements, les écoles, les hôpitaux, les endroits permanents de travail et les parcs d'enfants. Pour ces installations, la valeur limite retenue a été fixée à 1 μ T (Swiss Federal Council, 2000).
- En Israël, en 2001, le ministère de l'Environnement a retenu une valeur limite de 1 μ T à ne pas excéder dans les aires publiques (mesure basée sur une exposition moyenne de 24 heures (Israël Ministry of the Environment, 2005).
- D'autres pays ont adopté des mesures visant à limiter la construction de nouveaux sites à proximité des sources d'exposition. Ainsi, l'Irlande n'accorde pas de permis de construction aux compagnies d'électricité à proximité des écoles et garderies (à moins de 22 mètres). Aux Pays-Bas, les nouvelles écoles doivent se trouver à une certaine distance afin que l'exposition des enfants n'atteigne pas 0,4 μ T.

5.1.3 Politiques canadiennes

Le gouvernement canadien s'est doté d'un cadre d'application de la précaution en gestion de risque dans lequel il précise les modalités dans la prise de décisions scientifiques, notamment concernant la protection de la santé et de l'environnement (Gouvernement du Canada, 2003). Regroupées sous cinq principes d'application, les mesures de précaution devraient :

- Être sujettes à réexamen selon l'évolution de la science, de la technologie et du niveau de protection choisi par la société;
- Être proportionnelles à la gravité possible du risque que l'on veut gérer et au niveau de protection choisi par la société;
- Être non discriminatoires et concorder avec celles prises dans des circonstances similaires;

- Être efficaces et avoir pour objectif d'assurer (i) un avantage net global à la société au moindre coût et (ii) un choix judicieux de mesures;
- Choisir l'option qui entrave le moins le commerce lorsque plusieurs options réunissent ces caractéristiques (Gouvernement du Canada, 2003).

Bien que ces principes définissent le cadre général de ce que devrait être l'application de la précaution, aucune précision n'est apportée quant aux mesures pouvant être mises de l'avant dans le contexte de la problématique des CEM.

Certaines organisations ou associations canadiennes ont pris position quant à des mesures possibles de précaution, les recommandations proposées pouvant être de tout niveau. Ainsi, le Federal Provincial Territorial Radiation Protection Committee (Health Canada) (2005) souligne que le principe de précaution couvre une variété de mesures allant de mesures modérées, telles que le suivi des connaissances scientifiques, la transmission de l'information, la réalisation de recherche, ou des mesures plus restrictives telles que l'adoption de limite d'exposition. Selon cette organisation, compte tenu de l'absence de certitude quant aux effets de l'exposition aux CEM aux niveaux normalement rencontrés dans la population canadienne ou en environnement de travail, des mesures modérées et la participation à l'acquisition de nouvelles connaissances de précaution sont jugées suffisantes.

Dans un document grand public, Santé Canada précise qu'à l'heure actuelle, des lignes directrices ne sont pas nécessaires parce que la preuve scientifique n'est pas assez forte pour conclure que des expositions normales causeraient des problèmes de santé. Il précise de plus :

Pas besoin de chercher à se protéger de l'exposition quotidienne normale aux champs électriques et magnétiques de fréquences extrêmement basses. Il n'y a aucune preuve concluante de dommages causés par des expositions à des niveaux trouvés normalement dans les environnements domestiques et de travail au Canada (Santé Canada, 2004).

Par ailleurs, la Société canadienne du cancer, tout en précisant qu'on ne peut confirmer ni infirmer l'existence d'un lien causal entre les CEM et le cancer, suggérait en 2003 que des mesures de précaution pouvaient être prises individuellement pour restreindre l'exposition (Société canadienne du cancer, 2003). Cette association recommandait entre autres de s'éloigner de la source de CEM, de ne pas laisser les enfants jouer directement sous les lignes de transport d'électricité ou sur les transformateurs de lignes souterraines ou encore de diminuer la durée d'exposition aux CEM. Une mise à jour de leur site Internet réalisée en 2006 présente une version modifiée de ces recommandations en citant la position de Santé Canada qui précise qu'il n'est pas nécessaire de prendre des précautions particulières quant au niveau d'exposition. La Société canadienne du cancer suggère néanmoins quelques mesures de réduction de l'exposition pour les personnes qui demeurent inquiètes quant à leur niveau d'exposition (Société canadienne du cancer, 2006).

5.1.4 Politique québécoise

Au niveau québécois, un groupe de travail de l'INSPQ a présenté un cadre de référence qui établit les premières bases générales dans la pratique de gestion des risques pour la santé (Ricard *et al.*, 2003). Ce document vise, entre autres, à présenter les principes directeurs devant guider les gestionnaires de risques. Afin de s'assurer de la gestion des risques par la santé publique, ces principes de gestion des risques pour la santé doivent regrouper les éléments suivants :

- *Appropriation de ses pouvoirs* :
Afin de favoriser le renforcement de la capacité des individus et des collectivités à prendre des décisions éclairées et agir quant aux risques qui les concernent;
- *Équité* :
Afin de garantir la juste répartition des bénéfices et des inconvénients des risques au sein des communautés;
- *Ouverture* :
Afin de permettre aux parties intéressées et touchées de participer au processus afin qu'elles puissent exprimer leur point de vue et influencer les décisions de gestion;
- *Primauté de la protection de la santé humaine* :
Afin d'accorder la priorité à la protection de la santé humaine;
- *Prudence* :
Afin de prôner la réduction et l'élimination des risques chaque fois qu'il est possible de le faire et l'adoption d'une attitude vigilante afin d'agir de manière à éviter tout risque inutile. Cette attitude s'exerce tant dans un contexte de relative certitude (prévention) que d'incertitude scientifique (précaution);
- *Rigueur scientifique* :
Qui doit être basée sur les meilleures connaissances disponibles, reposer sur des avis scientifiques et considérer les points de vue minoritaires et les opinions provenant de diverses écoles de pensées tout en suivant une démarche structurée et systématique;
- *Transparence* :
Afin d'assurer un accès facile et le plus rapide possible à toute l'information critique et à toutes les explications pertinentes pour les parties intéressées et touchées.

Bien que nous souscrivons à ce cadre de référence, aucune démarche concrète n'a jusqu'à maintenant été amorcée afin de mettre en application ces principes à la gestion des CEM au Québec.

Par contre, tel que cité précédemment, rappelons le rapport d'un groupe de travail issu du réseau de la santé et des universités du Québec présenté en 2000 au ministère de la Santé et des Services sociaux faisant état du consensus sur l'évaluation et la gestion des risques associés à l'exposition aux champs électrique et magnétique provenant des lignes électriques (Levallois *et al.*, 2000a). Ce groupe précise notamment qu'une certaine prudence est justifiée pour réduire l'exposition de la population aux CEM et que l'application du principe de précaution est pertinente. Toutefois, le rapport de ce groupe spécifie que les

mesures retenues doivent être raisonnables compte tenu de l'incertitude existante et des impacts socioéconomiques. Ce rapport a été entériné en septembre 2000 par le Comité de suivi des études sur les effets des lignes à haute tension sur la santé (MSSS, 2000). Ainsi, bien que la relation causale entre les CEM émis par les lignes à haute tension et le cancer ne soit toujours pas établie, ce comité interministériel estime raisonnable d'entériner le principe de précaution et demande à ce que soient examinées la pertinence et la faisabilité des recommandations du groupe d'experts notamment à l'égard de mesures suggérées d'application du principe de précaution (Levallois *et al.*, 2000a).

Pour sa part, la position de gestion prudente de la société Hydro-Québec, mise à jour en mai 2005, est sensiblement la même qu'en 1996 (Hydro-Québec, 1996). On mentionne ainsi que les données scientifiques actuelles justifient la poursuite de la recherche mais ne permettent pas de recommander des mesures préventives systématiques visant la diminution des expositions des travailleurs ou du public (Hydro-Québec, 2005).

Hydro-Québec a aussi transmis au MSSS un document d'information quant à l'application du principe de précaution associé aux installations électriques de leur société (Goulet *et al.*, 2004). Cette approche est évaluée en examinant sa portée selon les 7 principes directeurs développés par le réseau québécois de la santé publique. Ainsi, selon Hydro-Québec, l'application de mesures préventives selon le principe de précaution pour prévenir le risque de cancer n'apparaît pas justifiée. Les principales raisons évoquées sont l'absence de preuve raisonnable de l'existence d'un risque pour la santé ainsi que l'absence de mesure préventive efficace permettant de réduire le nombre de cas de cancer appréhendés. Hydro-Québec souligne son inquiétude à l'effet que l'adoption de telles mesures pourrait occasionner certaines conséquences chez la population telles que de l'anxiété et des craintes de cancer liées à la proximité des sources de CEM. La société Hydro-Québec conclut néanmoins que l'attitude de prudence apparaît indiquée et devrait impliquer tous les acteurs concernés par cette question (Goulet *et al.*, 2004).

5.2 CONCLUSION

Bien que le principe de précaution ait été largement discuté au cours des dernières années, aucune définition n'a fait l'objet de consensus. L'OMS définit ce principe comme étant la nécessité de prendre action pour la gestion d'un risque significatif lors de situations où l'incertitude scientifique est grande. Concernant son applicabilité, certaines ambiguïtés demeurent quant à la portée de l'utilisation de ce principe. Pour la gestion des CEM, le groupe de travail du MSSS, tout comme les principales organisations (OMS, Communauté européenne, NIEHS), a précisé que les mesures retenues doivent être raisonnables ou non disproportionnées, compte tenu du niveau des incertitudes concernant les risques appréhendés et des impacts socioéconomiques associés aux mesures retenues. De même, comme le précisait le groupe de travail du MSSS en 2000, les données scientifiques actuelles (mécanisme d'action méconnu, études expérimentales n'appuyant pas le risque cancérigène, relation dose-réponse déficiente, impossibilité d'une analyse de risque adéquate) ne permettent toujours pas de justifier l'adoption d'un niveau limite de CM à ne pas excéder. Cette absence de certitude quant à un niveau sécuritaire du CM complexifie l'adoption de mesures de protection précises. En effet, comment éviter une exposition

néfaste pour la santé lorsque l'on ne connaît pas le niveau d'exposition sécuritaire et le type de paramètre devant être réglementés. L'adoption de mesures afin de soustraire la population à un niveau hypothétique déterminé de CM, tel que recommander une distance minimale entre les lignes à haute tension et les résidences pour soustraire ces dernières à un CM supérieur à 0,2 ou 0,4 ou 1 μ T, pourrait ne pas avoir d'effet bénéfique réel pour la santé. Tout au plus, peut-on soutenir que l'éloignement de la source permet en général la réduction de l'exposition à l'ensemble des paramètres caractérisant les CEM.

Bien que les connaissances actuelles sur l'exposition aux CEM soient encore très incomplètes, les données disponibles nous indiquent que la population québécoise aurait une exposition résidentielle moyenne supérieure à celle observée dans les autres provinces canadiennes ou dans d'autres pays⁴.

Les critères justifiant l'application de mesures de précaution demeurent généraux, mais comprennent la possibilité d'un risque sérieux pour la santé, notamment la leucémie chez l'enfant, l'incertitude entourant l'existence d'un tel lien et la possibilité d'agir relativement à un tel risque. Force est de constater que l'application de ce principe quant à l'exposition aux CEM est complexe et doit impliquer les principaux acteurs concernés et prendre en compte tant les aspects santé que les aspects environnementaux, techniques, sociaux et économiques. Bien que devant s'appuyer sur des données scientifiques, la responsabilité première demeure principalement du domaine politique et non celle de la communauté scientifique ou de l'industrie. C'est le gouvernement qui doit fixer les niveaux de protection pour la société. Toutefois, comme l'a souligné l'OMS (WHO, 2002), l'interface entre les aspects scientifiques et politiques demeure cruciale.

La mise en place de mesures de précaution ne doit pas être interprétée comme une certitude que l'exposition aux CEM est dangereuse. Une telle perception pourrait engendrer des craintes non fondées. Néanmoins, la position de l'INSPQ à l'égard de ce risque demeure inchangée, soit qu'il existe une possibilité d'un risque à la santé. S'il s'avérait réel, l'ampleur du risque demeurerait faible. Ainsi, la communication du public à cet égard apparaît donc essentielle à une compréhension juste de la problématique.

Devant la diversité des enjeux (santé, économiques, techniques, sociaux, politiques) et des milieux impliqués (résidentiel, de travail, lieux publics), le MSSS ne pourra agir seul. Nous réitérons donc notre recommandation à l'effet de mettre sur pied un groupe de travail qui aurait comme mandat principal d'évaluer et de proposer le cas échéant des mesures de gestion des CEM visant à mettre en pratique le principe de précaution. Outre le réseau de la santé publique, la société Hydro-Québec et les ministères impliqués (MDDEP, ministère des Ressources naturelles et de la Faune [MRNF]) diverses organisations concernées par cette problématique pourraient être invitées à participer à ce groupe de travail dont le secteur municipal, le milieu de travail, le milieu de l'habitation ainsi que les associations en lien avec l'enfance.

⁴ L'incidence de leucémie chez l'enfant au Québec se compare avec le taux canadien. Ainsi, le taux standardisé d'incidence (taux/100 000) pour la leucémie aiguë lymphocytaire au Québec dans la catégorie 0-19 ans pour la période de 1992 à 2001 est de 3,3 (IC à 95 % = 3,04-3,57) comparé à 3,2 pour le Canada (IC à 95 % = 3,07-3,32) (Agence de santé publique du Canada, 2006).

6 SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS

6.1 SYNTHÈSE

En réponse au rapport de consensus du groupe de travail sur les CEM de mai 2000 (Levallois *et al.*), le MSSS a confié un mandat à l'INSPQ visant à faire le point sur l'exposition humaine aux CEM, à évaluer les plus récents développements quant aux effets sur la santé et à vérifier la pertinence d'appliquer le principe de précaution à l'égard de cette exposition. Les sources d'exposition en milieu résidentiel résultant de la proximité des lignes à haute tension, des lignes de distribution et d'autres sources résidentielles, ainsi que l'exposition dans certains lieux publics ont été considérées.

La revue des principales études épidémiologiques publiées entre 1999 et 2004 ne modifie pas les conclusions formulées dans le rapport de consensus (Levallois *et al.*, 2000). Plusieurs études tendent également vers la possibilité d'un risque faible de cancer, principalement la leucémie chez l'enfant. Il faut néanmoins préciser que la qualité de ces nouvelles études est généralement faible et qu'à l'heure actuelle, aucune étude expérimentale n'a pu corroborer ces résultats (IARC, 2002). Les nouvelles études sur le cancer du sein et les maladies cardiovasculaires sont majoritairement négatives et tendent plutôt vers une absence d'association entre la maladie et l'exposition aux CEM. Pour les autres risques à la santé, bien que certaines associations aient été observées, les études sont dans l'ensemble soit contradictoires, peu convaincantes ou insuffisantes et apportent généralement peu d'éclairage nouveau.

Un des constats issus du présent rapport, est la multiplicité des sources exposant la population en milieu résidentiel ou lieux publics. Du fait de leur structure imposante, les lignes à haute tension ont souvent fait l'objet de préoccupations particulières. Par contre, bien que ces lignes puissent représenter la principale source d'exposition aux CEM pour les populations résidant à proximité, d'un point de vue populationnel, ces infrastructures ne représentent pas la principale source d'exposition aux CEM pour la population québécoise. Ainsi, les lignes de distribution, le câblage électrique des résidences, la mise à la terre ou encore l'utilisation courante d'appareils électriques domestiques contribuent de façon importante à l'exposition aux champs. On constate donc une diversité des sources d'exposition et les connaissances actuelles quant à l'exposition résidentielle ou en environnement public demeurent incomplètes.

À ce jour, aucune norme québécoise ou canadienne n'a été adoptée pour les CEM d'extrêmes basses fréquences. Les recommandations proposées par l'ICNIRP, suivies par plusieurs pays à travers le monde, peuvent néanmoins faire office de référence pour l'exposition aux champs électrique et magnétique. Des dépassements temporaires de ces critères sont possibles lors d'activités à proximité des lignes à haute tension ou lors d'utilisation d'appareils électriques à la résidence. Par contre, bien qu'aucune directive claire n'ait été formulée quant aux dépassements de ces recommandations, selon l'INSPQ, elles devraient être considérées comme des objectifs à atteindre.

Quant aux risques à la santé liés à l'exposition chronique aux CEM, plusieurs organisations, pays ou localités adoptent des mesures visant à appliquer le principe de précaution. Les mesures proposées peuvent différer grandement, mais les principales organisations reconnues (OMS, CCE, NIEHS) s'entendent pour que les mesures retenues soient raisonnables. L'Institut national de santé publique du Québec considère également que le gouvernement du Québec a intérêt à se doter d'une politique visant l'application du principe de précaution quant à l'exposition aux CEM. Cette politique pourrait s'inspirer entre autres de la réflexion amorcée par l'OMS (WHO, 2005) précisant que dans le contexte actuel, seules des mesures à faibles coûts seraient justifiées. Des actions sont suggérées telles que : documenter l'exposition, informer la population sur les sources de CEM et sur les façons de réduire cette exposition et développer la recherche. Des approches visant la réduction de l'exposition peuvent être évaluées si elles sont conditionnées par d'autres facteurs : raison de sécurité, coûts/bénéfices, préoccupations des consommateurs, etc.

L'approche québécoise de précaution au regard des CEM pourra s'appuyer sur les principes directeurs du cadre de référence déposé par l'INSPQ soit : l'appropriation des pouvoirs, l'équité, l'ouverture, la primauté de la protection de la santé humaine, la prudence, la rigueur scientifique et la transparence (Ricard *et al.*, 2003). Compte tenu de la multidisciplinarité de la problématique des CEM, le MSSS ne pourra décider à lui seul des mesures de précaution à adopter. Ainsi, l'appropriation des pouvoirs par les individus et les collectivités, ce qui inclut la participation élargie au processus de décision dans la gestion de cette problématique, est donc primordiale. Les organismes pouvant être directement interpellés à la gestion des CEM sont entre autres : le réseau de la santé publique (MSSS, INSPQ et DSP), les ministères impliqués (MDDEP, MRNF), la société Hydro-Québec, le secteur municipal, le milieu de travail, le milieu de l'habitation ainsi que les associations en lien avec l'enfance.

6.2 RECOMMANDATIONS

Au regard de la gestion des risques associés aux CEM, la sensibilité des enjeux autour du risque de leucémie chez l'enfant, mais également le faible niveau du risque potentiel à la santé et l'importance des incertitudes scientifiques liées à la détermination d'un lien causal entre l'agent et la maladie doivent être pris en compte. Dans l'état actuel des connaissances, les mesures de précaution proposées doivent donc demeurer raisonnables, mais doivent du reste permettre de proposer des options aux personnes qui souhaitent obtenir de l'information ou qui veulent pouvoir diminuer leur exposition, individuellement ou collectivement. Ainsi, suite à la mise à jour de la revue des risques pour la santé, des sources d'exposition, des recommandations d'exposition et des politiques de gestion sur les CEM, l'INSPQ propose les recommandations suivantes au MSSS :

- Poursuivre ses actions de vigilance quant à l'évolution des connaissances sur les risques à la santé liés à l'exposition aux champs électrique et magnétique;
- Mieux documenter les diverses sources d'exposition aux champs électrique et magnétique en milieu résidentiel et en environnement public et évaluer les possibilités techniques et économiques de réduction de ces sources.

À l'égard de l'application du principe de précaution, réitérant la recommandation du rapport du consensus de mai 2000 :

- Mettre sur pied un groupe de travail réunissant les principales organisations concernées par cette problématique et qui aura à évaluer et à proposer, le cas échéant, des mesures raisonnables et proportionnées de gestion des CEM au Québec (ex. : mesures simples, peu coûteuses, volontaires). Ces mesures devront s'appuyer sur le cadre de référence de l'INSPQ et sur les politiques de précaution recommandées entre autres par l'OMS et le gouvernement canadien;

Associé à ces mesures, le MSSS pourrait :

- Rendre disponible au grand public de l'information visant à faire état des connaissances et des incertitudes actuelles quant aux risques à la santé liés à l'exposition aux CEM;

Finalement, relativement à l'application des recommandations maximales d'exposition :

- Diffuser une meilleure information à la population et aux organisations impliquées quant aux recommandations proposées par l'ICNIRP et sur les façons de limiter les expositions de la population québécoise au-dessus de ces niveaux. Un avancement des connaissances devrait permettre dans le futur de mieux préciser les risques aigus et chroniques et la protection véritable apportée par ces recommandations.

RÉFÉRENCES

Agence de santé publique du Canada. Surveillance des maladies en direct. Accessible à :
<http://dsol-smed.phac-aspc.gc.ca/>. [Accessed 13 November 2006].

Ahlbom A, Day N, Feychting M, Roman E, Skinner J, Dockerty J, Linet M, McBride M, Michaelis J, Olsen JH, Tynes T, Verkasalo PK. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer* 83:692-698 (2000).

Ahlbom A. Neurodegenerative diseases, suicide and depressive symptoms in relation to EMF. *Bioelectromagnetics Supplement 5*:S132-S143 (2001).

Ahlbom A, Feychting M, Gustavsson A, Hallqvist J, Johansen C, Kheifets L, Olsen JH. Occupational magnetic field exposure and myocardial infarction incidence. *Epidemiology* 15:403-408 (2004).

American Conference Governmental Industrial Hygienists. Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices - Sub-radiofrequency (30 kHz and below) magnetic fields. Cincinnati (2003).

Armanini D, Conti R, Mantini A, Nicolini P. Measurements of power-frequency electric and magnetic fields around different industrial and household sources. Paris: Cigré, 1990.

Armstrong BG, Deadman J, McBride ML. The determinants of Canadian children's personal exposures to magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 22:161-9 (2001).

Armstrong BG, Deadman JE, Thériault G. Comparison of indices of ambient exposure to 60-hertz electric and magnetic fields. *Bioelectromagnetic* 11:337-347 (1990).

Baumgardt-Elms C, Ahrens W, Broman K, Boikat U, Stang A, Jahn I, Stegmaier C, Jockel KH. Testicular cancer and electromagnetic fields (EMF) in the workplace: results of a population-based case-control study in Germany. *Cancer Causes & Control* 13:895-902 (2002).

Bianchi N, Crosignani P, Rovelli A, Tittarelli A, Carnelli CA, Rossitto F, Vanelli U, Porro E, Berrino F. Overhead electricity power lines and childhood leukemia: a registry-based, case-control study. *Tumori* 86:195-8 (2000).

Blaasaas KG, Tynes T, Lie RT. Residence near power lines and the risk of birth defects. *Epidemiology* 14:95-98 (2003).

Blaasaas KG, Tynes T, Lie RT. Risk of selected birth defects by maternal residence close to power lines during pregnancy. *Occup Environ Med* 61:174-176 (2004).

California Department of Health Services and the Public Health Institute. Electric and magnetic fields in California public schools, 2001. Accessible à :
<http://www.dhs.ca.gov/ps/deodc/ehib/emf/pdf/EMFinschools.pdf>.

California EMF Program. Policy options in the face of possible risk from power frequency electric and magnetic fields (EMF). Oakland, California: California EMF Program, 2002.

California Public Utilities Commission. PUC actions regarding EMFs, 2006. Accessible à : <http://www.cpuc.ca.gov/static/energy/environment/electromagnetic+fields/action.htm>.

Charles LE, Loomis D, Shy CM, Newman B, Millikan R, Nylander-French LA, Couper D. Electromagnetic fields, polychlorinated biphenyls, and prostate cancer mortality in electric utility workers. *American Journal of Epidemiology* 157:683-691 (2003).

City of Irvine. Zoning ordinance - City of Irvine, California, 1998. Accessible à : <http://library3.minicode.com/mcc/DocView/13239/1/2>.

Commission of the European Communities. Communication from the commission on the precautionary principle. 2000.

D'Amore G, Anglesio L, Tasso M, Benedetto A, Roletti S. Outdoor background ELF magnetic fields in an urban environment. *Radiation Protection Dosimetry* 94:375-379 (2001).

Davis S, Mirick DK, Stevens RG. Residential magnetic fields and the risk of breast cancer. *American Journal of Epidemiology* 155:446-454 (2002).

De Roos AJ, Teschke K, Savitz D, Poole C, Grufferman S, Pollok BH, Olshan AF. Parental occupational exposures to electromagnetic fields and radiation and the incidence of neuroblastoma in offspring. *Epidemiology* 12:508-517 (2001).

Deadman JE, Armstrong BG, McBride ML, Gallagher R, Thériault G. Exposures of children in Canada to 60-Hz magnetic and electric fields. *Scand J Work Environ Health* 25:368-375 (1999).

Deadman JE, Plante M. Expositions aux champs magnétiques résidentiels de 60 hertz au Québec. *Bulletin d'information en santé environnementale (Bise)* 13:1-5 (2002).

Deadman JE, Infante-Rivard C. Individual estimation of exposures to extremely low frequency magnetic fields in jobs commonly held by women. *American Journal of Epidemiology* 155.4: 368-378 (2002).

Delpizzo V. A model to assess personal exposure to ELF magnetic fields from common household sources. *Bioelectromagnetics* 11:139-147 (1990).

Dlugosz LJ, Byers T, Vena J, Zielesny M. Ambient 60-Hz magnetic flux density in an urban neighborhood. *Bioelectromagnetics* 10:187-196 (1989).

Donnelly KE, Agnew DA. Exposure assessment methods for a childhood epidemiology study. Ontario Hydro. Health & Safety Division, 1991.

Erren TC. A meta-analysis of epidemiologic studies of electric and magnetic fields and breast cancer in women and men. *Bioelectromagnetics Supplement* 5:S105-S119 (2001).

Federal Provincial Territorial Radiation Protection Committee (Health Canada). Health effects and exposure guidelines related to extremely low frequency electric and magnetic fields - An overview. The ELF Working Group, 2005.

Feychting M, Forssén UM, Rutqvist LE, Ahlbom A. Magnetic fields and breast cancer in Swedish adults residing near high-voltage power lines. *Epidemiology* 9:392-397 (1998).

Feychting M, Jonsson F, Pedersen NL, Ahlbom A. Occupational magnetic field exposure and neurodegenerative disease. *Epidemiology* 14:413-419 (2003).

Floderus B. Is job title an adequate surrogate to measure magnetic field exposure? *Epidemiology* 7:115-116 (1996).

Floderus B, Stenlund C, Persson T. Occupational magnetic field exposure and site-specific cancer incidence : a Swedish cohort study. *Cancer Causes and Control* 10:323-332 (1999).

Florig HK, Hoburg JF. Power-frequency magnetic fields from electric blankets. In: *Health Physics*, Vol 58:493-502 (1990).

Foliart DE, Iriye RN, Tarr KJ, Silva JM, Kavet R, Ebi KL. Alternative magnetic field exposure metrics: relationship to TWA, appliance use, and demographic characteristics of children in a leukemia survival study. *Bioelectromagnetics* 22:574-80 (2001).

Forssén UM, Feychting M, Rutqvist LE, Floderus B, Ahlbom A. Occupational and residential magnetic field exposure and breast cancer in females. *Epidemiology* 11:24-29 (2000).

Gauger JR. Household appliance magnetic field survey. *IEEE Trans on Power Apparatus and Systems* PAS-104:2436-2444 (1985).

Gauvin D, Paradis G, Legris M, Levallois P. Niveaux de champ magnétique en milieu scolaire résultant de l'utilisation d'un plancher électrique chauffant. Direction de santé publique de Québec, Institut national de santé publique de Québec, 2003.

Goulet D, Plante M, Paquette J, Jean N, Chahine R. Le principe de précaution et l'exposition aux champs électriques et magnétiques générés par les installations électriques de l'entreprise, 2004.

Gouvernement du Canada. Cadre d'application de la précaution dans un processus décisionnel scientifique en gestion du risque (2003). Accessible à :
http://www.pco-bcp.gc.ca/default.asp?Language=F&Page=Publications&doc=precaution/precaution_f.htm .

Grainger P, Preece AW. The contribution of local distribution substations and associated area distribution system to personal exposure to power frequency magnetic fields. *Int J Environ Health Res* 10:285-90 (2000).

Green LM, Miller AB, Villeneuve PJ, Agnew DA, Greenberg ML, Li J, Donnelly KE. A case-control study of childhood leukemia in southern Ontario, Canada, and exposure to magnetic fields in residences. *Int J Cancer* 82:161-170 (1999a).

Green LM, Miller AB, Agnew DA, Greenberg ML, Li J, Villeneuve PJ, Tibshirani R. Childhood leukemia and personal monitoring of residential exposures to electric and magnetic fields in Ontario, Canada. *Cancer Causes and Control* 10:233-241 (1999b).

Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, Poole C, Kelsh MA. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. Childhood Leukemia-EMF Study Group. *Epidemiology* 11:624-34 (2000).

Guénel P, De Guire L, Gauvin D, Rhainds M. Rayonnements non ionisants. In: *Environnement et santé publique - Fondements et pratiques* (Gérin M, Gosselin P, Cordier S, Viau C, Quénel P, Dewailly E, eds). Edisem, 2003;441-477.

Hakansson N, Floderus B, Gustavsson P, Johansen C, Olsen JH. Cancer incidence and magnetic field exposure in industries using resistance welding in Sweden. *Occup Environ Med* 59:481-6 (2002).

Hakansson N, Gustavsson P, Johansen C, Floderus B. Neurodegenerative diseases in welders and other workers exposed to high levels of magnetic fields. *Epidemiology* 14:420-426 (2003a).

Hakansson N, Gustavsson P, Sastre A, Floderus B. Occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and mortality from cardiovascular disease. *American Journal of Epidemiology* 158:534-542 (2003b).

Harmanci H, Emre M, Gurvit H, Bilgic B, Hanagasi H, Gurol E, Sahin H, Tinaz S. Risk factors for Alzheimer disease: a population-based case-control study in Istanbul, Turkey. *Alzheimer disease and associated disorders* 17:139-145 (2003).

Harrington JM, McBride DI, Sorahan T, Paddle GM, Tongeren MV. Occupational exposure to magnetic fields in relation to mortality from brain cancer among electricity generation and transmission workers. *Occupational and Environmental Medicine* 54:7-13 (1997).

Harrington JM, Nichols L, Sorahan T, Tongeren MV. Leukaemia mortality in relation to magnetic field exposure: findings from a study of United Kingdom electricity generation and transmission workers, 1973-97. *Occup Environ Med* 58:307-314 (2001).

Havas M. Intensity of electric and magnetic fields from power lines within the business district of 60 Ontario communities. *The Science of the Total Environment* 298:183-206 (2002).

Héroux P. 60-Hz electric and magnetic fields generated by a distribution network. *Bioelectromagnetics* 8:135-148 (1987).

Hydro-Québec. Champs électriques et magnétiques. Position de gestion prudente. 1996. Accessible à : http://www.hydroquebec.com/sustainable-development/documentation/pdf/position_champs_elect.pdf.

Hydro-Québec. Champs électriques et magnétiques. Position de gestion prudente - Mise à jour. 2005. Accessible à : http://www.hydroquebec.com/developpementdurable/documentation/pdf/position_champs_elect.pdf.

International Committee on Electromagnetic Safety on Non-Ionizing Radiation. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0-3 kHz. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2002.

Infante-Rivard C, Deadman JE. "Maternal occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields during pregnancy and childhood leukemia. *Epidemiology* 14.4:437-441 (2003).

International Agency for Research on Cancer and World Health Organization. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. [80], 2002.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Physics* 74:494-522 (1998).

Israel Ministry of the Environment. The electricity grid, 2005. Accessible à : http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=e_BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Object&enDispWho=Articals^13555&enZone=non_ionizing.

Johansen C. Exposure to electromagnetic fields and risk of central nervous system disease in utility workers. *Epidemiology* 11:539-543 (2000).

Kabat GC, O'leary ES, Schoenfeld ER, Greene JM, Grimson R, Henderson K, Kaune WT, Gammon MD, Britton JA, Teitelbaum SL, Neugut AI, Leske MC. Electric blanket use and breast cancer on Long Island. *Epidemiology* 14:514-520 (2003).

Kaune WT, Miller MC, Linet MS, Hatch EE, Kleinerman RA, Wacholder S, Mohr AH, Tarone RE, Haines C. Children's exposure to magnetic fields produced by U.S. television sets used for viewing programs and playing video games. *Bioelectromagnetics* 21:214-227 (2000).

Kavet R, Silva JK, Thornton D. Magnetic field exposure assessment for adult residents of Maine who live near and far away from overhead transmission lines. *Bioelectromagnetics* 1:35-55 (1992).

Kheifets L, Sahl JD, Shimkhada R, Repacholi MH. Developing policy in the face of scientific uncertainty: interpreting 0.3 microT or 0.4 microT cutpoints from EMF epidemiologic studies. *Risk Anal* 25:927-935 (2005).

Kheifets LI, van Deventer TE, Lundell G, Swanson J. Le principe de précaution et les champs électriques et magnétiques : mise en oeuvre et évaluation. *Environnement, Risques et Santé* 5:43-53 (2006).

Kleinerman RA, Kaune WT, Hatch EE, Wacholder S, Linet MS, Robison LL, Niwa S, Tarone RE. Are children living near high-voltage power lines at increased risk of acute lymphoblastic leukemia? *Am J Epidemiol* 151:512-515 (2000).

Kleinerman RA, Linet MS, Hatch EE, Wacholder S, Tarone RE, Severson RK, Kaune WT, Friedman DR, Haines CM, Muirhead CR, Boice JD, Robison LL. Magnetic field exposure assessment in a case-control study of childhood leukemia. *Epidemiology* 8:575-583 (1997).

Kliukiene J, Tynes T, Martinsen JI, Blaasaas KG, Andersen A. Incidence of breast cancer in a Norwegian cohort of women with potential workplace exposure to 50 Hz magnetic fields. *American Journal of Industrial Medicine* 36:147-154 (1999).

Kliukiene J, Tynes T, Andersen A. Residential and occupational exposures to 50-Hz magnetic fields and breast cancer in women: a population-based study. *American Journal of Epidemiology* 159:852-861 (2004).

Labreche F, Goldberg MS, Valois MF, Nadon L, Richardson L, Lakhani R, Latreille B. Occupational exposures to extremely low frequency magnetic fields and postmenopausal breast cancer. *American journal of industrial medicine* 44:643-652 (2003).

Lee GM, Neutra RR, Hristova L, Yost M, Hiatt RA. A nested case-control study of residential and personal magnetic field measures and miscarriages. *Epidemiology* 13:21-31 (2002).

Levallois P, Gauvin D, Lajoie P, Saint-Laurent J. Bilan des normes et recommandations d'exposition aux champs électromagnétiques (0 à 300 GHz) et au rayonnement ultraviolet. B-047. Québec: IRSST (1996).

Levallois P, Gauvin D, Gingras S, St-Laurent J. Comparison between personal exposure to 60 Hz magnetic fields and stationary home measurements for people living near and away from a 735 kV power line. *Bioelectromagnetic* 20:331-337 (1999).

Levallois P, Lajoie P, Gauvin D, Carrier G, Daveluy A, Drouin L, Prévost C, Thériault G, Tremblay C. Consensus sur l'évaluation et la gestion des risques associés à l'exposition aux champs électrique et magnétique provenant des lignes électriques. Québec: MSSS, 2000a.

Levallois P, Dumont M, Touitou T, Gauvin D, Gingras S, Kröger E, Douville P, Bourdages M, Turgeon A, Mâsse B. Évaluation de l'excrétion urinaire de sulfatoxymélatonine chez une population résidant à proximité d'une ligne à 735 kV - Rapport final. Unité de recherche en santé publique, Centre hospitalier universitaire de Québec (CHUQ), 2000b.

Levallois P, Gingras S, Masse B, Dumont M, Bourdages M, Touitou Y. Effect of magnetic field exposure on sulfatoxymélatonin excretion of women. (2001).

Levallois P, Gauvin D, St-Laurent J, Gingras S, Deadman JE. Electric and Magnetic Field Exposures for People Living near a 735-Kilovolt Power Line. *Environmental Health Perspectives Journal of the National Institute of Environmental Health Sciences* 103:832-837 (1995).

Li CY, Thériault G, Lin RS. A validity analysis of residential magnetic fields estimated from high-voltage transmission lines. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 7:493-504 (1997).

Li CY, Chen P-C, Sung FC, Lin RS. Residential exposure to power frequency magnetic field and sleep disorders among women in an urban community of Northern Taiwan. *Sleep* 25:428-432 (2002).

Li DK, Odouli R, Wi S, Janevic T, Golditch I, Bracken TD, Senior R, Rankin R, R. I. A population-based prospective cohort study of personal exposure to magnetic fields during pregnancy and the risk of miscarriage. *Epidemiology* 13:9-20 (2002).

Lindgren M, Gustavsson M, Hamnerius Y, Galt S. ELF magnetic fields in a city environment. *Bioelectromagnetics* 22:87-90 (2001).

Linnet MS, Hatch EE, Kleinerman RA, Robison LL, Kaune WT, Friedman DR, Severson RK, Haines CM, Hartsock CT, Niwa S, Wacholder S, Tarone RE. Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children. *The New England Journal of Medicine* 337:1-7 (1997).

London SJ, Pogoda JM, Hwang KL, Langholz B, Monroe KR, Kolonel LN, Kaune WT, Peters JM, Henderson BE. Residential magnetic field exposure and breast cancer risk: a nested case-control study from a multiethnic cohort in Los Angeles County, California. *American Journal of Epidemiology* 158:969-980 (2003).

Loomis D, Browning SR, Schenck AP, Gregory E, Savitz DA. Cancer mortality among electric utility workers exposed to polychlorinated biphenyls. *Occup Environ Med* 54:720-728 (1997).

Loomis DP, Peipins LA, Browning SR, Howard RL, Kromhout H, Savitz DA. Organization and classification of work history data in industry-wide studies: an application to the electric power industry. *American journal of industrial medicine* 26:413-425 (1994).

Mader DL, Barrow DA, Donnelly KE, Scheer RR, Sherar MD. A simple model for calculating residential 60-Hz magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 11:283-296 (1990).

Maruvada PS, Jutras P. Caractérisation des champs électrique et magnétique dans différents milieux. Montréal:Hydro-Québec (1991).

Maruvada PS, Turgeon A, Jutras P. Étude de l'exposition aux champs magnétiques de la population lors de l'utilisation polyvalente des emprises. Montréal: Hydro-Québec (1993).

Maruvada PS, Turgeon A, Goulet DL, Cardinal C. An experimental study of residential magnetic fields in the vicinity of transmission lines. *IEEE Transactions on Power Delivery* 11:1-7 (1997).

McBride M, Gallagher RP, Thériault G, Armstrong BG, Tamaro S, Spinelli JJ, Deadman JE, Fincham S, Robson D, Choi W. Power-frequency electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia in Canada. *American Journal of Epidemiology* 149:831-42 (1999).

Merchant CJ, Renew DW, J S. Exposures to power-frequency magnetic fields in the home. *J Radiol Prot* 14:2-12 (1994).

Miller AB, To T, Agnew DA, Wall C, Green LM. Leukemia following occupational exposure to 60-Hz electric and magnetic fields among Ontario electric utility workers. *American Journal of Epidemiology* 144:150-160 (1996).

Minder CE, Pfluger DH. Leukemia, brain tumors, and exposure to extremely low frequency electromagnetic fields in Swiss railway employees. *American Journal of Epidemiology* 153:825-835 (2001).

Ministère de la Santé et des Services sociaux, Direction de la protection de la santé publique. Champs électromagnétique et santé. Position du Comité de suivi des études sur les effets des lignes à haute tension sur la santé, 2000.

National Radiological Protection Board. Review of the scientific evidence for limiting exposure to electromagnetic fields (0 - 300 GHz). Oxfordshire:2004.

Neutra RR, Delpizzo V, Lee GM. An evaluation of the possible risks from electric and magnetic fields (EMFs) from power lines, internal wiring, electrical occupations, and appliances. Oakland, California: California Department of Health Services, 2002.

Neutra RR, Delpizzo V. Transparent democratic foresight strategies in the California EMF Program. *Public Health Reports* 117:553-563 (2002).

National Institute of Environmental Health, National Institutes of Health. Questions and answers about EMF: electric and magnetic fields associated with the use of electric power.2002.

Noonan CW, Reif JS, Yost M, Touchstone J. Occupational exposure to magnetic fields in case-referent studies of neurodegenerative diseases. *Scandinavian journal of work, environment & health* 28:42-48 (2002).

Pollán M, Gustavsson P, Floderus B. Breast cancer, occupation, and exposure to electromagnetic fields among Swedish men. *American Journal of Industrial Medicine* 39:276-285 (2001).

Portier CJ, Wolfe MS. Assessment of health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields: Working group report. Research Triangle Park, NC:National Institute of Environmental Health Sciences of the National Institutes of Health, 1998.

Preece AW, Kaune W, Grainger P, Preece S, Golding J. Magnetic fields from domestic appliances in the UK. *Phys Med Biol* 42:67-76 (1997).

Preece AW, Kaune WT, Grainger P, Golding J. Assessment of human exposure to magnetic fields produced by domestic appliances. *Radiation Protection Dosimetry* 83:21-27 (1999).

President of the Council of Ministers. Decree of the President of the Council of Ministers, 8 July 2003 - Establishment of exposure limits, attention values, and quality goals to protect the population against power frequency (50 Hz) electric and magnetic fields generated by power lines. Italian Regulation GU n.200, 2003.

Ricard S *et al.*. Cadre de référence en gestion des risques pour la santé dans le réseau québécois de la santé publique. Institut national de santé publique du Québec, 2003.

Santé Canada. Champs électriques et magnétiques de fréquences extrêmement basses - Votre santé et vous, 2004. Accessible à : http://www.hc-sc.gc.ca/iyh-vsv/environ/magnet_f.html.

Savitz DA, Loomis DP. Magnetic field exposure in relation to leukemia and brain cancer mortality among electric utility workers. *American Journal of Epidemiology* 141:123-134 (1995).

Savitz DA, Lio D, Sastra A, Kleckner RC, Kavet R. Magnetic field exposure and cardiovascular disease mortality among electric utility workers. *American Journal of Epidemiology* 149:135-142 (1999).

Savitz DA, Cai J, Van Wijngaarden E, Loomis D, Mihlan G, Dufort V, Kleckner RC, Nylander-French LA, Kromhout H, Zhou h. Case-cohort analysis of brain cancer and leukemia in electric utility workers using a refined magnetic field job-exposure matrix. *American Journal of Industrial Medicine* 38:417-425 (2000).

Schoenfeld ER, O'leary ES, Henderson K, Grimson R, Kabat GC, Ahnn S, Kaune WT, Gammon MD, Leske MC. Electromagnetic fields and breast cancer on Long Island: a case-control study. *American Journal of Epidemiology* 158:47-58 (2003).

Schüz J, Grigat J-P, Brinkmann K, Michaelis J. Residential magnetic fields as a risk factor for childhood acute leukaemia : results from a German population-based case-control study. *Int J Cancer* 91:728-735 (2001).

Shaw GM. Adverse human reproductive outcomes and electromagnetic fields: a brief summary of the epidemiologic literature. *Bioelectromagnetics Supplement* 5:S5-S18 (2001).

Sobel E, Davanipour Z, Sulkava R, Erkinjuntti T, Wikstrom J, Henderson VW, Buckwalter G, Bowman JD, Lee P. Occupations with exposure to electromagnetic fields: a possible risk factor for alzheimer's disease. *American Journal of Epidemiology* 142:515-523 (1995).

Sobel E, Dunn M, Davanipour Z, Quian Z, Chui HC. Elevated risk of Alzheimer's disease among workers with likely electromagnetic field exposure. *Neurology* 47:1477-1481 (1996).

Société canadienne du cancer. Champs électromagnétiques, 2003.

Société canadienne du cancer. Champs électriques et magnétiques, 2006. Accessible à :
http://www.cancer.ca/ccs/internet/standard/0,3182,3172_372086__langId-fr,00.html#risque_de_cancer.

Sorahan T, Nichols L, Tongeren MV, Harrington JM. Occupational exposure to magnetic fields relative to mortality from brain tumors: updated and revised findings from a study of United Kingdom electricity generation and transmission workers, 1973-97. *Occup Environ Med* 58:626-630 (2001).

Sorahan T, Nichols L. Mortality from cardiovascular disease in relation to magnetic field exposure: findings from a study of UK electricity generation and transmission workers, 1973-1997. *American journal of industrial medicine* 45:93-102 (2004).

Söderberg KC, Naumburg E, Anger G, Cnattingius S, Ekblom A, Feychting M. Childhood leukemia and magnetic fields in infant incubators. *Epidemiology* 13:45-49 (2002).

Stather J. 1998 ICNIRP guidelines for limiting exposure to EMFs (up to 300 GHz): NRPB advice on aspects of implementation in the UK. *Radiological Protection Bulletin* 213: 5-12 (1999).

Sun WQ, Héroux P, Clifford T, Sadilek V, Hamade F. Characterization of the 60-Hz magnetic in schools of the Carleton board of education. *American Industrial Hygiene Association* 56:1215-1224 (1995).

Swanson J, Kaune WT. Comparison of residential power-frequency magnetic fields away from appliances in different countries. *Bioelectromagnetics* 20:244-254 (1999).

Swedish National Board of occupational Safety and Health, National Board of Housing Building and Planning National Electrical Safety Board, National Board of Health and Welfare, and Radiation Protection Institute. Low-Frequency electrical and magnetic fields: the precautionary principle for national authorities. 1996.

Swiss Federal Council. Ordinance relating to protection from non-ionising radiation (ONIR) 814.710, 2000. Accessible à : <http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/luft/nis/vorschriften/2.pdf>.

Thériault G, Goldberg M, Miller AB, Armstrong B, Guénel P, Deadman J, Imbernon E, To T, Chevalier A, Cyr D, Wall C. Cancer risks associated with occupational exposure to magnetic fields among electric utility workers in Ontario and Quebec, Canada, and France: 1970-1989. *American Journal of Epidemiology* 139:550-572 (1994).

Turgeon A, Bourdages M, Levallois P, Gauvin D, Gingras S, Deadman JE, Goulet DL, Plante M. Experimental validation of a statistical model for evaluating the past or future magnetic field exposures of a population living near power lines. *Bioelectromagnetics* 25:374-379 (2004).

Tynes T, Haldorsen T. Residential and occupational exposure to 50 Hz magnetic fields and hematological cancers in Norway. *Cancer Causes & Control* 4:715-720 (2003a).

Tynes T, Klæboe L, Haldorsen T. Residential and occupational exposure to 50 Hz magnetic fields and malignant melanoma: a population based study. *Occupational and environmental medicine* 60:343-347 (2003b).

UK Childhood Cancer Study Investigators. Exposure to power-frequency magnetic fields and the risk of childhood cancer. *Lancet* 354:1925-31 (1999).

UK Childhood Cancer Study Investigators. The United Kingdom childhood cancer study : objectives, materials and methods. *British Journal of Cancer* 82:1073-1102 (2000a).

UK Childhood Cancer Study Investigators. Childhood cancer and residential proximity to power lines. *Br J Cancer* 83:1573-80 (2000b).

United Kingdom Childhood Cancer Study Investigators. Exposure to power frequency electric fields and the risk of childhood cancer in the United Kingdom. *British Journal of Cancer* 87:1257-1266 (2002).

United States Environmental Protection Agency (EPA). EMF in your environment : magnetic field measurements of everyday electrical devices. Office Of Radiation and Indoor Air, 1992.

Van Wijngaarden E, Savitz DA, Kleckner RC, Cai J, Loomis D. Exposure to electromagnetic fields and suicide among electric utility workers : a nested case-control study. *Occup Environ Med* 57:258-263 (2000).

Van Wijngaarden E, Nylander-French LA, Millikan RC, Savitz DA, Loomis D. Population-based case-control study of occupational exposure to electromagnetic fields and breast cancer. *AEP* 11:297-303 (2001).

Van Wijngaarden E. An exploratory investigation of suicide and occupational exposure. *JOEM* 45:96-101 (2003).

Villeneuve PJ, Agnew DA, Miller AB, Corey PN, T. PJ. Leukemia in electric utility workers : the evaluation of alternative indices of exposure to 60 Hz electric and magnetic fields. *American Journal of Industrial Medicine* 37:607-617 (2000).

Villeneuve PJ, Agnew DA, Johnson KC, Mao Y. Brain cancer and occupational exposure to magnetic fields among men: results from a Canadian population-based case-control study. *International Journal of Epidemiology* 31:210-217 (2002).

Weiderpass E, Vainio H, Kauppinen T, Vasama-Neuvonen K, Partanen T, Pukkala E. Occupational exposures and gastrointestinal cancers among Finnish women. *Journal of occupational and environmental medicine/American College of Occupational and Environmental Medicine* 45:305-315 (2003).

Wertheimer N, Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *American Journal of Epidemiology* 109:273-284 (1979).

Wilson BW, Lee GM, Yost MG, Davis KC, Heimbigner T, Buschbom RL. Magnetic field characteristics of electric bed-heating devices. *Bioelectromagnetics* 17:174-179 (1996).

World Health Organisation. Electromagnetic fields and public health - Cautionary policies, 2000. Accessible à : www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/EMF-Precaution.htm.

World Health Organisation Regional Office for Europe. Precautionary policies and health protection: principles and applications. Report on a WHO workshop, 2002.

World Health Organization. Framework guiding public health policy options in areas of scientific uncertainty - Dealing with EMF - Draft for review. The International EMF Project. Radiation and Environmental Health Unit, 2005.

Wrensch M, Yost M, Miike R, Lee G, Touchstone J. Adult glioma in relation to residential power frequency electromagnetic field exposures in the San Francisco bay area. *Epidemiology* 10:523-527 (1999).

Zhu K, Hunter S, Payne-Wilks K, Roland CL, Forbes DS. Use of electric bedding devices and risk of breast cancer in African-American women. *American Journal of Epidemiology* 158:798-806 (2003).

ANNEXE 1

**MANDAT DU MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES
SOCIAUX DU QUÉBEC CONFIE À L'ÉQUIPE D'EXPERTISE-
CONSEIL SUR LES CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES
DE L'INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC**

MANDAT

**confié à l'Équipe d'expertise-conseil de l'INSPQ
sur les champs électromagnétiques**

EXPOSITION HUMAINE AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

ET

APPLICATION DU PRINCIPE DE PRÉCAUTION

Ministère de la Santé et des Services sociaux
Direction de la Protection de la santé publique

(Révisé le 12 décembre 2001)

PRÉAMBULE

Le présent mandat, confié à l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), fait suite au consensus établi au sein du réseau de la santé publique sur l'évaluation et la gestion des risques associés à l'exposition aux champs électromagnétiques (CEM) provenant des lignes électriques (Rapport du groupe de travail déposé auprès du ministère de la Santé et des Services sociaux, mai 2000).

En ce qui a trait à la relation entre les CEM et le cancer, le rapport de consensus concluait que le lien causal entre l'exposition chronique aux CEM et l'apparition de cancers (leucémie chez l'enfant) n'est pas établi, bien que l'on ne puisse exclure l'existence d'un tel risque, surtout pour les niveaux plus élevés de champs électromagnétiques (supérieurs à 0,3 microtesla).

Alors que les études épidémiologiques les plus récentes, effectuées dans les règles de l'art, s'avèrent rassurantes, certaines méta-analyses utilisant des études principalement antérieures suggèrent l'existence d'un risque faible de leucémie chez l'enfant à des niveaux de CEM supérieurs à 0,2 microtesla. Par contre, un tel risque n'a pas été démontré, la plupart des études expérimentales s'étant avérées négatives. Il n'en demeure pas moins que le recours au *principe de précaution* (principe tenant de l'évitement prudent ou de la gestion prudente) doit être envisagé sérieusement dans le cas de l'exposition aux CEM. Par contre, on ne peut présentement recommander de niveau-limite d'exposition ou encore préconiser une distance minimale à respecter à partir des lignes de transport d'électricité.

Mentionnons que le rapport susmentionné en arrivait pour l'essentiel à la même conclusion que le rapport publié récemment en Angleterre par un groupe de travail mis sur pied sous l'égide du National Radiological Protection Board (NRPB), soit le « NRPB Advisory Group on Non-ionising Radiation Power Frequency Electromagnetic Fields and the Risk of Cancer » (mars 2001)⁵. Il faut souligner de plus que le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) considère maintenant (communiqué de presse du 27 juin 2001), « selon sa classification, que les champs magnétiques ELF sont "peut-être cancérigènes pour l'homme", sur la base d'associations statistiquement significatives et concordantes entre les champs magnétiques domestiques les plus élevés et un doublement du risque de leucémie chez l'enfant ».

Par ailleurs, lors de sa réunion du 19 avril 2000, le « Comité de suivi des études sur les effets des lignes à haute tension sur la santé » coordonné par le MSSS (créé en vertu du décret no 924-87) a mis à jour sa position, qui avait été adoptée le 11 avril 1994 et reconduite le 9 mai 1996. Le Comité de suivi endosse, dans l'ensemble, les conclusions du rapport susmentionné des experts du réseau de la santé publique; il est d'avis que la preuve scientifique d'une relation causale entre les champs électromagnétiques émis par les lignes à haute tension et le cancer n'est toujours pas établie, en dépit des nombreuses études, épidémiologiques ou fondamentales, réalisées à ce jour sur ce sujet. Le Comité estime néanmoins raisonnable d'entériner le *principe de précaution*, considérant que l'on ne peut encore exclure, dans l'état actuel des connaissances, la possibilité d'un faible risque de leucémie chez l'enfant attribuable aux CEM.

⁵ <http://www.nrpb.org.uk/Pr5-01.htm>

Quant aux effets aigus des CEM, le Comité de suivi recommande que, d'ici à ce que soient révisées les limites d'exposition préconisées par l'*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP), les entreprises concernées, notamment Hydro-Québec, réalisent des études environnementales et médicales appropriées et évaluent la faisabilité de l'application des lignes directrices de l'ICNIRP.

Dans ce contexte, le projet de mandat suivant est proposé à l'équipe d'expertise-conseil sur les CEM de l'INSPQ. Sur la base des résultats de ces travaux, un comité élargi pourra être créé, aux fins de mener les consultations nécessaires à la mise en place des mesures de précaution appropriées à l'égard de l'exposition aux CEM, en collaboration avec les organismes concernés (Hydro-Québec, Affaires municipales, Environnement, et autres).

Il est à noter que ce mandat concerne l'exposition aux CEM de la population générale, et ne s'applique pas au milieu de travail.

MANDAT

1. Faire le point sur les plus récents développements en matière d'effets sur la santé des CEM, provenant des lignes électriques et d'autres sources (exposition aux CEM à l'intérieur des résidences).
2. En collaboration avec les organismes spécialisés en la matière, caractériser les sources d'exposition aux CEM (lignes à haute tension, de distribution, appareils électriques, etc.), en se limitant aux fréquences de 60 Hz (excluant le milieu de travail).
3. À la lumière des plus récentes données scientifiques, confirmer la pertinence d'appliquer le principe de précaution à l'égard de l'exposition aux CEM.
4. Revoir les mesures de précaution prises à l'étranger (USA, autres provinces canadiennes, Europe).
5. Collaborer avec le MSSS et les autres organismes concernés à l'établissement d'un modèle de gestion des CEM approprié dans le contexte québécois, comprenant des mesures raisonnables de réduction de l'exposition aux CEM provenant des lignes à haute tension, de lignes de distribution, et d'autres sources.
6. Concernant les effets aigus des CEM, examiner, en collaboration avec Hydro-Québec, l'applicabilité des recommandations de l'ICNIRP, pour la population générale (excluant le milieu de travail).
7. En particulier, évaluer, en collaboration avec les organismes spécialisés concernés, les mesures de réduction possibles des niveaux de CEM émis par les lignes électriques dans les scénarios suivants :
 - 7.1. Construction d'une nouvelle ligne près des habitations.
 - 7.2. Localisation de nouvelles écoles et garderies près de lignes existantes.
 - 7.3. Utilisation des emprises à des fins communautaires.

Direction de la Protection de la santé publique
Ministère de la Santé et des Services sociaux
Québec, le 12 décembre 2001

ANNEXE 2

REVUE DES ÉTUDES ÉPIDÉMIOLOGIQUES TABLEAUX ET FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

| | | |
|--------------|--|-----|
| Tableau 3.1 | Études épidémiologiques sur l'association de cancer chez l'enfant et l'exposition aux champs électromagnétiques..... | 85 |
| Tableau 3.2 | <i>Pooling</i> sur l'association de cancer chez l'enfant et l'exposition aux champs électromagnétiques | 94 |
| Tableau 3.3 | Étude épidémiologique sur l'association des autres cancers chez l'enfant et l'exposition aux champs électromagnétiques | 95 |
| Tableau 3.4 | Études épidémiologiques sur l'association leucémie chez l'adulte et exposition aux champs électromagnétiques | 96 |
| Tableau 3.5 | Études épidémiologiques sur l'association cancer du cerveau chez l'adulte et exposition aux champs électromagnétiques..... | 102 |
| Tableau 3.6 | Étude épidémiologique sur l'association cancer du sein et exposition aux champs électromagnétiques | 104 |
| Tableau 3.7 | Étude épidémiologique de divers cancers chez l'adulte et exposition aux champs électromagnétiques | 110 |
| Tableau 3.8 | Étude épidémiologique sur l'association troubles de la reproduction et exposition aux champs électromagnétiques | 113 |
| Tableau 3.9 | Étude épidémiologique sur l'association suicide et exposition aux champs électromagnétiques | 116 |
| Tableau 3.10 | Étude épidémiologique sur l'association troubles du sommeil et exposition aux champs électromagnétiques | 117 |
| Tableau 3.11 | Étude épidémiologique sur l'association maladies neurologiques et exposition aux champs électromagnétiques | 118 |
| Tableau 3.12 | Étude épidémiologique sur l'association problèmes cardiovasculaires et exposition aux champs électromagnétiques | 122 |

LISTE DES FIGURES

| | | |
|------------|---|-----|
| Figure 3.1 | Risque relatif de leucémie chez l'enfant associé à l'exposition au champ magnétique ($\geq 0,2 \mu\text{T}$) dans les résidences | 124 |
| Figure 3.2 | Risque relatif de leucémie chez l'enfant associé à l'exposition au champ magnétique ($\geq 0,3 \mu\text{T}$) dans les résidences | 125 |
| Figure 3.3 | Risque relatif de leucémie chez l'enfant associé à l'exposition au champ magnétique ($\geq 0,4 \mu\text{T}$) dans les résidences | 126 |
| Figure 3.4 | Risque relatif de leucémie chez l'enfant associé à l'exposition au champ magnétique, dans la catégorie <i>very high current configuration</i> , autour de la résidence | 127 |
| Figure 3.5 | Champ électromagnétique dans la résidence et leucémie chez l'enfant : analyses combinées de 9 études de Ahlbom <i>et al.</i> , 2000 et 15 études de Greenland <i>et al.</i> , 2000..... | 128 |

Tableau 3.1 Études épidémiologiques sur l'association de cancer chez l'enfant et l'exposition aux champs électromagnétiques

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|---|--|--|--|---|--|
| | Sélection des cas et des témoins | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| McBride <i>et al.</i> , 1999, Canada | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 399 enfants âgés de 0-14 ans et ayant souffert de leucémies. Recensés auprès des départements d'oncologie pédiatrique de 5 provinces canadiennes (Québec, Colombie-Britannique, Alberta, Manitoba, Saskatchewan) et des registres de tumeurs de chacune d'elles (sauf pour le Québec), entre 1990-1995. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 399 enfants choisis au hasard à partir de listes d'assurance maladie provinciales et appariés pour âge, sexe et province. | <ul style="list-style-type: none"> Mesures de CM et de champ électrique dans les résidences des cas et des témoins par dosimétrie personnelle de 48 h (Positron) Mesures de CM et de CE de 24 h dans la chambre de l'enfant par dosimétrie personnelle (Positron) Estimation de l'exposition des enfants aux champs électromagnétiques 2 ans avant le diagnostic par le souvenir des parents Codification du réseau électrique selon les méthodes de Wertheimer-Leeper et Kaune-Savitz et mesures de CM à la porte de la résidence et autour de la résidence de la mère 1 an avant l'accouchement et, de la naissance au diagnostic chez l'enfant. | <ul style="list-style-type: none"> Âge de la mère à la naissance Scolarité de la mère Revenu familial Race Nombre de résidences depuis la naissance | <p>Toutes leucémies :</p> <ul style="list-style-type: none"> Si CM par dosimétrie personnelle de 48 h $\geq 0,2 \mu\text{T}$ OR = 1,12 (0,69-1,80) Si CM 2 ans avant le diagnostic $\geq 0,2 \mu\text{T}$ OR = 1,02 (0,65-1,61) Si CE par dosimétrie personnelle de 48 h $\geq 20 \text{ V/m}$ OR = 0,80 (0,50-1,27) Codification de Wertheimer au moment du diagnostic catégorie <i>very high</i> OR = 1,16 (0,58-2,30) Codification de Wertheimer 2 ans avant le diagnostic catégorie <i>very high</i> OR = 0,77 (0,37-1,60) Codification de Savitz au moment du diagnostic catégorie <i>high</i> OR = 1,17 (0,74-1,86) <p>LAL :</p> <ul style="list-style-type: none"> Si CM par dosimétrie personnelle de 48 h $\geq 2 \mu\text{T}$ OR = 1,05 (0,64-1,71) Codification de Wertheimer au moment du diagnostic catégorie <i>very high</i> OR = 1,19 (0,58-2,45) Codification de Wertheimer 2 ans avant le diagnostic catégorie <i>very high</i> OR = 0,70 (0,31-1,56) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Sélection prospective des cas et témoins Estimation des CEM par dosimétrie personnelle pour 48 h Bon taux de participation pour la mesure des CEM dans les résidences des cas (90 %) et des témoins (76 %) <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Les témoins sont plus stables pour le lieu de résidence. Estimation de l'exposition passée par la mémoire des parents. |

Tableau 3.1 Études épidémiologiques sur l'association de cancer chez l'enfant et l'exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|---|---|--|--|--|--|
| | Sélection des cas et des témoins | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| Green <i>et al.</i> , 1999a, Canada | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 88 cas avec un diagnostic de leucémie avant l'âge de 14 ans et résidant dans la zone d'étude avant le diagnostic. Recensés auprès des registres pédiatriques de tumeurs de l'Ontario entre 1985-1993. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 113 témoins choisis au hasard du bottin téléphonique et appariés pour âge et sexe. | <ul style="list-style-type: none"> Mesures de champs magnétiques ponctuelles sur le lit de l'enfant et dans 2 autres chambres très souvent utilisées par l'enfant Mesures de CEM par dosimétrie personnelle Positron de 48 h lors des activités courantes (maison, école et autres) Codification du réseau électrique selon les méthodes de Wertheimer-Leeper et Kaune-Savitz | <ul style="list-style-type: none"> Revenu familial Mobilité Exposition de l'enfant aux substances chimiques Ordre de naissance Colorants pour cheveux utilisés par la mère juste avant ou pendant la grossesse Puissance moyenne de consommation d'électricité | <p>Mesures de CM dans les résidences (dosimétrie de 48 h) : (niveau de référence : < 0,03 µT)</p> <ul style="list-style-type: none"> Toutes leucémies : <ul style="list-style-type: none"> Si CM = 0,03-0,07 µT OR = 2,0 (0,6-6,8) Si CM = 0,08-0,14 µT OR = 4,0 (1,1-14,4) Si CM ≥ 0,15 µT OR = 4,5 (1,3-15,9) LAL : <ul style="list-style-type: none"> Si CM = 0,03-0,07 µT OR = 1,5 (0,3-6,1) Si CM = 0,08-0,14 µT OR = 2,7 (0,7-10,6) Si CM ≥ 0,15 µT OR = 3,5 (0,9-13,8) <p>Mesures de CE dans les résidences (dosimétrie de 48 h) : (niveau de référence : < 5,6 V/m)</p> <ul style="list-style-type: none"> Toutes leucémies et LAL : Pas d'association statistiquement significative pour catégories : 5,6-7,9; 7,9-11,6 et ≥ 11,6 V/m <p>Mesures de CM sur lit de l'enfant : (niveau de référence : < 0,03 µT)</p> <ul style="list-style-type: none"> Toutes leucémies : <ul style="list-style-type: none"> Si CM = 0,03-0,06 µT OR = 2,1 (0,7-6,3) Si CM = 0,07-0,11 µT OR = 1,8 (0,5-6,0) Si CM ≥ 0,11 µT OR = 2,3 (0,8-6,8) LAL : <ul style="list-style-type: none"> Si CM = 0,03-0,06 µT OR = 3,6 (1,0-12,4) Si CM = 0,07-0,11 µT OR = 2,6 (0,6-10,8) Si CM ≥ 0,11 µT OR = 3,7 (1,0-13,7) <p>Mesures de moyenne de CM sur lit de l'enfant et 2 autres pièces souvent utilisées : (niveau de référence : < 0,04 µT)</p> <ul style="list-style-type: none"> Toutes leucémies : <ul style="list-style-type: none"> Si CM = 0,04-0,08 µT OR = 1,8 (0,5-6,1) Si CM = 0,09-0,16 µT OR = 2,8 (0,8-10,4) Si CM ≥ 0,17 µT OR = 4,0 (1,2-13,6) LAL : <ul style="list-style-type: none"> Si CM = 0,04-0,08 µT OR = 2,3 (0,5-10,4) Si CM = 0,09-0,16 µT OR = 1,2 (0,2-7,8) Si CM ≥ 0,17 µT OR = 3,7 (0,9-15,9) <p>Codification de Wertheimer-Leeper (toutes les leucémies) :</p> <ul style="list-style-type: none"> Pas d'association statistiquement significative Codification de Kaune-Savitz (toutes leucémies) <ul style="list-style-type: none"> Medium OR = 3,6 (1,1-11,7) High OR = 0,0 (0,0-0,6) Appartements OR = 1,6 (0,2-14,2) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Validation du diagnostic de la maladie Mesures du CE <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Très faible nombre de cas et témoins Très faible taux de participation des cas (34 %) et des témoins (18 %) Mesures de CEM plusieurs années après la maladie Positron : CE perturbé |

Tableau 3.1 Études épidémiologiques sur l'association de cancer chez l'enfant et l'exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|---|--|---|--|--|---|
| | Sélection des cas et des témoins | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| Green <i>et al.</i> , 1999b, Canada | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 201 cas avec un diagnostic de leucémie avant l'âge de 14 ans et résidant dans la zone d'étude avant le diagnostic. Recensés auprès des registres pédiatriques de tumeurs de l'Ontario entre 1985-1993. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 406 témoins choisis au hasard du bottin téléphonique et appariés pour âge et sexe. | <ul style="list-style-type: none"> Mesures de champs magnétiques ponctuelles sur le lit de l'enfant et dans 2 autres chambres très souvent utilisées par l'enfant Mesures ponctuelles de CEM autour de la résidence Mesures de CEM par dosimétrie personnelle Positron de 48 h lors des activités courantes (maison, école et autres) Codification du réseau électrique selon les méthodes de Wertheimer-Leeper et Kaune-Savitz | <ul style="list-style-type: none"> Revenu familial Mobilité Exposition de l'enfant aux substances chimiques Ordre de naissance Colorants pour cheveux utilisés par la mère juste avant ou pendant la grossesse Puissance moyenne de consommation d'électricité | <p>Toutes leucémies :</p> <ul style="list-style-type: none"> Mesures de CM autour de la résidence : (niveau de référence : < 0,03 µT) Si CM = 0,03-0,07 µT OR = 4,10 (1,34-12,55) Si CM = 0,08-0,14 µT OR = 1,94 (0,57-6,58) Si CM ≥ 0,15 µT OR = 3,45 (1,14-10,45) Mesures de CM à l'intérieur de la résidence : (niveau de référence : < 0,04 µT) Si CM = 0,04-0,08 µT OR = 0,47 (0,12-1,89) Si CM = 0,09-0,14 µT OR = 0,75 (0,19-3,02) Si CM ≥ 0,15 µT OR = 1,47 (0,44-4,85) Mesures de CM sur le lit de l'enfant : (niveau de référence : < 0,03 µT) Si CM = 0,03-0,06 µT OR = 0,94 (0,29-3,01) Si CM = 0,07-0,12 µT OR = 1,22 (0,32-4,57) Si CM ≥ 0,13 µT OR = 1,13 (0,31-4,06) Codification de Wertheimer-Leeper et codification de Kaune-Savitz : pas d'association statistiquement significative <p>LAL :</p> <ul style="list-style-type: none"> Mesures de CM autour de la résidence : (niveau de référence : < 0,03 µT) Si CM = 0,03-0,07 µT OR = 3,90 (1,11-13,62) Si CM = 0,08-0,14 µT OR = 2,88 (0,74-11,29) Si CM ≥ 0,15 µT OR = 5,77 (1,58-21,10) Mesures de CM à l'intérieur de la résidence : (niveau de référence : < 0,04 µT) Si CM = 0,04-0,08 µT OR = 0,47 (0,10-2,20) Si CM = 0,09-0,14 µT OR = 1,02 (0,21-4,88) Si CM ≥ 0,15 µT OR = 2,11 (0,54-8,26) Mesures de CM sur le lit de l'enfant : (niveau de référence : < 0,03 µT) Si CM = 0,03-0,06 µT OR = 0,76 (0,22-2,64) Si CM = 0,07-0,12 µT OR = 2,02 (0,46-8,88) Si CM ≥ 0,13 µT OR = 2,01 (0,48-8,46) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Validation du diagnostic de la maladie <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Taux moyen de participation des cas (67 %) et des témoins (63 %) Mesures de CEM plusieurs années après la maladie |

Tableau 3.1 Études épidémiologiques sur l'association de cancer chez l'enfant et l'exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|--|---|---|---|--|---|
| | Sélection des cas et des témoins | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| UK Childhood Cancer Study Investigators, 1999, Royaume-Uni | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 2226 enfants âgés de 0-14 ans avec le diagnostic (LAL, toutes leucémies, cancers SNC, autres cancers, tous cancers) et ayant vécu pendant 1 an dans la même résidence ou continuant à y vivre (enfant < 1 an de 1992 à 1996). Recensés des listes d'assurance maladie de l'Angleterre, d'Écosse et des Pays de Galles. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 2226 enfants choisis au hasard des listes d'assurance maladie (mêmes listes que les cas pour enfants < 1 an) et ayant aussi vécu pendant 1 an dans la même résidence (ou continuer à y vivre pour enfants < 1 an). Appariés pour sexe et date de naissance. | <p>Première phase :</p> <ul style="list-style-type: none"> Mesures de CM avec moniteur EMDEX II dans la résidence de tous les participants comprenant : 90 min de mesures stationnaires au milieu de la chambre principale, 3 mesures ponctuelles à différents endroits de la chambre de l'enfant et répétition de 3 mesures après 90 min Mesures de CM dans l'école de l'enfant si nécessaire Questionnaires aux parents sur les sources potentielles d'exposition (couverture électrique, accumulateur de chaleur, chauffage) et le temps passé par les enfants dans leur chambre et à l'école. <p>Deuxième phase :</p> <ul style="list-style-type: none"> Mesures de CM de 48 h dans les résidences avec un CM $\geq 0,1 \mu\text{T}$ à la 1^{re} phase ou ayant une source potentielle d'exposition ou une source externe d'exposition signalée dans le questionnaire rempli par les compagnies régionales d'électricité. <p>Pour variation saisonnière, source potentielle d'exposition, mesures de CM dans les résidences et à l'école en hiver.</p> | <ul style="list-style-type: none"> Classe sociale (chômage, noyau familial et propriétaire de véhicules) | <p>Pour toutes leucémies, LAL, cancers SNC, autres cancers et tous cancers, pas d'association statistiquement significative pour les catégories de CM suivantes : (niveau de référence $< 0,1 \mu\text{T}$) :</p> <p>$< 0,1$-$< 0,2$; $\geq 0,2$; $0,2$-$< 0,4$ et $\geq 0,4 \mu\text{T}$</p> | <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Faible proportion de sujets ayant bénéficié de mesures des CEM (63,13 % de cas et 31,67 % de témoins). Attente considérable entre la date du diagnostic et les mesures des CEM Peu de covariables prises en considération |

Tableau 3.1 Études épidémiologiques sur l'association de cancer chez l'enfant et l'exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|--|---|----------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|---|-----------------------|----------------------|-----------------------|--|
| | Sélection des cas et des témoins | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UK Childhood Cancer Study Investigators, 2000, Royaume-Uni | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 3380 enfants âgés de 0-14 ans avec le diagnostic (LAL, toutes leucémies, cancers SNC, autres cancers, tous cancers) et ayant vécu pendant 1 an dans la même résidence de 1991 à 1996 Recensés sur les listes d'assurance maladie de l'Angleterre, Écosse et Pays de Galles. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 3390 enfants choisis au hasard sur les mêmes listes d'assurance maladie de la région du cas et ayant vécu pendant 1 an dans la même résidence. Appariés pour sexe et date de naissance. | <ul style="list-style-type: none"> Mesures de champs 1999. <p>Estimation dans la maison de l'année précédant le diagnostic de l'exposition aux lignes à haute tension à moins de 400 m de la maison par logiciel de la National Grid Company's EM2D.</p> <p>Ce logiciel prend en compte : distance à la ligne, phase, configuration, estimation de la moyenne annuelle du courant dans la ligne.</p> | <ul style="list-style-type: none"> Âge Région Sexe Classe sociale (chômage, noyau familial et propriétaire de véhicules) | <p>Champs provenant des installations électriques : (niveau de référence < 0,1 µT)</p> <p>LAL :</p> <table> <tr> <td>Si CM = 0,1-< 0,2 µT</td> <td>OR = 1,70 (0,58-4,97)</td> </tr> <tr> <td>Si CM ≥ 0,2 µT</td> <td>OR = 0,51 (0,11-2,33)</td> </tr> <tr> <td>Si CM = 0,2-< 0,4 µT</td> <td>OR = 1,02 (0,10-9,96)</td> </tr> <tr> <td>Si CM ≥ 0,4 µT</td> <td>OR = 0,33 (0,04-2,72)</td> </tr> </table> <p>Toutes leucémies :</p> <table> <tr> <td>Si CM = 0,1-< 0,2 µT</td> <td>OR = 1,53 (0,52-4,46)</td> </tr> <tr> <td>Si CM ≥ 0,2 µT</td> <td>OR = 0,41 (0,09-1,87)</td> </tr> <tr> <td>Si CM = 0,2-< 0,4 µT</td> <td>OR = 0,83 (0,09-8,07)</td> </tr> <tr> <td>Si CM ≥ 0,4 µT</td> <td>OR = 0,27 (0,03-2,18)</td> </tr> </table> <p>Tous les cancers :</p> <table> <tr> <td>Si CM = 0,1-< 0,2 µT</td> <td>OR = 1,18 (0,45-3,06)</td> </tr> <tr> <td>Si CM ≥ 0,2 µT</td> <td>OR = 0,62 (0,24-1,61)</td> </tr> <tr> <td>Si CM = 0,2-< 0,4 µT</td> <td>OR = 0,99 (0,20-4,92)</td> </tr> <tr> <td>Si CM ≥ 0,4 µT</td> <td>OR = 0,49 (0,15-1,63)</td> </tr> </table> <p>Cancers du SNC :</p> <table> <tr> <td>Si CM ≥ 0,2 µT</td> <td>OR = 0,48 (0,06-3,76)</td> </tr> <tr> <td>Si CM = 0,2-< 0,4 µT</td> <td>OR = 1,79 (0,18-17,8)</td> </tr> </table> | Si CM = 0,1-< 0,2 µT | OR = 1,70 (0,58-4,97) | Si CM ≥ 0,2 µT | OR = 0,51 (0,11-2,33) | Si CM = 0,2-< 0,4 µT | OR = 1,02 (0,10-9,96) | Si CM ≥ 0,4 µT | OR = 0,33 (0,04-2,72) | Si CM = 0,1-< 0,2 µT | OR = 1,53 (0,52-4,46) | Si CM ≥ 0,2 µT | OR = 0,41 (0,09-1,87) | Si CM = 0,2-< 0,4 µT | OR = 0,83 (0,09-8,07) | Si CM ≥ 0,4 µT | OR = 0,27 (0,03-2,18) | Si CM = 0,1-< 0,2 µT | OR = 1,18 (0,45-3,06) | Si CM ≥ 0,2 µT | OR = 0,62 (0,24-1,61) | Si CM = 0,2-< 0,4 µT | OR = 0,99 (0,20-4,92) | Si CM ≥ 0,4 µT | OR = 0,49 (0,15-1,63) | Si CM ≥ 0,2 µT | OR = 0,48 (0,06-3,76) | Si CM = 0,2-< 0,4 µT | OR = 1,79 (0,18-17,8) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Bon taux de participation des cas (88 %) <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Très faible taille de l'échantillon à proximité des installations électriques Faible taux de participation des témoins (44 %) Mesures imprécises de l'exposition réelle au CM |
| Si CM = 0,1-< 0,2 µT | OR = 1,70 (0,58-4,97) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si CM ≥ 0,2 µT | OR = 0,51 (0,11-2,33) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si CM = 0,2-< 0,4 µT | OR = 1,02 (0,10-9,96) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si CM ≥ 0,4 µT | OR = 0,33 (0,04-2,72) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si CM = 0,1-< 0,2 µT | OR = 1,53 (0,52-4,46) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si CM ≥ 0,2 µT | OR = 0,41 (0,09-1,87) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si CM = 0,2-< 0,4 µT | OR = 0,83 (0,09-8,07) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si CM ≥ 0,4 µT | OR = 0,27 (0,03-2,18) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si CM = 0,1-< 0,2 µT | OR = 1,18 (0,45-3,06) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si CM ≥ 0,2 µT | OR = 0,62 (0,24-1,61) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si CM = 0,2-< 0,4 µT | OR = 0,99 (0,20-4,92) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si CM ≥ 0,4 µT | OR = 0,49 (0,15-1,63) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si CM ≥ 0,2 µT | OR = 0,48 (0,06-3,76) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si CM = 0,2-< 0,4 µT | OR = 1,79 (0,18-17,8) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UK Childhood Cancer Study Investigators, 2002 et 2000, Royaume-Uni | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 473 enfants âgés de 0-14 ans et ayant souffert de leucémies, lymphomes non hodgkiniens et autres cancers entre 1992-1996. Recensés auprès de pédiatres et oncologistes de l'Angleterre, Écosse et Pays de Galles. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 453 enfants choisis au hasard des listes d'assurance maladie de la même région que le malade. Appariés pour âge, sexe et région. | <ul style="list-style-type: none"> Mesures des champs électriques avec moniteur EMDEX II au milieu de : chambre principale, lit de l'enfant, oreiller et au chevet du lit. Mesures répétées après 48 h aux mêmes endroits de la résidence. Mesures de 48 h au milieu du lit de l'enfant. Mesures par questionnaires de CE non perturbé à proximité des résidences | <ul style="list-style-type: none"> Classe sociale (chômage, noyau familial et propriétaire de véhicules) | <p>(niveau de référence 0-< 10 V/m)</p> <p>Moyenne arithmétique CE lit de l'enfant et oreiller</p> <p>Si CE ≥ 20 V/m</p> <ul style="list-style-type: none"> Avec 2 mesures de validation de données <table> <tr> <td>LAL</td> <td>OR = 1,31 (0,68-2,54)</td> </tr> <tr> <td>Toutes leucémies</td> <td>OR = 1,32 (0,73-2,39)</td> </tr> <tr> <td>Cancers du SNC</td> <td>OR = 2,12 (0,78-5,78)</td> </tr> <tr> <td>Autres cancers</td> <td>OR = 1,03 (0,44-2,40)</td> </tr> <tr> <td>Tous les cancers</td> <td>OR = 1,26 (0,77-2,07)</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> Avec 0/1 mesure de validation de données <table> <tr> <td>LAL</td> <td>OR = 0,86 (0,49-1,51)</td> </tr> <tr> <td>Toutes leucémies</td> <td>OR = 0,93 (0,56-1,54)</td> </tr> <tr> <td>Cancers du SNC</td> <td>OR = 1,43 (0,68-3,02)</td> </tr> <tr> <td>Autres cancers</td> <td>OR = 0,65 (0,32-1,32)</td> </tr> <tr> <td>Tous les cancers</td> <td>OR = 0,90 (0,59-1,35)</td> </tr> </table> <p>CE non perturbé</p> <p>Si CE ≥ 20 V/m</p> <table> <tr> <td>Toutes leucémies</td> <td>OR = 1,12 (0,58-2,17)</td> </tr> <tr> <td>Tous cancers</td> <td>OR = 1,18 (0,69-2,00)</td> </tr> </table> | LAL | OR = 1,31 (0,68-2,54) | Toutes leucémies | OR = 1,32 (0,73-2,39) | Cancers du SNC | OR = 2,12 (0,78-5,78) | Autres cancers | OR = 1,03 (0,44-2,40) | Tous les cancers | OR = 1,26 (0,77-2,07) | LAL | OR = 0,86 (0,49-1,51) | Toutes leucémies | OR = 0,93 (0,56-1,54) | Cancers du SNC | OR = 1,43 (0,68-3,02) | Autres cancers | OR = 0,65 (0,32-1,32) | Tous les cancers | OR = 0,90 (0,59-1,35) | Toutes leucémies | OR = 1,12 (0,58-2,17) | Tous cancers | OR = 1,18 (0,69-2,00) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Possibilité de validation des données saisies. Mesures du CE <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Faible taux de participation des témoins, surtout avec un niveau socioéconomique défavorable. Variation du CE aux différents endroits de la résidence. Peu de variables de confusion prises en considération. | | | | |
| LAL | OR = 1,31 (0,68-2,54) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Toutes leucémies | OR = 1,32 (0,73-2,39) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cancers du SNC | OR = 2,12 (0,78-5,78) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Autres cancers | OR = 1,03 (0,44-2,40) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tous les cancers | OR = 1,26 (0,77-2,07) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LAL | OR = 0,86 (0,49-1,51) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Toutes leucémies | OR = 0,93 (0,56-1,54) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cancers du SNC | OR = 1,43 (0,68-3,02) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Autres cancers | OR = 0,65 (0,32-1,32) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tous les cancers | OR = 0,90 (0,59-1,35) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Toutes leucémies | OR = 1,12 (0,58-2,17) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tous cancers | OR = 1,18 (0,69-2,00) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tableau 3.1 Études épidémiologiques sur l'association de cancer chez l'enfant et l'exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--|---|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| | Sélection des cas et des témoins | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Linnet <i>et al.</i> , 1997, États-Unis Kleinerman <i>et al.</i> , 1997, États-Unis | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 638 enfants âgés de moins de 15 ans et ayant souffert de LAL. Recensés du registre de cancer pédiatrique de 9 États américains entre 1989-1994. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 620 enfants choisis au hasard à partir d'une liste téléphonique appariés pour âge au diagnostic, race et 8 premiers chiffres téléphoniques. | <ul style="list-style-type: none"> Mesures de champs magnétiques de 24 h (lit de l'enfant) et 30 sec (milieu chambre de l'enfant, chambre principale, cuisine, chambre de la mère pendant la grossesse et extérieur de la résidence à 0,9 m de la porte) et dosimètre EMDEX C chez les cas et les témoins. Calcul de la moyenne pondérée du CM dans la résidence en fonction du temps passé dans chaque pièce. À partir des mesures de CM des résidences des témoins, 4 catégories d'exposition identifiées : < 0,065; 0,065-0,099; 0,100-0,199; ≥ 0,200 μT Enfant < 5 ans : mesures de CM dans toutes les résidences occupées pendant au moins 6 mois (5 mois pendant la grossesse) avant le diagnostic et pour au moins 70 % du temps Enfant > 5 ans : mesures de CM dans 1 ou 2 résidences occupées pour au moins 70 % de temps, pendant 5 ans avant le diagnostic <p>Codification du réseau électrique selon les méthodes de Wertheimer-Leeper et Kaune-Savitz et mesures de CM à 46 m autour de la principale résidence de 408 cas et 408 témoins</p> <ul style="list-style-type: none"> Enfants ≤ 5 ans : 70 % du temps dans 1 résidence avant le diagnostic Enfants > 5 ans : 70 % du temps dans 1 résidence, pendant 5 ans avant le diagnostic | <ul style="list-style-type: none"> Sexe Statut socioéconomique (revenu familial, scolarité de la mère et du père, profession de la mère et du père, propriétaire de résidence et noyau familial) Période de mesures (année, saison et heure de la journée) Urbanisation Type de résidence Ordre de naissance Poids à la naissance Âge de la mère à l'accouchement Examens aux rayons X pendant la grossesse. Exposition aux rayonnements ionisants (radon, gamma) Exposition aux pesticides | <p>LAL :</p> <ul style="list-style-type: none"> Si moyenne pondérée CM dans la résidence (niveau de référence : < 0,065 μT) : <table border="0"> <tr> <td>0,065-0,099 μT</td> <td>OR = 1,10 (0,81-1,50)</td> </tr> <tr> <td>0,100-0,199 μT</td> <td>OR = 1,10 (0,83-1,48)</td> </tr> <tr> <td>0,200-0,299 μT</td> <td>OR = 0,92 (0,57-1,48)</td> </tr> <tr> <td>0,300-0,399 μT</td> <td>OR = 1,39 (0,72-2,72)</td> </tr> <tr> <td>0,400-0,499 μT</td> <td>OR = 3,28 (1,15-9,39)</td> </tr> <tr> <td>≥ 0,500 μT</td> <td>OR = 1,41 (0,49-4,09)</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> Codification de Leeper-Wertheimer : <table border="0"> <tr> <td>catégorie <i>ordinary low</i></td> <td>OR = 1,07 (0,74-1,54)</td> </tr> <tr> <td>catégorie <i>ordinary high</i></td> <td>OR = 0,99 (0,67-1,48)</td> </tr> <tr> <td>catégorie <i>very high</i></td> <td>OR = 0,88 (0,48-1,63)</td> </tr> </table> Codification de Savitz : <table border="0"> <tr> <td>catégorie <i>medium</i></td> <td>OR = 1,22 (0,85-1,75)</td> </tr> <tr> <td>catégorie <i>high</i></td> <td>OR = 1,04 (0,65-1,66)</td> </tr> </table> | 0,065-0,099 μT | OR = 1,10 (0,81-1,50) | 0,100-0,199 μT | OR = 1,10 (0,83-1,48) | 0,200-0,299 μT | OR = 0,92 (0,57-1,48) | 0,300-0,399 μT | OR = 1,39 (0,72-2,72) | 0,400-0,499 μT | OR = 3,28 (1,15-9,39) | ≥ 0,500 μT | OR = 1,41 (0,49-4,09) | catégorie <i>ordinary low</i> | OR = 1,07 (0,74-1,54) | catégorie <i>ordinary high</i> | OR = 0,99 (0,67-1,48) | catégorie <i>very high</i> | OR = 0,88 (0,48-1,63) | catégorie <i>medium</i> | OR = 1,22 (0,85-1,75) | catégorie <i>high</i> | OR = 1,04 (0,65-1,66) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Bon taux de participation pour la mesure de CM dans les résidences des cas (78 %) Validation des mesures de CM à l'intérieur et à l'extérieur des résidences. Plusieurs covariables prises en considération. <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Faible taux de participation pour la mesure de CM dans les résidences des témoins (63 %) Risque mesuré seulement pour LAL. |
| 0,065-0,099 μT | OR = 1,10 (0,81-1,50) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,100-0,199 μT | OR = 1,10 (0,83-1,48) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,200-0,299 μT | OR = 0,92 (0,57-1,48) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,300-0,399 μT | OR = 1,39 (0,72-2,72) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,400-0,499 μT | OR = 3,28 (1,15-9,39) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ≥ 0,500 μT | OR = 1,41 (0,49-4,09) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| catégorie <i>ordinary low</i> | OR = 1,07 (0,74-1,54) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| catégorie <i>ordinary high</i> | OR = 0,99 (0,67-1,48) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| catégorie <i>very high</i> | OR = 0,88 (0,48-1,63) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| catégorie <i>medium</i> | OR = 1,22 (0,85-1,75) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| catégorie <i>high</i> | OR = 1,04 (0,65-1,66) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tableau 3.1 Études épidémiologiques sur l'association de cancer chez l'enfant et l'exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|---|---|--|---|--|---|
| | Sélection des cas et des témoins | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| Kleinerman <i>et al.</i> , 2000, États-Unis | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 408 enfants âgés de moins de 15 ans, ayant vécu dans une résidence pendant au moins 70 % du temps pendant les 5 dernières années avant le diagnostic de LAL. Résidence située à moins de 40 m des lignes électriques de transmission et de distribution. Recensés des registres hospitaliers de cancers pédiatriques de 9 États américains de 1989 à 1993 <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 408 témoins choisis au hasard du bottin téléphonique Appariés pour âge, race et zone géographique. | <ul style="list-style-type: none"> Estimation du CM à partir des infrastructures électriques (création d'un indice d'exposition prenant en compte la distance des lignes électriques et la charge relative de lignes de transmission et de distribution situées à moins de 40 m d'une résidence) | <ul style="list-style-type: none"> Sexe Scolarité de la mère Revenu familial | <p>LAL :</p> <p>Niveau moyen de CM dans la résidence : (niveau de référence : 0,091 μT)</p> <p>Si CM \geq 0,092 et < 0,143 μT OR = 1,30 (0,80-2,21) Si CM \geq 0,143 et < 0,213 μT OR = 0,72 (0,41-1,27) Si CM \geq 0,213 μT OR = 0,98 (0,59-1,63)</p> | <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Faible taux de participation des cas (47,94 %) et des témoins (49,45 %) |
| Bianchi <i>et al.</i> , 2000, Italie | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 101 enfants âgés de 0-14 ans avec diagnostic de leucémie, entre 1976-1992. Recensés aux registres de tumeurs de la province de Lombardie (97/141 municipalités). <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 412 enfants choisis au hasard à partir des archives de santé d'Italie de 1996 Appariés pour sexe, date de naissance et territoire à l'étude. | <ul style="list-style-type: none"> Moyenne du CM dans les résidences des cas et témoins exposés. 23 enfants vivant à moins de 150 m d'une ligne à haute tension. Mesures ponctuelles avec EMDEX LITE à l'entrée de la résidence (mais non utilisées pour le calcul du OR) Champs émis par les lignes à haute tension calculés avec logiciels et prenant en compte : type de ligne, configuration, distance et intensité moyenne annuelle | <ul style="list-style-type: none"> Âge | <p>Toutes leucémies :</p> <p>(niveau de référence : sujets vivant à plus de 150 m)</p> <p>Si CM = 0,001-0,1 μT OR = 3,29 (1,11-9,73) Si CM > 0,1 μT OR = 4,51 (0,88-23,17)</p> | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Les lignes à haute tension sont la principale source d'exposition au CM en milieu résidentiel pour les 20 personnes exposées. <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Très faible nombre d'exposés parmi les cas (9) et les témoins (11), donc la puissance statistique de l'étude est faible. Taux de participation non mentionné. Peu de variables de confusion prises en considération. Pas de mesure chez les cas et témoins vivant à plus de 150 m Estimation de l'exposition uniquement dans la résidence actuelle. Faible niveau de l'exposition : 6 sujets avec niveau > 0,1 μT |

Tableau 3.1 Études épidémiologiques sur l'association de cancer chez l'enfant et l'exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|---|--|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--|
| | Sélection des cas et des témoins | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>• Schüz <i>et al.</i>, 2001, Allemagne</p> | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 514 enfants âgés de moins de 15 ans avec diagnostic de leucémie aiguë entre 1990-1994. • Recensés au registre des tumeurs allemand. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1301 enfants choisis au hasard sur les registres de naissance. • Appariés pour année de naissance, âge et sexe. | <ul style="list-style-type: none"> • Mesures de 24 h avec EMDEX II en position fixe : sous le lit de l'enfant et dans la salle de séjour (sans appareil électrique domestique) • Les mesures se font dans la résidence où l'enfant a vécu le plus longtemps avant le diagnostic. • Si le temps de séjour est le même, on effectue la moyenne arithmétique. • Mesures ponctuelles (non utilisées dans les analyses) • Informations sur les équipements électriques autour de la résidence. | <ul style="list-style-type: none"> • Urbanisation • Lieu de la résidence • Classe sociale (revenu familial et éducation des parents) • Mobilité (nombre de résidences occupées) sauf pour LAL. • Saison de mesures de CM • Type de résidence | <p>Si médiane CM $\geq 0,2 \mu\text{T}$ dans la chambre de l'enfant : (niveau de référence : médiane CM $< 0,2 \mu\text{T}$)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Toutes leucémies aiguës : <table border="0"> <tr> <td>exposition 24 h sous le lit</td> <td>OR = 1,49 (0,62-3,55)</td> </tr> <tr> <td>exposition la nuit (22 h-6 h)</td> <td>OR = 3,21 (1,31-7,84)</td> </tr> </table> • LAL : <table border="0"> <tr> <td>exposition 24 h sous le lit</td> <td>OR = 1,81 (0,76-4,34)</td> </tr> <tr> <td>exposition la nuit</td> <td>OR = 3,36 (1,35-8,37)</td> </tr> </table> <p>Si médiane CM = $0,2 < 0,4 \mu\text{T}$ dans la chambre de l'enfant : (niveau de référence : médiane CM $< 0,1 \mu\text{T}$)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Toutes leucémies aiguës : <table border="0"> <tr> <td>exposition 24 h sous le lit</td> <td>OR = 1,12 (0,41-3,04)</td> </tr> <tr> <td>exposition la nuit</td> <td>OR = 2,58 (0,87-7,70)</td> </tr> </table> • LAL : <table border="0"> <tr> <td>exposition 24 h sous le lit</td> <td>OR = 1,36 (0,50-3,69)</td> </tr> <tr> <td>exposition la nuit</td> <td>OR = 2,49 (0,80-7,73)</td> </tr> </table> <p>Si médiane CM $\geq 0,4 \mu\text{T}$ dans la chambre de l'enfant : (niveau de référence : médiane CM $< 0,1 \mu\text{T}$)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Toutes leucémies aiguës : <table border="0"> <tr> <td>exposition 24 h sous le lit</td> <td>OR = 5,26 (0,69-40,2)</td> </tr> <tr> <td>exposition la nuit</td> <td>OR = 5,33 (1,09-26,0)</td> </tr> </table> • LAL : <table border="0"> <tr> <td>exposition 24 h sous le lit</td> <td>OR = 6,24 (0,85-45,8)</td> </tr> <tr> <td>exposition la nuit</td> <td>OR = 6,19 (1,29-29,7)</td> </tr> </table> | exposition 24 h sous le lit | OR = 1,49 (0,62-3,55) | exposition la nuit (22 h-6 h) | OR = 3,21 (1,31-7,84) | exposition 24 h sous le lit | OR = 1,81 (0,76-4,34) | exposition la nuit | OR = 3,36 (1,35-8,37) | exposition 24 h sous le lit | OR = 1,12 (0,41-3,04) | exposition la nuit | OR = 2,58 (0,87-7,70) | exposition 24 h sous le lit | OR = 1,36 (0,50-3,69) | exposition la nuit | OR = 2,49 (0,80-7,73) | exposition 24 h sous le lit | OR = 5,26 (0,69-40,2) | exposition la nuit | OR = 5,33 (1,09-26,0) | exposition 24 h sous le lit | OR = 6,24 (0,85-45,8) | exposition la nuit | OR = 6,19 (1,29-29,7) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sélection des cas et témoins • Plusieurs variables de confusion prises en considération. • Étude populationnelle <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taux de participation moyen des cas (66,4 %) et des témoins (64,6 %). • Il ya très peu d'enfants qui ont vécu sous un CM supérieur à $0,2 \mu\text{T}$, donc même si la taille de l'échantillon est élevée, la puissance statistique est faible. • Une seule résidence tenue en compte (sauf si 2 résidences habitées de durée égale). |
| exposition 24 h sous le lit | OR = 1,49 (0,62-3,55) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| exposition la nuit (22 h-6 h) | OR = 3,21 (1,31-7,84) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| exposition 24 h sous le lit | OR = 1,81 (0,76-4,34) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| exposition la nuit | OR = 3,36 (1,35-8,37) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| exposition 24 h sous le lit | OR = 1,12 (0,41-3,04) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| exposition la nuit | OR = 2,58 (0,87-7,70) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| exposition 24 h sous le lit | OR = 1,36 (0,50-3,69) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| exposition la nuit | OR = 2,49 (0,80-7,73) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| exposition 24 h sous le lit | OR = 5,26 (0,69-40,2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| exposition la nuit | OR = 5,33 (1,09-26,0) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| exposition 24 h sous le lit | OR = 6,24 (0,85-45,8) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| exposition la nuit | OR = 6,19 (1,29-29,7) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Söderberg <i>et al.</i>, 2002, Suède</p> | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 647 enfants âgés de 0 à 16 ans et ayant souffert de leucémie. • Recensés à l'aide du Registre national du cancer de Suède <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 647 enfants sélectionnés au hasard à l'aide du Registre médical des naissances et appariés pour le sexe et le mois et l'année de naissance. | <ul style="list-style-type: none"> • Estimation de l'exposition des nouveaux-nés par la prise de mesures à trois points d'échantillonnage sur divers modèles d'incubateur ayant pu être utilisés • Trois indices d'exposition définis : <ul style="list-style-type: none"> • En fonction du temps : ≤ 30 ou > 30 h • En fonction de la durée : ≤ 10 ou $> 10 \mu\text{T-heures}$ • En fonction de niveau seuil : 0,6 et $1,0 \mu\text{T}$ | <ul style="list-style-type: none"> • Grossesse précédente • Avortement spontané • Reproduction assistée • Grossesse gémellaire • Hypertension • Tabagisme • Infection • Rayons X diagnostiques • Ultrasons • Âge de la mère • Âge gestationnel • Poids de naissance • Malformations • Utilisation d'oxygène • Maladie néonatale | <p>Toutes leucémies (valeurs non ajustées) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si l'exposition > 30 heures : OR = 1,2 (0,6 – 2,1) • Si l'exposition $> 0,6 \mu\text{T}$: OR = 0,9 (0,5 – 1,7) • Si l'exposition $> 10 \mu\text{T-heures}$: OR = 1,0 (0,6 – 1,6) • Pas de relation significative d'observée pour la leucémie aiguë lymphocytaire ou la leucémie myéloïde aiguë • Pas d'effet de confusion des covariables considérées dans l'analyse | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mesure de champs sur appareils • Échantillonnage au hasard des témoins • Prise en compte de plusieurs facteurs de confusion <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Classification de l'exposition possiblement erronée • Faible effectif pour le groupe exposé | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tableau 3.1 Études épidémiologiques sur l'association de cancer chez l'enfant et l'exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|--|---|--|--|--|--|
| | Sélection des cas et des témoins | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| Infante-Rivard et Deadman, 2003, Canada (Québec) | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 491 enfants âgés de 0–9 ans et ayant souffert de leucémie aiguë lymphocytaire (LAL). Recensés auprès d'hôpitaux tertiaires de la province de Québec pour la période de 1980–1990 et de 1991 à 1993 pour le grand Montréal. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 491 enfants choisis au hasard à l'aide du fichier d'allocations familiales et appariés pour le sexe, la région de résidence et l'âge au moment du diagnostic. | <ul style="list-style-type: none"> Estimation de l'exposition en milieu de travail des mères à l'aide d'une matrice emploi exposition développée par Deadman (2002) 3 indices d'exposition durant la période de grossesse sont retenus : <ul style="list-style-type: none"> Exposition moyenne cumulative exprimée en $\mu\text{T-jour}$ Exposition moyenne (moyenne arithmétique) Exposition maximale $\geq 0,4 \mu\text{T}$ mesurée selon une moyenne pondérée sur le temps durant une semaine Utilisation de couverture chauffante, matelas chauffant, lit d'eau chauffant | <ul style="list-style-type: none"> Âge de la mère à la naissance État de santé de la mère : hypertension, prééclampsie, anémie, perte vaginale, maladie de cœur, foie ou respiratoire Avoir des enfants au moment de la grossesse | <p>LAL (valeurs ajustées) :</p> <ul style="list-style-type: none"> Si l'exposition cumulative $\geq 90^{\text{e}}$ percentile ($\geq 47,7 \mu\text{T-jours}$) OR = 1,6 (1,0 0 2,5) Si l'exposition moyenne $\geq 90^{\text{e}}$ percentile ($\geq 0,2 \mu\text{T}$) OR = 1,4 (1,0 0 2,2) Si l'exposition maximale ($\geq 0,4 \mu\text{T}$) OR = 2,4 (1,3 – 4,2) Pas de dose-réponse lorsque les catégories suivantes sont étudiées : < 50; 50-75; 75-90; $\geq 90^{\text{e}}$ percentiles | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Haut taux de participation des cas et témoins Validation du diagnostic de la maladie Prise en compte de plusieurs facteurs de confusion <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Pas de mesure d'exposition en milieu résidentiel Modèle d'estimation de l'exposition en milieu de travail |

Tableau 3.2 *Pooling* sur l'association de cancer chez l'enfant et l'exposition aux champs électromagnétiques

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|--|--|---|---|--|--|
| | Sélection des études | Catégorie de champ magnétique | Covariable prise en considération | | |
| Ahlbom <i>et al.</i> , 2000, Suède | <ul style="list-style-type: none"> • Canada (McBride <i>et al.</i>, 1999) • Royaume-Uni (UKCCSI, 1999) • Nouvelle-Zélande (Dockerty <i>et al.</i>, 1998, 1999) • Allemagne (Michaelis <i>et al.</i>, 1998) • É.-U. (Linnet <i>et al.</i>, 1997) • Norvège (Tynes et Haldorsen, 1997) • Suède (Feychting et Ahlbom, 1993) • Danemark (Olsen <i>et al.</i>, 1993) • Finlande (Verkasalo <i>et al.</i>, 1993) | <p>Moyennes géométriques :</p> <p>0,1 μT < 0,2 μT 0,2 μT < 0,4 μT ≥ 0,4 μT</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Âge • Sexe • Niveau socioéconomique • Allemagne Ouest et Est | <p>(niveau de référence : CM < 0,1 μT)</p> <p>Toutes leucémies chez l'enfant :</p> <p>Si CM = 0,1 < 0,2 μT OR = 1,08 (0,89-1,31) Si CM = 0,2-0,4 μT OR = 1,11 (0,84-1,47) Si CM ≥ 0,4 μT OR = 2,00 (1,27-3,13)</p> <p>LAL chez l'enfant :</p> <p>Si CM = 0,1 < 0,2 μT OR = 1,08 (0,88-1,32) Si CM = 0,2 < 0,4 μT OR = 1,12 (0,84-1,51) Si CM ≥ 0,4 μT OR = 2,06 (1,30-3,33)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Études sans exposition aux lignes à haute tension |
| Greenland <i>et al.</i> , 2000, États-Unis | <ul style="list-style-type: none"> • Canada (McBride <i>et al.</i>, 1999) • Nouvelle-Zélande (Dockerty <i>et al.</i>, 1998, 1999) • Allemagne (Michaelis <i>et al.</i>, 1998) • É.-U. (Linnet <i>et al.</i>, 1997) • Norvège (Tynes et Haldorsen, 1997) • Suède (Feychting et Ahlbom, 1993) • Mexique (Fajardo-Gutiérrez <i>et al.</i>, 1997) • Royaume-Uni (Coghill <i>et al.</i>, 1996) • Danemark (Olsen <i>et al.</i>, 1993) • Finlande (Verkasalo <i>et al.</i>, 1993) • É.-U. (London <i>et al.</i>, 1991) • É.-U. (Savitz <i>et al.</i>, 1988) • Suède (Tomenius, 1986). • É.-U. (Fulton <i>et al.</i>, 1980) • É.-U. (Wertheimer et Leeper, 1979) | <p>Moyennes arithmétiques :</p> <p>> 0,1 μT ≥ 0,2 μT > 0,2 μT ≥ 0,3 μT > 0,3 μT</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Âge • Sexe • Niveau socioéconomique | <p>(niveau de référence : ≤ 0,1 μT)</p> <p>Toutes leucémies chez l'enfant :</p> <p>Si CM > 0,1 ≤ 0,2 μT OR = 1,01 (0,84-1,21) Si CM > 0,2 ≤ 0,3 μT OR = 1,06 (0,78-1,44) Si CM > 0,3 μT OR = 1,68 (1,23-2,31)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Études avec expositions aux lignes à haute tension |

Tableau 3.3 Étude épidémiologique sur l'association des autres cancers chez l'enfant et l'exposition aux champs électromagnétiques

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|--|--|---|--|--|--|
| | Sélection des cas et des témoins | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| De Roos <i>et al.</i> , 2001, Canada, États-Unis | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 538 enfants âgés de moins de 19 ans et ayant souffert de neuroblastome. Recensés de 139 hôpitaux anglophones américains et canadiens entre 1992 et 1994. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 504 enfants choisis par échantillonnage par numéro aléatoire et appariés pour date de naissance. | <ul style="list-style-type: none"> Matrice emploi/exposition au CM basée sur de nombreuses études précédentes. Évaluation du potentiel d'exposition des parents au CM par un hygiéniste industriel selon les équipements électriques en milieu de travail et les sources de radiation. Ainsi, on a : parent non exposé à tout emploi, parent possiblement exposé à n'importe quel emploi et parent probablement exposé à n'importe quel emploi. | <ul style="list-style-type: none"> Âge de l'enfant Race de la mère Âge de la mère Scolarité de la mère | <p>Neuroblastome chez les enfants</p> <p>Mesures du CM par la matrice emploi/exposition :</p> <ul style="list-style-type: none"> Exposition paternelle : (niveau de référence : $\leq 0,15 \mu\text{T}$) <ul style="list-style-type: none"> $> 0,15-0,2 \mu\text{T}$ OR = 0,9 (0,6-1,5) $> 0,2-0,3 \mu\text{T}$ OR = 0,9 (0,6-1,5) $> 0,3-0,4 \mu\text{T}$ OR = 0,8 (0,4-1,3) $> 0,4 \mu\text{T}$ OR = 1,4 (0,7-2,8) Exposition maternelle : (niveau de référence : $\leq 0,12 \mu\text{T}$) <ul style="list-style-type: none"> $> 0,12-0,2 \mu\text{T}$ OR = 0,9 (0,7-1,2) $> 0,2-0,3 \mu\text{T}$ OR = 1,3 (0,9-1,9) $> 0,3 \mu\text{T}$ OR = 0,8 (0,5-1,3) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Bonne taille de l'échantillon Bon taux de participation des cas (73 %) et témoins (71 %) <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Effectif faible pour les expositions élevées Pas de mesure de CM Seules les expositions parentales sont considérées. |

Tableau 3.4 Études épidémiologiques sur l'association leucémie chez l'adulte et exposition aux champs électromagnétiques

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|---|---|---|---|---|--|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| <p>Villeneuve <i>et al.</i>, 2000, Canada</p> <p>Miller <i>et al.</i>, 1996b, Canada</p> <p>Thériault <i>et al.</i>, 1994, Canada (Québec, Ontario) et France</p> | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 50 sujets ayant travaillé au moins 1 an à Hydro-Ontario avec diagnostic de leucémie entre 1970-1988. Recensés du registre des tumeurs de l'Ontario. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 200 travailleurs choisis au hasard des fichiers informatiques de Hydro-Ontario. Appariés pour le sexe (homme), l'année de naissance, en vie à l'année de diagnostic du cas et pas de cancer préexistant (sauf pour cancers de cellules basales et squameuses de la peau). | <ul style="list-style-type: none"> Exposition aux champs magnétique et électrique de 60 Hz mesurée par moniteur Positron (aux minutes) aux conditions habituelles de travail. Matrice emploi/exposition provenant de mesures chez 895 travailleurs : 11 catégories d'emploi et 15 postes d'emploi sont définis. En l'absence des conditions de travail, l'exposition est estimée par la moyenne générale dans chaque type de profession. Exposition cumulative de chaque sujet estimée par : durée dans chaque emploi X exposition liée à cette profession. Moyenne d'exposition aux CEM évaluée en divisant l'exposition cumulative estimée par la durée totale de l'embauche. | <ul style="list-style-type: none"> Classe sociale au moment de l'embauche Exposition aux rayonnements ionisants évaluée par Hydro Radiation Dose Information System Durée de l'emploi Année d'embauche Exposition aux pesticides (2,4-D; 2,4,5-T) et benzène évaluée par des hygiénistes de travail. | <p>Toutes leucémies :</p> <ul style="list-style-type: none"> Moyenne d'exposition au CE : <ul style="list-style-type: none"> Moyenne arithmétique : (catégorie de référence : CE = 0-8,58 V/m) <ul style="list-style-type: none"> Si CE = 8,58- < 13,67 V/m OR = 2,15 (0,71-6,52) Si CE > 13,67 V/m OR = 4,38 (1,33-14,43) Moyenne géométrique : (catégorie de référence : CE = 0-1,60 V/m) pas d'association statistiquement significative aux catégories : 1,60-1,96 et > 1,96 V/m Moyenne d'exposition au CM : <ul style="list-style-type: none"> Moyenne arithmétique : (catégorie de référence : 0-0,22 µT) <ul style="list-style-type: none"> Si CM = 0,22- < 0,47 µT OR = 1,10 (0,28-4,28) Si CM > 0,47 µT OR = 2,31 (0,66-8,12) Moyenne géométrique : (catégorie de référence : 0- < 0,074 µT) <ul style="list-style-type: none"> Si CM = 0,074- < 0,100 µT OR = 1,12 (0,43-2,93) Si CM > 0,100 µT OR = 1,81 (0,66-4,95) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Étude cas-témoins imbriquée dans une cohorte d'employés de Hydro-Ontario, donc biais de sélection très limités. Plusieurs facteurs de confusion pris en considération. <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Nombre de cas limité Utilisation de Positron (CE mesuré perturbé) Environnement lié au CM non utilisé dans la matrice emploi/exposition. |
| <p>Savitz <i>et al.</i>, 2000, États-Unis</p> <p>Savitz et Loomis, 1995, États-Unis</p> | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> Hommes ayant travaillé dans 5 compagnies américaines d'électricité pendant au moins 6 mois de 1950 à 1986 et décédés par leucémie (n = 164) ou par cancer au cerveau (n = 145). Recensés d'une cohorte de 138 903 travailleurs. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 800 travailleurs choisis au hasard, de la même cohorte, sans appariement quelconque. | <ul style="list-style-type: none"> Matrice emploi/exposition au CM provenant de mesures chez 2842 travailleurs portant le moniteur AMEX pendant 1 jour de travail. 28 catégories d'emploi sont créées dans la cohorte originale selon les activités professionnelles. Création de 20 sous-catégories d'emploi dans la sous-cohorte en fonction du type d'emploi ou de l'environnement du travail Le niveau d'exposition dans chacun des 48 groupes était défini par sa moyenne arithmétique; ensuite on établissait 5 rangées plus précises : 0,11; 0,19; 0,38; 0,60 et 1,21 µT La moyenne d'exposition se calcule en divisant l'exposition cumulative par la durée totale d'embauche. | <ul style="list-style-type: none"> Âge Période de temps Race Classe sociale selon le type de profession Statut d'emploi (actif ou inactif, 2 ans avant le décès) Expositions aux biphenyles polychlorés et aux solvants évaluées par les hygiénistes du travail, administrateurs de département et employés avec plusieurs années d'expérience. | <p>Toutes leucémies :</p> <ul style="list-style-type: none"> Exposition cumulative et moyenne d'exposition au CM : Pas d'association statistiquement significative quelque soit la catégorie considérée, le nombre d'années d'exposition et le niveau de référence choisi. <p>Cancers du cerveau :</p> <ul style="list-style-type: none"> Exposition cumulative au CM : Exposition précédente 2-10 ans (niveau de référence : pas d'exposition) Si CM = 1,14-2,23 µT-années RR = 2,62 (1,15-5,97) Pour les autres catégories, périodes d'exposition et niveau de référence correspondant, pas d'association statistiquement significative. Moyenne d'exposition au CM : Exposition précédente 2-10 ans (niveau de référence : pas d'exposition) Si CM = 1,05-1,21 µT RR = 2,38 (1,14-5,00) Pour les autres catégories, périodes d'exposition et niveau de référence correspondant, pas d'association statistiquement significative. | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Biais de sélection évités avec la méthodologie de l'étude de cohorte Estimation d'exposition pendant plus de 20 ans Plusieurs facteurs de confusion pris en considération Étude améliorée par rapport à l'étude originale |

Tableau 3.4 Études épidémiologiques sur l'association leucémie chez l'adulte et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|--|--------------|--------------------|------------------|--------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|--------------|--------------------|------------------|--------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|--------------|--------------------|------------------|--------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|--------------|--------------------|------------------|--------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|---|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Floderus <i>et al.</i> , 1999, Suède | <ul style="list-style-type: none"> Cohorte de 1 596 959 travailleurs et 806 278 travailleuses de plusieurs industries, suivis de 1971 à 1984 et provenant du recensement de 1970. Le suivi de l'apparition du cancer des personnes se fait par le registre de cancer suédois. Comparaison de mortalité avec groupe de faible exposition. | <ul style="list-style-type: none"> Matrice emploi/exposition au CM provenant de mesures chez plus de 1000 travailleurs portant le dosimètre pendant 6,8 heures en moyenne. Niveau d'exposition au CM des 100 principaux emplois résultant d'au moins 4 mesures indépendantes (sauf pour 10 professions supplémentaires ayant moins de 4 mesures). Exposition au CM évaluée par la moyenne géométrique des valeurs médianes et moyenne journalière. Résultats basés que sur la moyenne géométrique des valeurs médianes. Ensuite 3 niveaux d'exposition ont été définis : Homme : $\leq 0,07 \mu\text{T}$ (faible) $0,084\text{-}0,115 \mu\text{T}$ (moyen) $\geq 0,116 \mu\text{T}$ (élevé) Femme : $\leq 0,07 \mu\text{T}$ (faible) $0,067\text{-}0,129 \mu\text{T}$ (moyen) $\geq 0,138 \mu\text{T}$ (élevé) | <ul style="list-style-type: none"> Âge Sexe | <p>Moyenne géométrique des valeurs médianes de CM</p> <ul style="list-style-type: none"> Chez les hommes (niveau de référence : $\text{CM} \leq 0,07 \mu\text{T}$) <ul style="list-style-type: none"> Si $\text{CM} = 0,084\text{-}0,115 \mu\text{T}$ <table border="0"> <tr><td>Tous cancers</td><td>RR = 1,1 (1,1-1,1)</td></tr> <tr><td>Toutes leucémies</td><td>RR = 1,0 (0,9-1,1)</td></tr> <tr><td>LAM</td><td>RR = 1,1 (0,9-1,3)</td></tr> <tr><td>LCM</td><td>RR = 1,1 (0,8-1,4)</td></tr> <tr><td>LAL</td><td>RR = 1,8 (1,0-3,0)</td></tr> <tr><td>LCL</td><td>RR = 0,9 (0,7-1,0)</td></tr> </table> Si $\text{CM} \geq 0,116 \mu\text{T}$ <table border="0"> <tr><td>Tous cancers</td><td>RR = 1,1 (1,1-1,1)</td></tr> <tr><td>Toutes leucémies</td><td>RR = 1,1 (1,0-1,2)</td></tr> <tr><td>LAM</td><td>RR = 1,1 (0,9-1,4)</td></tr> <tr><td>LCM</td><td>RR = 1,1 (0,8-1,4)</td></tr> <tr><td>LAL</td><td>RR = 1,5 (0,9-2,7)</td></tr> <tr><td>LCL</td><td>RR = 1,1 (0,9-1,2)</td></tr> </table> Chez les femmes (niveau de référence : $\text{CM} \leq 0,07 \mu\text{T}$) <ul style="list-style-type: none"> Si $\text{CM} = 0,067\text{-}0,129 \mu\text{T}$ <table border="0"> <tr><td>Tous cancers</td><td>RR = 1,1 (1,0-1,1)</td></tr> <tr><td>Toutes leucémies</td><td>RR = 1,0 (0,8-1,3)</td></tr> <tr><td>LAM</td><td>RR = 1,0 (0,7-1,3)</td></tr> <tr><td>LCM</td><td>RR = 0,7 (0,4-1,0)</td></tr> <tr><td>LAL</td><td>RR = 1,3 (0,6-2,8)</td></tr> <tr><td>LCL</td><td>RR = 1,6 (1,0-2,3)</td></tr> </table> Si $\text{CM} \geq 0,138 \mu\text{T}$ <table border="0"> <tr><td>Tous cancers</td><td>RR = 1,1 (1,0-1,1)</td></tr> <tr><td>Toutes leucémies</td><td>RR = 1,1 (1,0-1,4)</td></tr> <tr><td>LAM</td><td>RR = 1,1 (0,8-1,5)</td></tr> <tr><td>LCM</td><td>RR = 0,8 (0,6-1,2)</td></tr> <tr><td>LAL</td><td>RR = 1,1 (0,5-2,4)</td></tr> <tr><td>LCL</td><td>RR = 1,7 (1,2-2,4)</td></tr> </table> | Tous cancers | RR = 1,1 (1,1-1,1) | Toutes leucémies | RR = 1,0 (0,9-1,1) | LAM | RR = 1,1 (0,9-1,3) | LCM | RR = 1,1 (0,8-1,4) | LAL | RR = 1,8 (1,0-3,0) | LCL | RR = 0,9 (0,7-1,0) | Tous cancers | RR = 1,1 (1,1-1,1) | Toutes leucémies | RR = 1,1 (1,0-1,2) | LAM | RR = 1,1 (0,9-1,4) | LCM | RR = 1,1 (0,8-1,4) | LAL | RR = 1,5 (0,9-2,7) | LCL | RR = 1,1 (0,9-1,2) | Tous cancers | RR = 1,1 (1,0-1,1) | Toutes leucémies | RR = 1,0 (0,8-1,3) | LAM | RR = 1,0 (0,7-1,3) | LCM | RR = 0,7 (0,4-1,0) | LAL | RR = 1,3 (0,6-2,8) | LCL | RR = 1,6 (1,0-2,3) | Tous cancers | RR = 1,1 (1,0-1,1) | Toutes leucémies | RR = 1,1 (1,0-1,4) | LAM | RR = 1,1 (0,8-1,5) | LCM | RR = 0,8 (0,6-1,2) | LAL | RR = 1,1 (0,5-2,4) | LCL | RR = 1,7 (1,2-2,4) | <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Matrice emploi/exposition faite chez les hommes et non chez les femmes. Pas de covariable prise en considération en dehors de l'âge et du sexe. Erreur de classement liée aux estimations imprécises du CM de différentes professions. Catégories de CM différentes chez les hommes et les femmes. |
| Tous cancers | RR = 1,1 (1,1-1,1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Toutes leucémies | RR = 1,0 (0,9-1,1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LAM | RR = 1,1 (0,9-1,3) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LCM | RR = 1,1 (0,8-1,4) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LAL | RR = 1,8 (1,0-3,0) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LCL | RR = 0,9 (0,7-1,0) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tous cancers | RR = 1,1 (1,1-1,1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Toutes leucémies | RR = 1,1 (1,0-1,2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LAM | RR = 1,1 (0,9-1,4) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LCM | RR = 1,1 (0,8-1,4) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LAL | RR = 1,5 (0,9-2,7) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LCL | RR = 1,1 (0,9-1,2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tous cancers | RR = 1,1 (1,0-1,1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Toutes leucémies | RR = 1,0 (0,8-1,3) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LAM | RR = 1,0 (0,7-1,3) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LCM | RR = 0,7 (0,4-1,0) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LAL | RR = 1,3 (0,6-2,8) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LCL | RR = 1,6 (1,0-2,3) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tous cancers | RR = 1,1 (1,0-1,1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Toutes leucémies | RR = 1,1 (1,0-1,4) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LAM | RR = 1,1 (0,8-1,5) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LCM | RR = 0,8 (0,6-1,2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LAL | RR = 1,1 (0,5-2,4) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LCL | RR = 1,7 (1,2-2,4) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tableau 3.4 Études épidémiologiques sur l'association leucémie chez l'adulte et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|---------------------------------|--|---|--|--|--|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| Minder et Pfluger, 2001, Suisse | <ul style="list-style-type: none"> Cohorte de 18 070 hommes travaillant ou à la retraite au Chemin de fer Suisse de 1972 à 1993. Le suivi du décès des personnes se fait par le certificat de décès de 1972 à 1993. Comparaison de mortalité avec l'ensemble des travailleurs suisses | <ul style="list-style-type: none"> Appareil de la compagnie Bramur pour la mesure du CM et du champ électrique de fréquence 16 2/3-Hz dans les trains suisses. Moyenne au CM estimée par mesures ponctuelles : <ul style="list-style-type: none"> chaque 10 sec pour les conducteurs de trains de ligne et de garage chaque 2-30 min pour les accompagnateurs aux trains et les administrateurs des stations de trains Estimation d'exposition par la fraction de temps passée sous un CM $\geq 10 \mu\text{T}$ Estimation de l'exposition aux CEM grâce à un appareil de la compagnie Bramur par les techniciens de l'industrie Swisscom, chaque 5 ans (1905-1995), dans les différents trains précédemment utilisés par les conducteurs de trains de ligne (départ, trajet, arrivée). Pas d'exposition pour autres catégories de travailleurs. Cette évaluation n'est pas considérée dans les analyses. | <ul style="list-style-type: none"> Âge Période de calendrier | <p>SELON LE NOMBRE D'ANNEES D'EXPOSITION AU CM $\geq 10 \mu\text{T}$</p> <ul style="list-style-type: none"> Tête (niveau de référence : 0,0-0,099 année) <ul style="list-style-type: none"> Toutes leucémies <ul style="list-style-type: none"> Si 0,1-0,49 année RR = 0,78 (0,27-2,24) Si $\geq 0,5$ année RR = 1,65 (0,65-4,20) Cancers cerveau <ul style="list-style-type: none"> Si 0,1-0,49 année RR = 2,83 (0,35-22,8) Si $\geq 0,5$ année RR = 2,38 (0,29-19,4) Thorax (niveau de référence : 0,0-0,099 année) <ul style="list-style-type: none"> Toutes leucémies <ul style="list-style-type: none"> Si 0,1-0,49 année RR = 0,97 (0,33-2,81) Si $\geq 0,5$ année RR = 2,43 (1,10-5,36) Cancers cerveau <ul style="list-style-type: none"> Si 0,1-0,49 année RR = 2,55 (0,80-8,14) Si $\geq 0,5$ année RR = 1,27 (0,34-4,42) Pieds (niveau de référence : 0,0-0,199 année) <ul style="list-style-type: none"> Toutes leucémies <ul style="list-style-type: none"> Si 0,2-0,49 année RR = 1,54 (0,57-4,12) Si $\geq 0,5$ année RR = 2,08 (0,82-5,29) Cancers cerveau <ul style="list-style-type: none"> Si 0,1-0,49 année RR = 3,89 (1,06-14,2) Si $\geq 0,5$ année RR = 1,45 (0,39-5,40) <p>EXPOSITION CUMULATIVE OU MOYENNE D'EXPOSITION AU CM</p> <ul style="list-style-type: none"> Thorax (niveau de référence : CM = 0-4,9 μT-années) <ul style="list-style-type: none"> Toutes leucémies <ul style="list-style-type: none"> Si CM = 5-74,9 μT-années RR = 0,78 (0,27-2,24) Si CM $\geq 75 \mu\text{T}$-années RR = 1,64 (0,64-4,19) Cancers cerveau <ul style="list-style-type: none"> Si CM = 5-74,9 μT-années RR = 2,84 (0,35-22,9) Si CM $\geq 75 \mu\text{T}$-années RR = 2,36 (0,29-19,3) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Validation des diagnostics de leucémies et tumeurs du cerveau. Estimation de l'exposition passée <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Pas de résultats pour l'exposition au CE Peu de cas Peu de covariables Pas de dosimétrie effectuée. |

Tableau 3.4 Études épidémiologiques sur l'association leucémie chez l'adulte et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|--|--|--|---|---|--|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| Harrington <i>et al.</i> , 2001, Royaume-Uni | <ul style="list-style-type: none"> Étude de cohorte comprenant 83 997 sujets ayant travaillé environ 6 mois de 1973 à 1982 auprès des compagnies d'électricité d'Angleterre et du Pays de Galles, mais 79 972 travailleurs sont suivis. Information sur la profession issue des fichiers informatisés, des départements de ressources humaines et de retraite des compagnies; ceci jusqu'en 1993. Suivi du décès des travailleurs évalué par le Bureau national de statistique (Registre central du Service national de santé) de 1973 à 1997. Comparaison de mortalité avec les taux de mortalité de la population générale de l'Angleterre et du Pays de Galles. | <ul style="list-style-type: none"> Expositions occupationnelles au CM évaluées par l'Unité de recherche sur les CEM de la "National Grid Company" Moniteurs utilisés pendant 1 semaine chez les travailleurs de transmission. Identification des équipements électriques Modélisation de l'exposition dans les milieux de travail à partir de l'intensité de courant dans les équipements et les tâches effectuées par les travailleurs (<i>job dictionary</i>) Estimations du CM (facteur d'utilisation x champ au maximum de fonctionnement des stations A et B) de l'exercice budgétaire et des 5 dernières années enregistrées avec un logiciel. Courbe de mortalité pour toutes causes permettant de fixer 8 limites d'exposition (0; 2,4;...; $\geq 20,0 \mu\text{T-années}$) | <ul style="list-style-type: none"> Âge Sexe Période du suivi Année d'embauche Statut d'emploi (en emploi ou non) Période de calendrier Type d'emploi ou classe sociale | <p>Exposition cumulative au CM de l'exercice budgétaire : (catégorie de référence : 0-2,4 $\mu\text{T-années}$)</p> <ul style="list-style-type: none"> Toutes leucémies, LCL et autres causes, pas d'association statistiquement significative pour les catégories de CM : <ul style="list-style-type: none"> 2,5-4,9 $\mu\text{T-années}$; 5,0-9,9 $\mu\text{T-années}$; 10,0-19,9 $\mu\text{T-années}$; $\geq 20,0 \mu\text{T-années}$ Autres leucémies <ul style="list-style-type: none"> Si CM = 2,5-4,9 $\mu\text{T-années}$ RR = 2,03 (1,09-3,79) Pour autres catégories, pas d'association statistiquement significative LAM et LCM, pas d'association statistiquement significative <p>Exposition cumulative au CM les 5 dernières années d'exercice budgétaire : (catégorie de référence : 0 $\mu\text{T-années}$)</p> <ul style="list-style-type: none"> Toutes leucémies, LCL, autres leucémies et autres causes pas d'association statistiquement significative pour les catégories : <ul style="list-style-type: none"> 0,01-0,49 $\mu\text{T-années}$ 0,50-1,99 $\mu\text{T-années}$ 2,0-4,99 $\mu\text{T-années}$ $\geq 5,0 \mu\text{T-années}$ LAM et LCM, pas d'association statistiquement significative | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Bon taux de participation des sujets exposés et non exposés (95 %) Mesures de CM les 5 dernières années <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Faible nombre de cas Étude de mortalité Comparaison avec la population générale Facteurs de risque de leucémie au travail non pris en considération (exposition au benzène, radiations ionisantes) |

Tableau 3.4 Études épidémiologiques sur l'association leucémie chez l'adulte et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE | |
|---------------------------------------|--|--|--|---|--|--|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | | |
| Hakansson <i>et al.</i> , 2002, Suède | <ul style="list-style-type: none"> Cohorte de 537 692 travailleurs et 180 529 travailleuses des industries de soudure résistante entre 1985 et 1994. Information sur la profession issue des fichiers des recensements de 1980, 1985 et 1990 Décès évalués par le fichier de décès suédois de 1985 en 1994 Comparaison de mortalité avec groupe de faible exposition | <ul style="list-style-type: none"> Matrice emploi/exposition au CM élaborée parmi les hommes à partir de 100 principales professions et quelques professions rares (Floderus <i>et al.</i>, 1996, 1999). Estimation de l'exposition au CM par la moyenne géométrique des durées moyennes de journée de travail. La distribution de l'exposition au CM permet d'identifier 4 groupes : < 0,164 µT : exposition faible 0,164-0,250 µT : exposition moyenne 0,250-0,530 µT : exposition élevée > 0,530 µT : exposition très élevée En cas de changement de profession, on considère l'exposition à l'emploi la plus élevée. | <ul style="list-style-type: none"> Âge Niveau socioéconomique (col bleu et autres) | <p>Tous cancers :</p> <ul style="list-style-type: none"> Si CM = 0,164-0,250 µT hommes, RR = 0,9 (0,9-1,0) femmes, RR = 1,0 (1,0-1,1) Si CM = 0,250-0,530 µT hommes, RR = 1,0 (0,9-1,1) femmes, RR = 1,1 (1,0-1,3) Si CM > 0,530 µT hommes, RR = 0,9 (0,9-1,0) femmes, RR = 1,1 (0,9-1,3) <p>Toutes leucémies :</p> <ul style="list-style-type: none"> Si CM = 0,164-0,250 µT hommes, RR = 0,8 (0,6-1,1) femmes, RR = 1,1 (0,5-2,4) Si CM = 0,250-0,530 µT hommes, RR = 0,8 (0,5-1,3) femmes, RR = 2,0 (0,8-4,6) Si CM > 0,530 µT hommes, RR = 0,9 (0,6-1,5) femmes, RR = 1,8 (0,4-8,5) <p>LAL :</p> <ul style="list-style-type: none"> Si CM = 0,164-0,250 µT hommes, RR = 0,9 (0,3-2,4) Si CM = 0,250-0,530 µT hommes, RR = 0,8 (0,2-3,5) Si CM > 0,530 µT hommes, RR = 0,7 (0,1-3,6) (suite ↓) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Très bon taux de participation (90 %) parmi les exposés. <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Exposition réelle inconnue. Faible nombre de décès. Petite taille de l'effectif. Très peu de covariables prises en considération. Matrice emploi/exposition chez les hommes seulement. Une seule exposition au CM prise en compte par travailleur. | |
| | | | | <p>RÉSULTAT (IC à 95 %) (suite)</p> <p>LCL :</p> <ul style="list-style-type: none"> Si CM = 0,164-0,250 µT hommes, RR = 1,0 (0,6-1,8) femmes, RR = 1,0 (0,2-5,3) Si CM = 0,250-0,530 µT hommes, RR = 0,6 (0,2-1,6) femmes, RR = 2,8 (0,5-15,0) Si CM > 0,530 µT hommes, RR = 1,1 (0,5-2,6) <p>LAM :</p> <ul style="list-style-type: none"> Si CM = 0,164-0,250 µT hommes, RR = 0,5 (0,3-0,8) femmes, RR = 0,5 (0,1-1,6) Si CM = 0,250-0,530 µT hommes, RR = 0,7 (0,4-1,4) femmes, RR = 1,4 (0,4-4,4) Si CM > 0,530 µT hommes, RR = 0,8 (0,4-1,7) femmes, RR = 1,3 (0,1-10,8) <p>LCM :</p> <ul style="list-style-type: none"> Si CM = 0,164-0,250 µT hommes, RR = 2,0 (0,8-5,2) femmes, RR = 4,1 (0,5-35,7) Si CM = 0,250-0,530 µT hommes, RR = 2,2 (0,7-6,9) femmes, RR = 5,0 (0,5-51,1) Si CM > 0,530 µT hommes, RR = 1,5 (0,4-5,9) femmes, RR = 8,6 (0,5-148,6) <p>Cancer cerveau :</p> <ul style="list-style-type: none"> Si CM = 0,164-0,250 µT hommes, RR = 0,9 (0,7-1,1) femmes, RR = 1,2 (0,8-1,7) Si CM = 0,250-0,530 µT hommes, RR = 1,2 (0,9-1,6) femmes, RR = 1,6 (1,0-2,4) | | |

Tableau 3.4 Études épidémiologiques sur l'association leucémie chez l'adulte et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|---|---|---|---|---|---|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| Tynes <i>et al.</i> , 2003a, Norvège | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 1068 hommes âgés d'au moins 16 ans, ayant vécu au moins 1 année le 1^{er} nov 1980 ou entre 1986 et 1996 près ligne à haute tension (33- 420 kV) avec diagnostic de cancer hématologique entre 1980 et 1996. Recensés au registre norvégien des cancers. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 2 par cas choisis au hasard dans la cohorte des personnes ayant résidé à proximité des lignes à haute tension. Appariés pour sexe, date de naissance et municipalité d'appartenance. | <ul style="list-style-type: none"> Estimation de l'exposition résidentielle des CM provenant des lignes à haute tension autour du bâtiment. Le calcul fait par logiciel Teslaw, considère la hauteur des pylônes, la distance entre les phases, l'ordre des phases, la distance entre la ligne à haute tension et la résidence, la moyenne de charges électriques des lignes à haute tension par année d'enrôlement d'un sujet et les variations de configuration des lignes à haute tension. Deux seuils : TWA = 0,05 et 0,20 μT. Estimation de l'exposition en milieu professionnel par un groupe d'experts en fonction du nombre d'heures par semaine dans un emploi avec un CM > 0,1 μT. Trois seuils : catégorie 1 = < 4 h/semaine catégorie 2 = > 4-≤ 24 h/semaine catégorie 3 = > 24 h/semaine | <ul style="list-style-type: none"> Statut socioéconomique (selon le niveau de scolarité) Type de bâtiment | <ul style="list-style-type: none"> Résidence de janv. 67 au moment du diagnostic : pas d'effet significatif pour toutes leucémies, leucémie lymphatique aigüe, leucémie lymphatique chronique, leucémie aigüe myéloïde, leucémie chronique myéloïde, lymphome et myélome multiple Pour la période de résidence de 1980-1996 et exposition 10 ans avant le diagnostic peu d'effet significatif sauf pour : <ul style="list-style-type: none"> Leucémie lymphoïde chronique pour la catégorie d'exposition 0,05-0,19 μT : OR = 4,2 (1,0-17,9) Myélome multiple pour la catégorie d'exposition \geq 2 μT : OR = 4,0 (1,0-16,0) Cancers hématologiques combinés pour la catégorie d'exposition \geq 2 μT : OR = 1,6 (1,0-2,6) Pas d'effet significatif lorsque l'on combine l'exposition résidentielle et milieu de travail | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Bonne taille de l'échantillon Étude cas-témoins imbriquée dans une cohorte (biais de sélection limités) Cas incidents <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Peu de covariables considérées Mesures grossières d'exposition au CM en milieu de travail et résidentiel |

Tableau 3.5 Études épidémiologiques sur l'association cancer du cerveau chez l'adulte et exposition aux champs électromagnétiques

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|---|---|---|--|--|--|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| Sorahan <i>et al.</i> , 2001, Royaume-Uni Harrington <i>et al.</i> , 1977, Royaume-Uni | <ul style="list-style-type: none"> Étude de cohorte comprenant 79 972 sujets ayant travaillé environ 6 mois de 1973 à 1982 auprès des compagnies d'électricité d'Angleterre et du Pays de Galles. Information sur la profession issue des fichiers informatisés, des départements de ressources humaines et de retraite des compagnies; ceci jusqu'en 1993. Décès des travailleurs évalués par le Bureau national de statistique (Registre central du Service national de santé) de 1973 à 1997. Comparaison de mortalité avec les taux de mortalité de la population générale de l'Angleterre et du Pays de Galles | <ul style="list-style-type: none"> Expositions occupationnelles au CM évaluées par l'Unité de recherche sur les CEM de la National Grid Company. Moniteurs utilisés pendant 1 semaine chez les travailleurs de transmission. Identification des équipements électriques Modélisation de l'exposition dans les milieux de travail à partir de l'intensité de courant dans les équipements et les tâches effectuées par les travailleurs (<i>job dictionary</i>) Estimations du CM (temps d'utilisation X intensité du champ de fonctionnement des stations A et B) de l'exercice budgétaire et des 5 dernières années enregistrées avec un logiciel. Courbe de mortalité pour toutes causes permettant de fixer 8 limites d'exposition (0; 2,4;...; $\geq 20,0$ μT-années) | <ul style="list-style-type: none"> Âge Sexe Période de calendrier Année d'embauche Classe sociale | <p>Cancer du cerveau</p> <ul style="list-style-type: none"> Exposition cumulative au CM : (catégorie de référence : 0-2,4 μT-années) <ul style="list-style-type: none"> 2,5-4,9 μT-années RR = 0,90 (0,54-1,51) 5,0-9,9 μT-années RR = 0,67 (0,41-1,10) 10,0-19,9 μT-années RR = 0,69 (0,33-1,44) $\geq 20,0$ μT-années RR = 0,88 (0,72-1,07) Exposition cumulative au CM les 5 dernières années : (catégorie de référence : 0 μT-années) <ul style="list-style-type: none"> 0,01-0,49 μT-années RR = 0,99 (0,58-1,69) 0,5-1,9 μT-années RR = 0,98 (0,54-1,81) 2,0-4,9 μT-années RR = 0,64 (0,28-1,50) $\geq 5,0$ μT-années RR = 0,42 (0,10-1,74) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Bon taux de participation des sujets exposés et non exposés (95 %) Mesures de CM par dosimétrie chez certains travailleurs <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Faible nombre de cas Étude de mortalité Comparaison avec la population générale Peu de covariables considérées (contaminants chimiques) |
| Villeneuve <i>et al.</i> , 2002, Canada | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 543 travailleurs de 8 provinces canadiennes ayant souffert de cancer du cerveau. Recensés de Santé Canada et des registres provinciaux de cancers entre 1994 et 1997. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 543 travailleurs choisis au hasard de la carte d'assurance maladie, par <i>random digit-dialling</i>. Appariés pour l'âge et le sexe . | <ul style="list-style-type: none"> Matrice emploi/exposition au CM basée sur un jugement d'experts en se référant sur les données de la littérature et les mesures pour les emplois dont on n'avait pas les données. 3 seuils : < 0,3; 0,3-0,6 et $\geq 0,6$ μT Exposition cumulative au CM : moyenne pondérée par le temps | <ul style="list-style-type: none"> Radiations ionisantes Chlorure de vinyle Herbicides Pesticides | <p>Exposition au CM dans les professions (dernier emploi) :</p> <ul style="list-style-type: none"> Cancer du cerveau <ul style="list-style-type: none"> $\geq 0,3$-< 0,6 μT OR = 1,13 (0,72-1,79) $\geq 0,6$ μT OR = 1,50 (0,69-3,28) Glioblastome multiforme <ul style="list-style-type: none"> $\geq 0,3$-< 0,6 μT OR = 1,99 (0,83-4,81) $\geq 0,6$ μT OR = 12,59 (1,50-105,6) <p>Exposition au CM dans les professions (premier emploi) :</p> <ul style="list-style-type: none"> Cancer du cerveau <ul style="list-style-type: none"> $\geq 0,3$-< 0,6 μT OR = 0,89 (0,57-1,37) $\geq 0,6$ μT OR = 1,72 (0,80-3,66) Glioblastome multiforme <ul style="list-style-type: none"> $\geq 0,3$-< 0,6 μT OR = 1,21 (0,55-2,66) $\geq 0,6$ μT OR = 4,81 (0,94-24,71) <p>Moyenne d'exposition au CM élevée dans les professions :</p> <ul style="list-style-type: none"> Cancer du cerveau <ul style="list-style-type: none"> $\geq 0,3$-< 0,6 μT OR = 1,12 (0,83-1,51) $\geq 0,6$ μT OR = 1,33 (0,75-2,36) Glioblastome multiforme <ul style="list-style-type: none"> $\geq 0,3$-< 0,6 μT OR = 1,48 (0,89-2,47) $\geq 0,6$ μT OR = 5,36 (1,16-24,78) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Bonne taille de l'échantillon Taux de participation moyen des cas (63 %) et témoins (65 %) Type histologique spécifié Cas incidents utilisés (registre) <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Effectif faible pour les expositions élevées. Pas de dosimétrie (estimation basée sur des évaluations d'experts) |

Tableau 3.5 Études épidémiologiques sur l'association cancer du cerveau chez l'adulte et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|---|--|--|---|--|--|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| Wrench <i>et al.</i> , 1999, États-Unis | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 492 adultes avec gliomes de 1991 à 1994, ayant vécu au moins 3 mois et au plus 15 ans avant le diagnostic, dans une résidence dans la région de San Francisco. Recensés de la population de cette région par le centre du cancer de la Californie du Nord. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 462 adultes choisis au hasard du bottin téléphonique et ayant vécu au moins 3 mois et au plus 15 ans avant l'entrevue, dans une résidence dans la région de San Francisco. Appariés pour âge (intervalle entre groupes : 5 ans), sexe et race (blanc, noir, latin, asiatique et autres) | <ul style="list-style-type: none"> Mesures ponctuelles de CM et de champ électrique par moniteur EMDEX II, dans les résidences (cuisine, chambre principale et lits) et autour des résidences (devant la porte et aux 4 coins de la résidence) Caractéristiques des lignes à haute tension, de transformation et de sous-stations à l'intérieur d'un rayon de 46 m des résidences Codification du réseau électrique selon les méthodes de Wertheimer-Leeper et Kaune-Savitz | <ul style="list-style-type: none"> Âge Sexe Race Propriétaire de la résidence | <p>Gliomes (résidence la plus longtemps utilisée)</p> <ul style="list-style-type: none"> CM et moniteur devant la porte de la résidence : (niveau de référence : CM \leq 0, 1 μT) <ul style="list-style-type: none"> Si CM = 0,1-0,2 μT OR = 0,97 (0,7-1,4) Si CM > 0,2-0,3 μT OR = 0,6 (0,3-1,1) Si CM > 0,3 μT OR = 1,7 (0,8-3,6) Codification de Wertheimer-Leeper : <ul style="list-style-type: none"> Catégorie <i>ordinary low</i> OR = 0,9 (0,6-1,2) Catégorie <i>ordinary high</i> OR = 1,0 (0,7-1,4) Catégorie <i>very high</i> OR = 0,7 (0,5-1,1) Codification de Savitz : <ul style="list-style-type: none"> Catégorie <i>medium</i> OR = 1,1 (0,9-1,5) Catégorie <i>high</i> OR = 0,9 (0,7-1,3) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Taux de participation élevé parmi les cas (82 %) Étude de population <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Taux de participation moyen parmi les témoins (63 %) Pas de mesure de CM et de CE en milieu de travail Peu de facteurs de confusion pris en compte |

Tableau 3.6 Étude épidémiologique sur l'association cancer du sein et exposition aux champs électromagnétiques

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|--|---|--|---|---|---|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| Kliukiene <i>et al.</i> , 1999, Norvège | <ul style="list-style-type: none"> Étude de cohorte comprenant 1 177 129 femmes ayant déclaré un emploi hors de la maison lors d'au moins un des 3 recensements (1960, 1970 et 1980). Suivi du cancer effectué de 1961 à 1992 et évalué par numéro d'identification personnelle et registre norvégien de cancers. | <ul style="list-style-type: none"> Évaluation de l'exposition au CM par un groupe d'experts se basant sur le nombre d'heures d'exposition > 0,1 μT en milieu de travail. Matrice emploi/exposition au CM provenant de mesures personnelles chez 1098 hommes suédois, âgés de 20-64 ans, pendant 1 jour de travail (Flodéus <i>et al.</i>, 1996). <p>Trois seuils utilisés : 0,8; 1,4 et 3,0 μT-années</p> | <ul style="list-style-type: none"> Âge Période de temps (1961-1970, 1971-1980 et 1981-1992) Statut socioéconomique (en fonction de la profession de la femme) | <p>Cancer du sein :</p> <ul style="list-style-type: none"> Exposition cumulative au CM (catégorie de référence : 0,1-0,8 μT-années) <ul style="list-style-type: none"> 0,9-1,4 μT-années RR = 1,07 (1,03-1,12) 1,5-3,0 μT-années RR = 1,12 (1,07-1,17) > 3,0 μT-années RR = 1,08 (1,01-1,16) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Étude de cohorte prospective Bonne taille de l'échantillon <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Peu de facteurs de confusion pris en considération Mesures personnelles de CM effectuées sur des hommes, en Suède. |
| Forssén <i>et al.</i> , 2000, Suède | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 767 femmes âgées d'au moins 16 ans entre 1960 et 1985, enregistrées dans le registre suédois de cancer et ayant vécu pendant au moins 1 an dans une résidence située à moins de 300 m des lignes de haute tension de 220 ou 400 kV. Recensés d'une cohorte de 215 820 femmes. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 766 femmes choisies au hasard à partir de la même cohorte. Appariés pour l'âge et le lieu de résidence. | <ul style="list-style-type: none"> Exposition au CM dans la résidence estimée par : hauteur des pylônes, distance entre pylônes, distance entre phases, ordre des phases, distance entre lignes à haute tension et résidence et charge moyenne des lignes à haute tension au cours de l'année de référence. Matrice emploi/exposition au CM provenant de mesures chez des hommes dans plusieurs professions portant un moniteur au cours d'une journée de travail (Flodéus <i>et al.</i>, 1993, 1996). Trois catégories d'emploi créées dans la cohorte selon les activités professionnelles. | <ul style="list-style-type: none"> Statut socioéconomique (en fonction de la profession de la femme ou du mari) Fumée de moteur à essence Benzène Substances contenues dans l'huile Solvants Fumée de soudure | <p>Cancer du sein :</p> <p>(catégorie de référence : < 0,10 μT en résidence et 0,12 μT en milieu de travail)</p> <ul style="list-style-type: none"> Exposition dans la résidence : \geq 0,10 μT et en milieu de travail : < 0,12 μT OR = 0,5 (0,1-2,9) Exposition dans la résidence : < 0,10 μT et en milieu de travail : \geq 0,12 μT OR = 1,0 (0,5-1,2) Exposition dans la résidence : \geq 0,10 μT et en milieu de travail : \geq 0,12 μT OR = 0,9 (0,3-2,7) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Très bonne taille de l'échantillon mais faible nombre de sujets pour les expositions considérées Biais de sélection évités avec la méthodologie de l'étude de cohorte. Exposition au CM au travail et à la maison considérée. Plusieurs covariables prises en compte. <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Matrice emploi/exposition CM chez des hommes Dernière profession avant le diagnostic considérée |

Tableau 3.6 Étude épidémiologique sur l'association cancer du sein et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|--|--|--|---|---|--|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| Van Wijngaarden <i>et al.</i> , 2001, États-Unis | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 843 femmes âgées de 20-74 ans, ayant travaillé dans 24 territoires du Centre et de l'Est de la Caroline du Nord et diagnostiquées d'un cancer invasif du sein entre 1993 et 1995. Recensés du registre central de cancer de la Caroline du Nord. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 773 femmes choisies au hasard des listes de Division of Motor Vehicles (< 65 ans) et Health Care Financing Administration (≥ 65 ans). Appariés pour race et groupe d'âge. | <ul style="list-style-type: none"> Mesures du CM par AMEX 3-D chez 202 femmes occupant une des 6 catégories d'emploi suivantes : <ul style="list-style-type: none"> travailleurs de bureau infirmiers et techniciens de santé travailleurs dans les industries, programmeurs et techniciens, enseignants et administrateurs en milieu scolaire autres types d'emploi Estimation de l'exposition cumulative au CM à partir de 2 emplois ayant la plus longue durée d'embauche. | <ul style="list-style-type: none"> Race (noir, autre) Âge | <p>Cancer du sein (exposition totale) : (catégorie de référence : 0-0,59 µT-années)</p> <ul style="list-style-type: none"> Récepteur d'estrogènes positif et préménopause : <ul style="list-style-type: none"> > 0,59-0,90 µT-années OR = 1,6 (1,0-2,5) > 0,90-1,27 µT-années OR = 0,8 (0,5-1,4) > 1,27-2,43 µT-années OR = 1,4 (0,8-2,7) > 2,43 µT-années OR = 1,5 (0,6-3,6) Récepteur d'estrogènes positif et postménopause : <ul style="list-style-type: none"> > 0,59-0,90 µT-années OR = 0,8 (0,5-1,3) > 0,90-1,27 µT-années OR = 1,1 (0,7-1,8) > 1,27-2,43 µT-années OR = 0,7 (0,5-1,2) > 2,43 µT-années OR = 1,1(0,6-1,8) Récepteur d'estrogènes négatif et préménopause : <ul style="list-style-type: none"> > 0,59-0,90 µT-années OR = 1,6 (1,0-2,5) > 0,90-1,27 µT-années OR = 0,9 (0,5-1,5) > 1,27-2,43 µT-années OR = 0,9 (0,5-1,8) > 2,43 µT-années OR = 0,7 (0,3-2,0) Récepteur d'estrogènes négatif et postménopause : <ul style="list-style-type: none"> > 0,59-0,90 µT-années OR = 1,8 (0,9-3,4) > 0,90-1,27 µT-années OR = 1,6 (0,8-3,1) > 1,27-2,43 µT-années OR = 1,2 (0,6-2,3) > 2,43 µT-années OR = 1,3 (0,6-2,8) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Bonne taille de l'échantillon Mesures d'exposition au CM par dosimétrie dans 1 échantillon de participantes Échantillonnage à partir de la population <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Histoire professionnelle limitée aux 2 emplois de longue durée Considération uniquement de la moyenne Peu de facteurs de confusion considérés |
| Davis <i>et al.</i> , 2002, États-Unis | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 813 femmes âgées de 20-74 ans, de race blanche, résidentes des territoires de King ou Snohomish et avec diagnostic d'un cancer du sein entre 1992 et 1995. Recensés du système de surveillance du centre de recherche des cancers de Fred Hutchinson. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 793 femmes de même race, vivant dans les mêmes territoires et choisies par échantillonnage par numéros aléatoires. Appariés par groupe d'âge et territoire de résidence. | <ul style="list-style-type: none"> Évaluation du potentiel d'exposition au CM des résidences occupées selon : environnement électrique extérieur, chauffage des résidences et utilisation des électroménagers Dosimétrie personnelle de 48 h avec EMDEX II et mesures des niveaux de lumière dans la chambre de la résidence actuelle de chaque femme Répertoire des installations électriques situées à 42,98 m de la résidence actuelle et autres résidences occupées pendant au moins 6 mois (10 ans avant le diagnostic) dans la région métropolitaine de Greater Seattle (territoires de King, Pierce et Snohomish). | <ul style="list-style-type: none"> Nombre de grossesses Âge à la première grossesse Cancer du sein de la mère/sœur (< 45 ans) Ovariectomie bilatérale précoce Utilisation des contraceptifs oraux Investigations gastro-intestinales supérieures Tabagisme Consommation d'alcool (femmes préménopausées) Hormones de substitution (femmes postménopausées) Statut socioéconomique (revenu, scolarité et téléphone dans la résidence) | <p>Cancer du sein</p> <ul style="list-style-type: none"> Dosimétrie personnelle de 48 h (moyenne arithmétique de CM la nuit : 22 h-5 h) (catégorie de référence : < 0,020 µT) <ul style="list-style-type: none"> 0,020-< 0,037 µT OR = 1,0 (0,7-1,3) 0,037-< 0,073 µT OR = 0,9 (0,7-1,2) ≥ 0,073 µT OR = 0,9 (0,7-1,3) Codification de Wertheimer-Leeper <ul style="list-style-type: none"> catégorie <i>underground</i> OR = 1,0 (0,7-1,3) catégorie <i>ordinary low</i> OR = 0,9 (0,6-1,3) catégorie <i>ordinary high</i> OR = 1,1 (0,8-1,5) catégorie <i>very high</i> OR = 0,8 (0,5-1,3) CM provenant de l'utilisation des électroménagers 10 ans avant le diagnostic (catégorie de référence : < 0,0062 T) <ul style="list-style-type: none"> 0,0062-< 0,0105 T OR = 1,3 (0,9-1,7) 0,0105-< 0,0171 T OR = 1,0 (0,8-1,4) ≥ 0,0171 T OR = 1,1 (0,8-1,5) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Estimation du CM par dosimétrie personnelle pour 48 h. Bon taux de participation des cas (78 %) et témoins (75 %) Plusieurs covariables considérées <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Pas d'information sur les médicaments réduisant les taux de mélatonine nocturnes dans le sang Non prise en compte de l'exposition en milieu de travail CM faible |

Tableau 3.6 Étude épidémiologique sur l'association cancer du sein et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|--|--|---|---|---|---|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| Labrèche <i>et al.</i> , 2003, Canada (Montréal) | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 608 femmes à l'emploi postménopausées, avec diagnostic de néoplasie primaire du sein entre 1966 et 1997. Recensés au département de pathologie et du registre de cancer de 18 hôpitaux du grand Montréal. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 667 femmes avec 32 types différents de cancer, sélectionnées selon la même période de temps et le même hôpital. Appariés approximativement pour l'hôpital et l'âge. | <ul style="list-style-type: none"> Évaluation de l'exposition historique au CM au travail par un comité d'hygiénistes à partir du questionnaire passé aux sujets Quatre catégories d'intensité d'exposition : <ul style="list-style-type: none"> < 0,2 µT low : 0,2-< 0,5 µT medium : 0,5-< 1,0 µT high : 1,0-10 µT Durée de l'exposition en heures par jour de travail Évaluation pour : <ul style="list-style-type: none"> vie entière période de 10 ans avant le diagnostic exposition avant l'âge de 35 ans | <ul style="list-style-type: none"> Histoire familiale Éducation Ethnie Alcool Tabagisme <p>Covariables (suite) ↓</p> <ul style="list-style-type: none"> Âge au moment du diagnostic Indice de masse corporelle Âge aux premières menstruations Utilisation de contraceptif Âge à la première grossesse complétée Durée d'allaitement Âge à l'oophorectomie (amputation chirurgicale des ovaires) Durée de l'hormonothérapie de remplacement Emploi dans l'industrie du textile ou autre emploi avec exposition à divers composés cancérigènes | <p>Résultats majoritairement non significatifs</p> <p>Exposition <i>medium</i> et <i>high</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> Exposition vie entière : OR = 1,13 (0,94-1,35) Exposition avant l'âge de 35 ans : OR = 1,40 (0,98-2,02) Exposition avant l'âge de 35 ans : OR = 1,56 (1,02-2,39) (avec récepteur de tumeur progestérone positif) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Bon taux de participation Design de l'étude permet de couvrir l'ensemble de la population Plusieurs covariables prises en compte <p>Points faibles</p> <ul style="list-style-type: none"> Pas de mesure de CM Classification de l'exposition possiblement erronée Médication non prise en compte |
| Zhu <i>et al.</i> , 2003, États-Unis | <p>Étude cas-témoin chez une population africaine des É.U. âgée de 20 à 64 ans visant à étudier l'effet des appareils électriques selon le statut ménopausique et le statut des récepteurs d'estrogènes des tumeurs.</p> <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 304 femmes avec diagnostic de cancer du sein entre 1995 et 1998 Recensés d'après le registre de cancers du Tennessee. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 305 femmes africaines des É.U. Appariés par âge (écart 5 ans) et comté Sélectionnés par appel téléphonique aléatoire | <ul style="list-style-type: none"> Utilisation d'appareils électriques chauffants au lit : couverture chauffante, coussin chauffant, lit d'eau chauffant (entrevue téléphonique) Nombre de fois par année Moyenne de mois par année Mode d'utilisation | <ul style="list-style-type: none"> Âge Statut marital Niveau d'éducation <p>Covariables (suite) ↓</p> <ul style="list-style-type: none"> Analyse ajustée pour : <ul style="list-style-type: none"> religion tabagisme activité physique âge premières menstruations âge des premières relations âge à la première naissance historique de maladie bénigne du sein statut ménopausique revenu familial alcool indice de masse corporelle durée du cycle menstruel nombre de grossesses histoire familiale du cancer du sein utilisation de comprimés d'estrogène | <p>RÉSULTAT (IC à 95 %)</p> <ul style="list-style-type: none"> L'analyse pour chacune des méthodes d'estimation de l'exposition démontre une légère augmentation du RR mais non significatif en lien avec l'utilisation d'un appareil chauffant : RR = 1,4 (0,9-2,2) Risque significatif si le nombre d'années d'utilisation > 10 ans avec tendance significative pour une relation dose-réponse avec nombre d'années d'utilisation : RR = 4,9 (1,5-15,6) Risque significatif avec le mode d'utilisation, c'est-à-dire, appareil utilisé la plupart du temps : RR = 1,9 (1,0-3,7) | <p>Points forts</p> <ul style="list-style-type: none"> Confirmation du diagnostic par analyse d'échantillon de tissu <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Biais de rappel sur l'historique d'utilisation des couvertures et appareils électriques Classification de l'exposition possiblement erronée Pas de mesure de CEM Biais de sélection possibles des participants |

Tableau 3.6 Étude épidémiologique sur l'association cancer du sein et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|---|--|--|--|--|--|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| Schoenfeld <i>et al.</i> , 2003, États-Unis | <p>Population éligible pour cette étude (Breast Cancer on Long Island Study [EBCLIS]) issue d'un sous-groupe d'une étude populationnelle (The Long Island Breast Cancer Study Project [LIBCSP]).</p> <p>EBCLIS :</p> <p>Cas et témoins participant dans la même période afin de considérer l'effet des saisons.</p> <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 576 femmes < 75 ans et avec diagnostic de cancer du sein qui ont vécu dans leur résidence pour une période d'au moins 15 ans. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 585 femmes sélectionnées aléatoirement par téléphone. | <p>Entrevue directe : historique résidentielle et exposition aux CEM (câblage, rénovation, exposition en milieu de travail, exposition à la lumière, utilisation d'appareils électriques).</p> <p>Mesures des CEM dans la résidence :</p> <ul style="list-style-type: none"> mesures ponctuelles : porte avant, centre des chambres occupées 24 h dans la chambre et salle familiale (EMDEX II) mesure du courant de mise à la terre <p>Configuration électrique :</p> <ul style="list-style-type: none"> code Wertheimer-Leeper code Kaune-Savitz | <ul style="list-style-type: none"> Âge Nombre d'enfants Historique familiale de cancer du sein Historique de maladie bénigne du sein Éducation | <p>Analyse pour chacune des méthodes d'estimation de l'exposition ne démontrant aucune association significative (valeurs brutes ou ajustées).</p> <ul style="list-style-type: none"> Si exposition personnelle $\geq 0,2 \mu\text{T}$: OR = 1,08 (0,77-1,51) Mesure du code Kaune-Savitz, catégorie haute <i>versus</i> basse : OR = 1,08 (0,72-1,61) | <p>Points forts:</p> <ul style="list-style-type: none"> Échantillonnage représentatif Diverses méthodes d'évaluation de l'exposition Bon taux de participation <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Biais de sélection possibles car on ne connaît pas les saisons de non participation dans l'étude initiale. Mesures de l'exposition récente et non passée. |
| Kabat <i>et al.</i> , 2003, États-Unis | <p>Population issue d'un sous-groupe de 2 autres études populationnelles: The Long Island Breast Cancer Study Project (LIBCSP) et le Breast cancer on Long Island Study (EBCLIS)</p> <p>LIBCSP :</p> <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 1354 femmes avec diagnostic de cancer du sein primaire ou de type invasif de la mi-1996 à la mi-1997 <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 1426 témoins de population appariés pour l'âge. <p>EBCLIS :</p> <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 576 femmes avec diagnostic de cancer du sein qui ont vécu dans leur résidence pour une période d'au moins 15 ans. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 585 témoins de population appariés pour l'âge. | <p>LIBCSP :</p> <p>La fréquence d'utilisation de la couverture électrique a été évaluée par questionnaire en précisant : l'âge lors de la 1^{re} utilisation, la fréquence d'utilisation, l'utilisation directe ou en préchauffage, le nombre d'heures d'utilisation par jour.</p> <p>EBCLIS :</p> <p>Un questionnaire précise de plus : si utilisation toute la nuit, la sélection de la température, le chauffage de la résidence et l'ouverture des fenêtres de la résidence, année d'achat de la couverture < ou > à 1989, utilisation d'autres appareils électriques à la résidence et au travail.</p> <p>Analyse en variable continue ou dichotomisée < 90 fois/an ou 90-365 fois/an.</p> | <ul style="list-style-type: none"> Âge au moment du diagnostic Parité (nombre de naissances vivantes) Niveau d'éducation Histoire familiale de cancer du sein au 1^{er} degré Historique de tumeur bénigne du sein Statut ménopausique Indice de masse corporelle Statut des récepteurs hormonaux (ER, PR) | <p>Analyse des deux groupes EBCLIS et LIBCSP ne démontrant aucune association significative entre l'utilisation de couverture chauffante et le cancer du sein.</p> <p>OR non significatifs, variant le plus souvent de 0,9 à 1,2, entre les catégories ayant utilisé des couvertures chauffantes.</p> <p>Pas de différence selon le statut ménopausique</p> | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Échantillonnage représentatif Plusieurs covariables prises en compte <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Pas de mesure des CM des couvertures électriques chauffantes Biais de rappel sur l'utilisation des couvertures Pas d'analyse possible selon la saison d'utilisation (ex. : hiver) |

Tableau 3.6 Étude épidémiologique sur l'association cancer du sein et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|---|--|--|---|---|--|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| London <i>et al.</i> , 2003, États-Unis | <p>Étude cas-témoins issue d'une cohorte (Kolonel, 2000) de 52 112 femmes américaines d'origine africaine, latino et caucasienne de la région de Los Angeles.</p> <p>Cas:</p> <ul style="list-style-type: none"> 751 femmes avec diagnostic de cancer du sein entre 1993 et 1999 provenant du registre de cancer de Los Angeles (Surveillance Epidemiology and End Results) <p>Témoins:</p> <ul style="list-style-type: none"> 702 femmes sans historique de cancer du sein échantillonnées aléatoirement parmi la cohorte. Appariement de fréquences selon l'ethnicité | <ul style="list-style-type: none"> Estimation indirecte de l'exposition résidentielle au CM au cours des 10 ans précédant le diagnostic par l'utilisation de la codification de la configuration électrique de Wertheimer et Leeper modifiée par Savitz et Kleinerman. <p>Cinq catégories identifiées :</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>very low</i> <i>underground</i> <i>ordinary low</i> <i>ordinary high</i> <i>very high</i> <ul style="list-style-type: none"> Mesure du CM chez 633 participantes dans la chambre à coucher à l'aide de l'EMDEX II METER sur une période de 7 jours : <ul style="list-style-type: none"> mesure du CM de 60 Hz mesure des harmoniques proportions du temps $\geq 4 \mu\text{T}$ taux de variation métrique proposé par Wilson | <ul style="list-style-type: none"> Âge à la 1^{re} naissance Nombre d'enfants Âge aux 1^{res} menstruations Statut ménopausique Âge à la ménopause Hormonothérapie de remplacement Histoire de cancer du sein chez la mère ou la sœur Consommation d'alcool | <ul style="list-style-type: none"> Pas d'association observée lorsque utilisation de la codification électrique pour la résidence au moment du diagnostic <i>Very high</i> : OR = 0,76 (0,49-1,18) Pas d'association observée lorsque utilisation de la codification électrique pour résidences 10 ans précédant le diagnostic <i>Very high</i>: OR = 0,84 (0,50-1,43) Pas d'association observée avec les mesures d'exposition par quartiles ou catégories d'exposition Pas d'association observé si mesure $\geq 4 \mu\text{T}$: OR = 1,05 (0,66-1,67) Pas d'association observée pour la mesure des harmoniques du CM par quartiles ou catégories d'exposition. | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Données populationnelles issues du registre de cancer de la Californie limitant les biais de sélection Taille d'échantillonnage Mesure du CM dans la chambre à coucher Prise en compte de plusieurs covariables <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Non considération de l'exposition en milieu de travail Faible effectif pour le groupe plus exposé Considération de l'exposition 10 ans antérieurs au diagnostic alors que la période étiologique peut être antérieure |
| Kliukiene <i>et al.</i> , 2004, Norvège | <p>Cohorte de personnes résidant le long de lignes à haute tension étudiée par Tynes (2003) avec autre maladie (mélanome)</p> <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 1830 femmes âgées de 16 ans et plus, ayant vécu au moins 1 année près d'une ligne à haute tension (33-420 kV) avec diagnostic de cancer du sein de 1980 à 1996. Confirmation pathologique chez 99 % des cas. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 3658 femmes choisies au hasard à partir de la cohorte avec les critères suivants : pas de cancer du sein et vivant au moment du diagnostic du cas. Appariés pour l'âge (plus ou moins 5 ans) et pour la municipalité. | <ul style="list-style-type: none"> Estimation de l'exposition résidentielle au CM provenant des lignes à haute tension près du bâtiment. <p>Le calcul considère la hauteur des pylônes, la distance entre les phases, l'ordre des phases, la distance entre la ligne et la résidence, la moyenne de charges électriques des lignes à haute tension par année d'enrôlement d'un sujet et les variations de configuration des lignes à haute tension.</p> <p>Deux seuils :</p> <p>TWA = 0,05 et 0,20 μT</p> <ul style="list-style-type: none"> Estimation de l'exposition en milieu de travail par un groupe d'experts en fonction du nombre d'heures par semaine dans un emploi avec un CM $> 0,1 \mu\text{T}$. <p>Trois seuils :</p> <ul style="list-style-type: none"> catégorie 1 = < 4 h/semaine catégorie 2 = > 4-< 24 h/semaine catégorie 3 = > 24 h/semaine | <ul style="list-style-type: none"> Information sur les récepteurs d'estrogènes obtenue chez 44 % des cas Données sur la fertilité (âge à la naissance du 1^{er} enfant) Niveau d'éducation Type de résidence | <ul style="list-style-type: none"> Avec exposition résidentielle $> 0,05 \mu\text{T}$ OR = 1,58 (1,30-1,92) Avec exposition résidentielle $> 0,2 \mu\text{T}$ OR = 1,38 (1,04-1,83) Pas de modification des résultats selon les récepteurs d'estrogènes (+ ou -) entre groupes exposé et non exposé en milieu résidentiel Exposition occupationnelle au CM la plus élevée : OR = 1,13 (0,91-1,40) Exposition combinée en milieu résidentiel et au travail : pas de risque significatif | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Données populationnelles issues du registre de cancer et données statistiques de la Norvège limitant les biais de sélection <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Pas de mesure de CM Classification possiblement erronée pour l'exposition à la résidence ou au travail |

Tableau 3.6 Étude épidémiologique sur l'association cancer du sein et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|---------------------------------------|---|--|--|--|---|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| Pollán <i>et al.</i> , 2001, Suède | <ul style="list-style-type: none"> Cohorte de 1 779 646 travailleurs manuels et non manuels, suivis de 1971 à 1989 et provenant du recensement de 1970. Le suivi de l'apparition de la maladie chez des personnes se fait par le registre suédois de cancer lié à l'environnement. Comparaison de mortalité avec groupe de faible exposition | <ul style="list-style-type: none"> Matrice emploi/exposition au CM provenant de mesures chez plus de 1000 travailleurs portant le dosimètre pendant 6,8 heures en moyenne. (Flodérus <i>et al.</i>, 1997, 1999) Niveau d'exposition au CM des 100 principaux emplois résultant d'au moins 4 mesures indépendantes (sauf pour 10 professions supplémentaires ayant moins de 4 mesures). Exposition au CM évaluée par la moyenne géométrique des valeurs médiane et moyenne journalière. Résultats basés sur la moyenne géométrique des moyennes arithmétiques journalières. <p>Ensuite, on a défini 5 niveaux d'exposition avec des seuils et analyses selon : 25^e (groupe de référence), 50^e, 75^e et 90^e percentiles</p> | <ul style="list-style-type: none"> Âge Période d'étude Catégorie géographique | <p>Cancer du sein :</p> <ul style="list-style-type: none"> Moyenne géométrique des moyennes arithmétiques journalières de CM pour l'exposition au travail : (niveau de référence : $\leq 0,12 \mu\text{T}$) <ul style="list-style-type: none"> $> 0,12-0,16 \mu\text{T}$ OR = 1,37 (0,95-1,98) $> 0,16-0,22 \mu\text{T}$ OR = 1,25 (0,82-1,91) $> 0,22-0,30 \mu\text{T}$ OR = 1,64 (1,03-2,61) $> 0,30 \mu\text{T}$ OR = 0,92 (0,53-1,60) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Échantillonnage représentatif Plusieurs covariables prises en compte <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Pas de mesure des CM des couvertures électriques chauffantes Biais de rappel sur l'utilisation des couvertures Pas d'analyse possible selon la saison d'utilisation (ex. : hiver) |

Tableau 3.7 Étude épidémiologique de divers cancers chez l'adulte et exposition aux champs électromagnétiques

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|--|--|---|--|---|---|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | |
| Baumgardt-Elms <i>et al.</i> , 2002, Allemagne | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 269 hommes âgés de 25-69 ans, résidant dans 5 régions allemandes (Hamburg, Bremen, Essen, Saarbrücken et Saarland) avec diagnostic de séminome ou de non-séminome, de 1995 à 1997. Recensés au Département de clinique et de pathologie de chaque région et au registre de cancer de Hambourg. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 797 hommes choisis au hasard du registre de résidence de chaque région. Appariés par groupe d'âge et région de résidence. | <ul style="list-style-type: none"> Considération de 5 catégories d'exposition au CM en milieu de travail selon la proximité de : <ul style="list-style-type: none"> environnement électrique complexe ou travail en face d'un écran lignes à haute tension machines électriques émetteurs de radiofréquences et unités radars Calculs de scores d'exposition en tenant compte de la durée d'exposition (années) et de la distance de la source (m) du CM. Utilisation de tertiles en fonction de la distribution des scores d'exposition au CM chez les témoins. Évaluation par des experts de l'exposition au radar dans des professions et des industries à risque | <ul style="list-style-type: none"> Âge Région de résidence Niveau socioéconomique | <p>Cancer des testicules (Catégorie de référence : jamais exposé)</p> <ul style="list-style-type: none"> Travail en face d'un écran <ul style="list-style-type: none"> 1^{er} tertile OR = 0,9 (0,59-1,4) 2^e tertile OR = 1,0 (0,66-1,49) 3^e tertile OR = 0,8 (0,51-1,23) Travail à proximité des lignes à haute tension <ul style="list-style-type: none"> 1^{er} tertile OR = 0,4 (0,11-1,31) 2^e tertile OR = 1,1 (0,42-2,61) 3^e tertile OR = 0,5 (0,14-1,75) Travail à proximité des machines électriques <ul style="list-style-type: none"> 1^{er} tertile OR = 1,2 (0,75-1,79) 2^e tertile OR = 0,8 (0,52-1,35) 3^e tertile OR = 0,6(0,44-1,34) Travail à proximité d'émetteurs radiofréquence <ul style="list-style-type: none"> 1^{er} tertile OR = 1,0 (0,56-1,74) 2^e tertile OR = 0,7 (0,38-1,35) 3^e tertile OR = 0,9 (0,46-1,56) Travail à proximité des unités radars <ul style="list-style-type: none"> 1^{er} tertile OR = 1,4 (0,55-3,77) 2^e tertile OR = 0,5 (0,17-1,55) 3^e tertile OR = 0,9(0,36-2,19) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Bon taux de participation des cas (76 %) Étude de population avec utilisation de registre pour les cas et les témoins <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Faible taux de participation (57 %) parmi les témoins Peu de covariables considérées Pas de mesure de CM |

Tableau 3.7 Étude épidémiologique de divers cancers chez l'adulte et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|--|---------------------------|--|-------|-----------------------|-------|-----------------------|---------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|---------|-----------------------|---------------------------|--|-------|-----------------------|-------|-----------------------|---------|-----------------------|---------------------------|--|-------|-----------------------|-------|-----------------------|---------|-----------------------|--------------------------------|--|-------|-----------------------|-------|-----------------------|---------|-----------------------|--------------------------------|--|-------|-----------------------|-------|-----------------------|---------|-----------------------|--|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tynes <i>et al.</i> , 2003b, Norvège | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 807 hommes âgés d'au moins 16 ans, ayant vécu au moins 1 année près d'une ligne à haute tension (33-420 kV) avec diagnostic de mélanome malin de 1980 à 1996. Recensés du registre norvégien de cancer. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 1614 hommes choisis au hasard d'une cohorte. Appariés pour sexe, date de naissance et municipalité d'appartenance. | <ul style="list-style-type: none"> Estimation de l'exposition résidentielle par des mesures de CM provenant des lignes à haute tension autour du bâtiment. Le calcul considère la hauteur des pylônes, la distance entre les phases, l'ordre des phases, la distance entre la ligne à haute tension et la résidence, la moyenne de charges électriques des lignes à haute tension par année d'enrôlement d'un sujet et les variations de configuration des lignes à haute tension. Deux seuils : TWA = 0,05 et 0,20 μT Estimation de l'exposition en milieu de travail par un groupe d'experts en fonction du nombre d'heures par semaine dans un emploi avec un CM > 0,1 μT. Trois seuils : catégorie 1 = < 4 h/semaine catégorie 2 = > 4-24 h/semaine catégorie 3 = > 24 h/semaine | <ul style="list-style-type: none"> Statut socioéconomique (selon le niveau de scolarité) Type de bâtiment Nombre d'étages | <p>MELANOME MALIN</p> <ul style="list-style-type: none"> Milieu résidentiel (catégorie de référence : CM < 0,05 μT) <ul style="list-style-type: none"> TWA de la naissance (ou de 1967) au diagnostic <table border="0"> <tr><td>Si CM = 0,05-0,20 μT</td><td></td></tr> <tr><td>Homme</td><td>OR = 1,70 (0,96-3,01)</td></tr> <tr><td>Femme</td><td>OR = 2,01 (1,09-3,69)</td></tr> <tr><td>Général</td><td>OR = 1,85 (1,22-2,81)</td></tr> </table> Si CM \geq 0,20 μT <table border="0"> <tr><td>Homme</td><td>OR = 1,37 (0,77-2,44)</td></tr> <tr><td>Femme</td><td>OR = 2,68 (1,43-5,04)</td></tr> <tr><td>Général</td><td>OR = 1,87 (1,23-2,83)</td></tr> </table> TWA 5 ans avant le diagnostic <table border="0"> <tr><td>Si CM = 0,05-0,20 μT</td><td></td></tr> <tr><td>Homme</td><td>OR = 3,44 (1,84-6,42)</td></tr> <tr><td>Femme</td><td>OR = 2,51 (1,42-4,43)</td></tr> <tr><td>Général</td><td>OR = 2,91 (1,92-4,43)</td></tr> <tr><td>Si CM \geq 0,20 μT</td><td></td></tr> <tr><td>Homme</td><td>OR = 1,66 (1,03-2,68)</td></tr> <tr><td>Femme</td><td>OR = 2,95 (1,67-5,22)</td></tr> <tr><td>Général</td><td>OR = 2,10 (1,46-3,02)</td></tr> </table> Milieu de travail (catégorie de référence : < 4 h exposition/semaine) <table border="0"> <tr><td>Si 4-24 h d'exposition/semaine</td><td></td></tr> <tr><td>Homme</td><td>OR = 1,47 (0,75-2,94)</td></tr> <tr><td>Femme</td><td>OR = 0,92 (0,62-1,38)</td></tr> <tr><td>Général</td><td>OR = 1,05 (0,80-1,45)</td></tr> <tr><td>Si > 24 h d'exposition/semaine</td><td></td></tr> <tr><td>Homme</td><td>OR = 1,48 (0,72-3,05)</td></tr> <tr><td>Femme</td><td>OR = 1,27 (0,75-2,17)</td></tr> <tr><td>Général</td><td>OR = 1,22 (0,81-1,82)</td></tr> </table> | Si CM = 0,05-0,20 μ T | | Homme | OR = 1,70 (0,96-3,01) | Femme | OR = 2,01 (1,09-3,69) | Général | OR = 1,85 (1,22-2,81) | Homme | OR = 1,37 (0,77-2,44) | Femme | OR = 2,68 (1,43-5,04) | Général | OR = 1,87 (1,23-2,83) | Si CM = 0,05-0,20 μ T | | Homme | OR = 3,44 (1,84-6,42) | Femme | OR = 2,51 (1,42-4,43) | Général | OR = 2,91 (1,92-4,43) | Si CM \geq 0,20 μ T | | Homme | OR = 1,66 (1,03-2,68) | Femme | OR = 2,95 (1,67-5,22) | Général | OR = 2,10 (1,46-3,02) | Si 4-24 h d'exposition/semaine | | Homme | OR = 1,47 (0,75-2,94) | Femme | OR = 0,92 (0,62-1,38) | Général | OR = 1,05 (0,80-1,45) | Si > 24 h d'exposition/semaine | | Homme | OR = 1,48 (0,72-3,05) | Femme | OR = 1,27 (0,75-2,17) | Général | OR = 1,22 (0,81-1,82) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Bonne taille de l'échantillon Étude cas-témoin imbriquée dans une cohorte (biais de sélection limités) Cas incidents <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Peu de covariables considérées (rayons ultraviolets). Mesures grossières d'exposition au CM en milieu de travail |
| Si CM = 0,05-0,20 μ T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Homme | OR = 1,70 (0,96-3,01) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Femme | OR = 2,01 (1,09-3,69) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Général | OR = 1,85 (1,22-2,81) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Homme | OR = 1,37 (0,77-2,44) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Femme | OR = 2,68 (1,43-5,04) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Général | OR = 1,87 (1,23-2,83) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si CM = 0,05-0,20 μ T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Homme | OR = 3,44 (1,84-6,42) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Femme | OR = 2,51 (1,42-4,43) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Général | OR = 2,91 (1,92-4,43) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si CM \geq 0,20 μ T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Homme | OR = 1,66 (1,03-2,68) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Femme | OR = 2,95 (1,67-5,22) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Général | OR = 2,10 (1,46-3,02) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si 4-24 h d'exposition/semaine | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Homme | OR = 1,47 (0,75-2,94) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Femme | OR = 0,92 (0,62-1,38) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Général | OR = 1,05 (0,80-1,45) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si > 24 h d'exposition/semaine | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Homme | OR = 1,48 (0,72-3,05) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Femme | OR = 1,27 (0,75-2,17) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Général | OR = 1,22 (0,81-1,82) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tableau 3.7 Étude épidémiologique de divers cancers chez l'adulte et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEUR, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|--|--|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|---|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariable prise en considération | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Charles <i>et al.</i> , 2003, États-Unis | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 387 hommes ayant travaillé dans 5 compagnies américaines d'électricité pendant au moins 6 mois de 1950 à 1986 et décédés par cancer de prostate. Recensés d'une cohorte de 138 905 travailleurs. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 1935 travailleurs choisis au hasard de la même cohorte et indemnes de cancer de prostate. Appariés pour année de décès. | <ul style="list-style-type: none"> Matrice emploi/exposition du CM à partir de mesures chez des travailleurs portant un moniteur personnel (Loomis, 1997). 28 catégories d'emploi créées dans la cohorte originale selon les activités professionnelles 5 groupes d'exposition créés à partir de la moyenne arithmétique des catégories d'emploi : < 0,6; 0,6-< 1,3; 1,3-< 2,5; 2,5-< 4,4 et ≥ 4,4 µT-années Exposition cumulative = somme (intensité du CM x durée dans chaque emploi) | <ul style="list-style-type: none"> Âge Race Biphényles polychlorés Statut de travailleur actif | <p>Cancer de prostate</p> <ul style="list-style-type: none"> Exposition cumulative totale : (catégorie de référence : < 0,6 µT-années) <table border="0"> <tr> <td>0,6-< 1,3 µT-années</td> <td>OR = 1,19 (0,86-1,66)</td> </tr> <tr> <td>1,3-< 2,5 µT-années</td> <td>OR = 0,92 (0,66-1,30)</td> </tr> <tr> <td>2,5-< 4,4 µT-années</td> <td>OR = 1,15 (0,80-1,66)</td> </tr> <tr> <td>≥ 4,4 µT-années</td> <td>OR = 1,60 (1,07-2,40)</td> </tr> </table> Exposition cumulative 5 ans avant le décès : (catégorie de référence : < 0,6 µT-années) <table border="0"> <tr> <td>0,6-< 1,2 µT-années</td> <td>OR = 1,11 (0,79-1,55)</td> </tr> <tr> <td>1,2-< 2,4 µT-années</td> <td>OR = 0,95 (0,68-1,32)</td> </tr> <tr> <td>2,4-< 4,3 µT-années</td> <td>OR = 1,18 (0,82-1,70)</td> </tr> <tr> <td>≥ 4,3 µT-années</td> <td>OR = 1,55 (1,03-2,33)</td> </tr> </table> | 0,6-< 1,3 µT-années | OR = 1,19 (0,86-1,66) | 1,3-< 2,5 µT-années | OR = 0,92 (0,66-1,30) | 2,5-< 4,4 µT-années | OR = 1,15 (0,80-1,66) | ≥ 4,4 µT-années | OR = 1,60 (1,07-2,40) | 0,6-< 1,2 µT-années | OR = 1,11 (0,79-1,55) | 1,2-< 2,4 µT-années | OR = 0,95 (0,68-1,32) | 2,4-< 4,3 µT-années | OR = 1,18 (0,82-1,70) | ≥ 4,3 µT-années | OR = 1,55 (1,03-2,33) | <ul style="list-style-type: none"> Points forts : <ul style="list-style-type: none"> Biais de sélection évités avec la méthodologie de l'étude de cohorte. Estimation de l'exposition avec des mesures Type histologique spécifié Bonne taille de l'échantillon Points faibles : <ul style="list-style-type: none"> Certaines covariables non considérées (consommation d'alcool, tabagisme et alimentation) Cas décédés. |
| 0,6-< 1,3 µT-années | OR = 1,19 (0,86-1,66) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,3-< 2,5 µT-années | OR = 0,92 (0,66-1,30) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,5-< 4,4 µT-années | OR = 1,15 (0,80-1,66) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ≥ 4,4 µT-années | OR = 1,60 (1,07-2,40) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,6-< 1,2 µT-années | OR = 1,11 (0,79-1,55) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,2-< 2,4 µT-années | OR = 0,95 (0,68-1,32) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,4-< 4,3 µT-années | OR = 1,18 (0,82-1,70) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ≥ 4,3 µT-années | OR = 1,55 (1,03-2,33) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Weiderpass <i>et al.</i> , 2003, Finlande | <ul style="list-style-type: none"> Cohorte de 413 877 femmes travailleuses (183 titres d'emploi dans la catégorie col bleu) nées entre 1906 et 1945 et pour lesquelles un cancer du système gastro-intestinal a été diagnostiqué entre 1971 et 1995. Cancers évalués : œsophage, estomac, colon, rectum, foie, vésicule biliaire, pancréas. | <ul style="list-style-type: none"> Matrice emploi/exposition du CM, développée par le FINJEM Exposure Information System qui considère l'occupation, les types d'exposition et la période d'exposition. Moyenne d'exposition au CM estimée à 0,4 µT/24 h et seuil entre basse et haute exposition évalué à 0,8 µT/24 h. | <ul style="list-style-type: none"> Nombre de cas attendus stratifié par période de 5 ans et selon la classe sociale. Alcool (cancer de l'œsophage et du foie) et tabagisme (cancer du pancréas) considérés sur la base du titre d'emploi. Analyses ajustées selon le taux de renouvellement des sujets. | <p>Association significative observée pour les cancers suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> Estomac (exposition <i>medium/high</i>) : RR = 1,44 (1,01-2,05) Pancréas (exposition <i>medium/high</i>) : RR = 1,82 (1,18-2,81) Aucune association significative pour les autres types de cancer évalués. | <ul style="list-style-type: none"> Points forts : <ul style="list-style-type: none"> Biais de sélection évités avec la méthodologie de l'étude de cohorte. Taille de l'échantillon Points faibles : <ul style="list-style-type: none"> Covariables non considérées sur une base individuelle Pas de mesure de CM. Exposition évaluée selon la catégorie d'emploi. Évaluation de 7 sites de cancer pour 30 types d'exposition d'où la possibilité de faux positifs dans les associations observées. | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tableau 3.8 Étude épidémiologique sur l'association troubles de la reproduction et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEURS, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|-------------------------------------|---|---|--|---|--|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariables prises en considération | | |
| Li <i>et al.</i> , 2002, États-Unis | <ul style="list-style-type: none"> Étude de cohorte comprenant 1063 femmes ayant eu des avortements avant 20 semaines de grossesse et vivant dans les régions de San Francisco et voisines du territoire de San Mateo. 969 femmes retenues pour l'analyse finale Femmes ayant eu un test positif pour leur grossesse (< 10 semaines) au Kaiser Permanente Medical Care Program (KPMCP) de San Francisco ou au South San Francisco Facility d'octobre 1996 à octobre 1998. Suivi de la grossesse évalué par : base de données informatisées du KPMCP, dossier médical et téléphone. | <ul style="list-style-type: none"> Exposition personnelle au CM évaluée par dosimétrie EMDEX II de 24 h. Mesures effectuées chez les femmes avec une grossesse < 10 semaines. Mesures ponctuelles de CM au centre de : chambre principale, cuisine et autre chambre fréquemment utilisée par la femme. Mesures ponctuelles de CM à l'entrée de la résidence et à environ 15' autour de la résidence Mesures ponctuelles de CM hors de la résidence et à proximité de la chambre du participant Codification du réseau électrique selon la méthode de Wertheimer-Leeper | <ul style="list-style-type: none"> Avortements précédents Scolarité Âge de la mère Nombre de grossesses Race Tabagisme Facteurs de risque d'avortement connus | <p>Avortement :</p> <ul style="list-style-type: none"> Dosimétrie personnelle de 24 h de CM (catégorie de référence : < 1,6 μT) : <ul style="list-style-type: none"> Maximums d'exposition de 0-9 semaines $\geq 1,6 \mu$T RR = 2,2 (1,2-4,0) Maximums d'exposition de ≥ 10 semaines $\geq 1,6 \mu$T RR = 1,4 (0,8-2,5) Moyenne pondérée sur le temps $\geq 0,3 \mu$T RR = 1,2 (0,7-2,2) Somme de temps $\geq 1,6 \mu$T <ul style="list-style-type: none"> 16,0-107,9 μT-secondes RR = 1,7 (1,1-2,8) 108,0-475,9 μT-secondes RR = 1,8 (1,1-2,9) $\geq 476,0 \mu$T-secondes RR = 2,0 (1,2-3,1) Pas d'association avec les mesures ponctuelles et la codification Wertheimer-Leeper | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Étude de cohorte prospective Données de mesures de CM validées. Plusieurs facteurs de risque d'avortement pris en considération <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Faible taux de participation (39 %) Mesures tardives de l'exposition au CM par rapport à la période d'avortement. Mesures de CM de faible durée Pas d'information sur les sources exactes de CM |

Tableau 3.8 Étude épidémiologique sur l'association troubles de la reproduction et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEURS, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|--|--|---|---|--|---|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariables prises en considération | | |
| Lee <i>et al.</i> , 2002, États-Unis | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 177 femmes ayant eu des avortements avant 20 semaines de grossesse, âgées d'au moins 18 ans et membre du California Kaiser Permanente Medical Care Program. Recensés dans une cohorte de 3403 femmes enceintes (\leq 13 semaines) du Northern California KPMCP facilities de juin 1990 à novembre 1991 <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 550 femmes enceintes choisies au hasard à partir de la même cohorte. Pas d'appariement <p>Mesures à 30 semaines de grossesse pour l'ensemble des femmes (727) et mesures à 12 semaines pour 219 d'entre elles.</p> | <ul style="list-style-type: none"> Codification du réseau électrique selon la méthode de Wertheimer-Leeper Exposition personnelle au CM évaluée par dosimétrie EMDEX C de 24 h. Mesures effectuées à environ 30 semaines de la date de la dernière menstruation pour l'ensemble des femmes et à 12 semaines pour un sous-groupe. Mesures ponctuelles devant la porte de la résidence (à 12 et 30 semaines de la date de la dernière menstruation) Mesures ponctuelles dans la résidence (30 semaines de la date de la dernière menstruation) : centre de la cuisine, salon et chambre principale | <ul style="list-style-type: none"> Âge de la mère Nombre de semaines de grossesse à l'entrevue Histoire d'avortement foetal Nausées Race Revenu Scolarité Indice de masse corporelle Activité physique Perception de sa santé Consommation d'alcool/cigarette/café pendant la grossesse Saison Accessibilité aux services de soins | <p>AVORTEMENT</p> <ul style="list-style-type: none"> Dosimétrie personnelle de 24 h de CM (à 30 semaines de grossesse) <ul style="list-style-type: none"> <i>Time-weighted average</i> (catégorie de référence : $< 0,07 \mu\text{T}$) <ul style="list-style-type: none"> $0,07 < 0,09 \mu\text{T}$ OR = 1,7 (0,9-3,3) $0,09 < 0,13 \mu\text{T}$ OR = 1,7 (0,9-3,3) $> 0,13 \mu\text{T}$ OR = 1,7 (0,9-3,2) <i>Rate-of-change metric</i> (catégorie de référence : $< 0,04 \mu\text{T}$) <ul style="list-style-type: none"> $0,04 < 0,06 \mu\text{T}$ OR = 1,5 (0,8-3,1) $0,06 < 0,09 \mu\text{T}$ OR = 2,3 (1,2-4,4) $> 0,09 \mu\text{T}$ OR = 3,1 (1,6-6,0) <i>Maximum value</i> (catégorie de référence : $< 1,43 \mu\text{T}$) <ul style="list-style-type: none"> $1,43 < 2,34 \mu\text{T}$ OR = 1,4 (0,7-2,8) $2,34 < 3,50 \mu\text{T}$ OR = 1,9 (1,0-3,5) $\geq 3,50 \mu\text{T}$ OR = 2,3 (1,2-4,4) Mesures ponctuelles de CM (à 12 semaines de grossesse) <ul style="list-style-type: none"> Codification <i>Wertheimer-Leeper</i> <ul style="list-style-type: none"> <i>Very high</i> OR = 0 <i>Ordinary high</i> OR = 1,3 (0,39-4,20) <i>Ordinary low</i> OR = 1,5 (0,48-4,67) Devant la porte de la résidence (catégorie de référence : $< 0,2 \mu\text{T}$) <ul style="list-style-type: none"> $\geq 0,2 \mu\text{T}$ OR = 3,1 (1,0-9,7) <i>Time-weighted average</i> (catégorie de référence : $< 0,2 \mu\text{T}$) <ul style="list-style-type: none"> Résidence : $\geq 0,2 \mu\text{T}$ OR = 3,0 (1,1-8,4) Autre : $\geq 0,2 \mu\text{T}$ OR = 4,2 (1,5-11,4) Travail : $\geq 0,2 \mu\text{T}$ OR = 0 24 heures : $\geq 0,2 \mu\text{T}$ OR = 1,9 (0,6-6,1) <i>Rate-of-change metric</i> (24 h) (catégorie de référence : $< 0,07 \mu\text{T}$) <ul style="list-style-type: none"> $\geq 0,07 \mu\text{T}$ OR = 2,4 (0,9-6,6) <i>Maximum value</i> (24 heures) (catégorie de référence : $< 2,7 \mu\text{T}$) <ul style="list-style-type: none"> $\geq 2,7 \mu\text{T}$ OR = 2,6 (0,9-7,6) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Biais de sélection évités avec la méthodologie de l'étude de cohorte. Dosimétrie de 24 h incluant mesures de CM à la maison, au travail et ailleurs. <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Faible taux de participation (50 %) Faible échantillon ayant eu des mesures à 13 semaines. Mesures tardives de l'exposition au CM par rapport à la période d'avortement |

Tableau 3.8 Étude épidémiologique sur l'association troubles de la reproduction et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEURS, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|---|--|---|--|--|--|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariables prises en considération | | |
| Blaasaas <i>et al.</i> , 2003, Norvège | <ul style="list-style-type: none"> Cohorte auprès de 161 844 enfants dont la mère a demeuré durant la grossesse à proximité de lignes à haute tension (22 à 420 kV) durant la période de 1980 à 1997. 24 catégories de problèmes congénitaux ont été évalués dont : <ul style="list-style-type: none"> problèmes cardiaques problèmes du système respiratoire atteinte de l'œsophage | <ul style="list-style-type: none"> Résidences localisées à l'aide d'un système GIS à partir de cartes 1:5000. Estimation de l'exposition en fonction de la distance, du courant, de la tension et de la configuration de la ligne à haute tension Catégorie non exposée définie < 0,1 µT | <ul style="list-style-type: none"> Niveau d'éducation familial Lieu de naissance Âge de la mère Année de naissance | <ul style="list-style-type: none"> Pas d'association pour l'ensemble des malformations : OR = 0,92 (0,82-1,03) Parmi les 24 catégories d'effets évalués, on observe une association significative pour : <ul style="list-style-type: none"> Association négative : <ul style="list-style-type: none"> Problèmes cardiaques OR = 0,52 (0,32-086) Problèmes respiratoires OR = 0,39 (0,16-0,94) Association positive : <ul style="list-style-type: none"> Atteinte de l'œsophage OR = 2,47 (1,03-5,91) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Modélisation de l'exposition antérieure du CM en provenance des lignes à haute tension. <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Pas de mesure de CM individuelle et possibilité d'imprécision dans l'estimation des distances entre les résidences et les lignes à haute tension Précision de l'adresse de la mère seulement une fois par année Faible nombre de cas pour chacune des anomalies congénitales Considération des anomalies identifiées seulement au cours de la première semaine après la naissance |
| Blaasaas <i>et al.</i> , 2004, Norvège | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 465 naissances avec diagnostic au cours de la première semaine suivant la naissance des maladies suivantes : <ul style="list-style-type: none"> atteinte du système nerveux central problèmes cardiaques problèmes du système respiratoire atteinte de l'œsophage pieu bot Diagnostiqués durant les années 1980 et entre 1986 et 1997. Recensés dans le registre médical de la Norvège. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 930 naissances choisies au hasard Appariés pour le sexe, l'année de naissance et la municipalité. | <ul style="list-style-type: none"> Estimation de l'exposition au CM à l'aide d'un programme développé au SINTEF Energy en fonction de la proximité d'une ligne à haute tension (de 25 m pour une ligne à 25 kV et à 300 m pour une ligne à 420 kV) Une résidence est considérée exposée si : CM > 0,1 µT L'enfant est considéré exposé si la mère a vécu dans une résidence exposée pour plus de la moitié de sa grossesse. | <ul style="list-style-type: none"> Âge de la mère Niveau d'éducation familial | <ul style="list-style-type: none"> Aucune valeur significative n'est observée pour les pathologies étudiées. OR ajustés, les plus élevés sont observés pour : <ul style="list-style-type: none"> Hydroencéphalie : OR = 1,73 (0,26-11,64) Problèmes cardiaques : OR = 1,54 (0,89-2,68) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Modélisation de l'exposition antérieure du CM en provenance des lignes à haute tension. <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Pas de mesure de CM individuelle Précision de l'adresse de la mère seulement une fois par année Faible nombre de cas pour chacune des anomalies congénitales Considération des anomalies identifiées seulement au cours de la première semaine après la naissance |

Tableau 3.9 Étude épidémiologique sur l'association suicide et exposition aux champs électromagnétiques

| AUTEURS, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|--|---|--|---|--|---|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariables prises en considération | | |
| van Wijngaarden et al., 2000, États-Unis | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 536 hommes ayant travaillé dans 5 compagnies américaines d'électricité pendant au moins 6 mois de 1950 à 1986 et décédés par suicide. Recensés d'une cohorte de 138 905 travailleurs. <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 5348 travailleurs choisis au hasard de la même cohorte. Appariés pour année de naissance et race. | <ul style="list-style-type: none"> Matrice emploi/exposition au CM provenant de mesures chez 2842 travailleurs portant le moniteur AMEX pendant 1 jour de travail. 28 catégories d'emploi créées dans la cohorte originale selon les activités professionnelles. 5 groupes d'exposition créés à partir de la moyenne arithmétique des catégories d'emploi : 0,12; 0,21; 0,39; 0,62 et 1,27 μT | <ul style="list-style-type: none"> Statut socioéconomique (col blanc, col bleu) Exposition aux solvants évaluée par les experts des 5 compagnies (1,1,1trichloroéthane, acétone, tétrachlorure de carbone et varsol). Exposition aux rayons solaires. Lieu de la compagnie (Ouest É.-U. et Est É.-U.) Statut d'emploi (actif ou inactif) | <p>Suicide</p> <ul style="list-style-type: none"> Exposition cumulative totale au CM : (catégorie de référence : < 0,25 μT-années) <ul style="list-style-type: none"> 0,25-0,64 μT-années OR = 1,26 (0,96-1,67) 0,65-1,54 μT-années OR = 1,13 (0,83-1,53) 1,55-3,00 μT-années OR = 1,20 (0,83-1,71) > 3,01 μT-années OR = 1,33 (0,89-2,01) Exposition cumulative au CM pour l'année du décès : (catégorie de référence : pas d'exposition) <ul style="list-style-type: none"> > 0-0,029 μT-années OR = 1,19 (0,75-1,89) 0,03-0,049 μT-années OR = 1,41 (0,85-2,34) 0,05-0,11 μT-années OR = 1,63 (0,97-2,71) > 0,12 μT-années OR = 1,70 (1,00-2,90) Exposition cumulative au CM 1-5 ans : (catégorie de référence : pas d'exposition) <ul style="list-style-type: none"> > 0-0,10 μT-années OR = 1,25 (0,90-1,75) 0,11-0,19 μT-années OR = 1,12 (0,76-1,64) 0,20-0,35 μT-années OR = 1,45 (0,97-2,71) > 0,36 μT-années OR = 1,53 (1,01-2,31) Exposition cumulative au CM 5-10 ans : (catégorie de référence : pas d'exposition) <ul style="list-style-type: none"> > 0-0,13 μT-années OR = 0,71 (0,53-0,95) 0,14-0,24 μT-années OR = 1,01 (0,74-1,39) 0,25-0,43 μT-années OR = 0,91 (0,62-1,33) > 0,44 μT-années OR = 1,00 (0,73-1,38) Exposition cumulative au CM 10-20 ans : (catégorie de référence : pas d'exposition) <ul style="list-style-type: none"> > 0-0,13 μT-années OR = 1,09 (0,78-1,53) 0,14-0,32 μT-années OR = 1,14 (0,82-1,61) 0,33-0,69 μT-années OR = 1,09 (0,77-1,55) > 0,70 μT-années OR = 1,05 (0,73-1,53) Exposition cumulative au CM > 20 ans : (catégorie de référence : pas d'exposition) <ul style="list-style-type: none"> > 0-0,18 μT-années OR = 0,91 (0,59-1,41) 0,19-0,43 μT-années OR = 0,96 (0,60-1,53) 0,44-1,04 μT-années OR = 0,81 (0,50-1,30) > 1,05 μT-années OR = 0,72 (0,42-1,21) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Biais de sélection évités avec la méthodologie de l'étude de cohorte Estimation d'exposition cumulative au CM pendant plus de 20 ans Identification des décès par certificats de décès <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Certaines covariables non considérées (histoire de santé mentale, dépendance et rapports familiaux) Pas de distinction entre suicide lié à la dépression et autres causes de suicide. |

Tableau 3.10 Étude épidémiologique sur l'association troubles du sommeil et exposition aux champs électromagnétiques

| AUTEURS, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|-----------------------------------|---|--|---|--|---|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariables prises en considération | | |
| Li <i>et al.</i> , 2002, Taiwan | <ul style="list-style-type: none"> Étude transversale regroupant 5078 femmes mariées, âgées entre 20-60 ans et vivant à Hsi-Chih (Taiwan) près de 3 lignes à haute tension entre 1995 et 1996. Sujets provenant du recensement de 1996 et ayant souffert de trouble d'initiation et de maintenance du sommeil, 1 mois avant l'entrevue. Cas ayant au moins 3 épisodes de troubles du sommeil : initiation difficile du sommeil, difficulté à rester endormi et réveil matinal précoce (rêve et réveil nocturne spontané) Groupe de comparaison : peu ou pas d'épisodes de troubles du sommeil | <ul style="list-style-type: none"> Estimation de l'exposition au CM par dosimètre EMDEX II pendant 10 min : devant la porte, chambre à coucher du sujet et cuisine Exposition passée au CM estimée par EMDEX II pendant 10 min dans la chambre à coucher du sujet avec interrupteur fermé. Estimation réalisée sur 4570 sujets. | <ul style="list-style-type: none"> Âge Scolarité Niveau de la résidence dans l'immeuble Consommation d'alcool Ménopause Tabagisme | <p>TROUBLES DE SOMMEIL</p> <ul style="list-style-type: none"> Initiation difficile du sommeil <ul style="list-style-type: none"> Exposition dans la résidence $\geq 0,2 \mu\text{T}$ OR = 1,11 (0,96-1,29) Exposition dans la chambre à coucher $\geq 0,2 \mu\text{T}$ OR = 1,20 (1,02-1,40) Exposition passée $\geq 0,2 \mu\text{T}$ OR = 1,18 (0,95-1,47) Difficulté à rester endormi <ul style="list-style-type: none"> Exposition dans la résidence $\geq 0,2 \mu\text{T}$ OR = 0,99 (0,86-1,14) Exposition dans la chambre à coucher $\geq 0,2 \mu\text{T}$ OR = 1,11 (0,95-1,29) Exposition passée $\geq 0,2 \mu\text{T}$ OR = 1,28 (1,04-1,56) Réveil matinal précoce <ul style="list-style-type: none"> Exposition dans la résidence $\geq 0,2 \mu\text{T}$ OR = 1,28 (1,10-1,49) Exposition dans la chambre à coucher $\geq 0,2 \mu\text{T}$ OR = 1,32 (1,13-1,56) Exposition passée $\geq 0,2 \mu\text{T}$ OR = 1,65 (1,33-2,04) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Bonne taille de l'échantillon Bon taux de participation (83.3 %) <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Peu de covariables prises en considération Durée de mesures de CM assez courte |
| van Wijngaarden, 2003, États-Unis | <ul style="list-style-type: none"> Sujets sélectionnés à partir du fichier de mortalité des É.-U. pour les années 1991 et 1992. Sujets éligibles : hommes ou femmes âgés entre 20 et 64 ans au moment du décès et pour lesquels les informations relatives à l'occupation et à l'état civil sont disponibles. <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 11 707 personnes suicidées <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 132 771 hommes ou femmes décédés d'une cause autre que le cancer, désordre mental, maladie du système nerveux et accidents. | <ul style="list-style-type: none"> Estimation de l'exposition aux CEM selon la codification de l'emploi inscrit sur le certificat de décès selon le « 1980 US Bureau of the Census Classification System of Jobs and Industries ». | <ul style="list-style-type: none"> Âge État civil Race Éducation Sexe Lieu géographique dans 4 régions des É.-U. : ouest, mi-ouest, nord-est et sud | <p>Occupation exposé <i>versus</i> non exposé: OR = 1,3 (1,2-1,4)</p> | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Bonne taille de l'échantillon <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Faible échantillon de cas exposés Limitations liées à l'utilisation des certificats de décès Classification des causes de décès possiblement erronée Considération de l'emploi au décès ne représentant qu'un indicateur grossier de l'historique de l'exposition. |

Tableau 3.11 Étude épidémiologique sur l'association maladies neurologiques et exposition aux champs électromagnétiques

| AUTEURS, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|----------------------------|--|--|--|--|--|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariables prises en considération | | |
| Johansen, 2000, Danemark | <ul style="list-style-type: none"> Cohorte de 30 361 danoises et danois ayant travaillé au moins 3 mois dans les compagnies d'électricité de leur pays entre 1900 et 1993. Suivi de l'apparition de la maladie neurologique (démence sénile, maladie de Parkinson, paralysie cérébrale, épilepsie, maladie des motoneurones et maladie de la moelle épinière) effectué à partir du registre danois de santé de 1978 en 1993. Comparaison de la fréquence de ces maladies du système nerveux central avec les taux correspondants dans la population générale. | <ul style="list-style-type: none"> Matrice emploi/exposition aux CEM provenant de mesures de 24 h dans 475 combinaisons entre 25 types d'emploi et 19 zones de travail. Combinaisons regroupées en 5 catégories : <ul style="list-style-type: none"> exposition passée (< 0,09 µT) faible exposition (0,1-0,29 µT) exposition moyenne (0,3-0,99 µT) exposition élevée (> 0,1 µT) exposition inconnue Exposition cumulative = moyenne d'exposition x durée d'embauche (non considérée dans les analyses) | <ul style="list-style-type: none"> Âge Durée d'embauche Période de calendrier | <p>Maladies neurologiques (catégorie de référence : < 0,09 µT)</p> <ul style="list-style-type: none"> Démence sénile <ul style="list-style-type: none"> si CM = 0,1-0,29 µT RR = 1,00 (0,51-1,95) si CM = 0,3-0,99 µT RR = 1,15 (0,60-2,19) si CM ≥ 1,0 µT RR = 1,43 (0,74-2,77) si CM inconnu RR = 1,51 (0,78-2,94) Démence pré-sénile <ul style="list-style-type: none"> si CM = 0,1-0,29 µT RR = 0,68 (0,20-2,34) si CM = 0,3-0,99 µT RR = 0,72 (0,21-2,48) si CM ≥ 1,0 µT RR = 0,92 (0,25-3,42) si CM inconnu RR = 1,21 (0,34-4,32) Maladie de Parkinson <ul style="list-style-type: none"> si CM = 0,1-0,29 µT RR = 0,89 (0,42-1,87) si CM = 0,3-0,99 µT RR = 0,68 (0,31-1,49) si CM ≥ 1,0 µT RR = 0,64 (0,26-1,54) si CM inconnu RR = 0,72 (0,29-1,79) Paralysie cérébrale <ul style="list-style-type: none"> si CM = 0,1-0,29 µT RR = 0,50 (0,16-1,54) si CM = 0,3-0,99 µT RR = 0,88 (0,33-2,39) si CM ≥ 1,0 µT RR = 0,78 (0,25-2,42) si CM inconnu RR = 2,57 (0,92-7,19) Épilepsie <ul style="list-style-type: none"> si CM = 0,1-0,29 µT RR = 1,51 (0,78-2,95) si CM = 0,3-0,99 µT RR = 1,50 (0,77-2,94) si CM ≥ 1,0 µT RR = 2,03 (1,02-4,05) si CM inconnu RR = 1,61 (0,79-3,29) Maladie des motoneurones <ul style="list-style-type: none"> si CM = 0,1-0,29 µT RR = 0,86 (0,16-4,71) si CM = 0,3-0,99 µT RR = 1,27 (0,26-6,32) si CM ≥ 1,0 µT RR = 1,56 (0,29-8,53) si CM inconnu RR = 1,90 (0,33-11,13) Maladie de la moelle épinière <ul style="list-style-type: none"> si CM = 0,1-0,29 µT RR = 1,35 (0,14-13,04) si CM = 0,3-0,99 µT RR = 1,35 (0,14-12,97) si CM ≥ 1,0 µT RR = 0,81 (0,05-12,96) si CM inconnu RR = 3,96 (0,43-36,59) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Étude de cohorte prospective Bonne taille de l'échantillon Évaluation du risque pour les expositions élevées au CM <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Comparaison avec la population générale Peu de covariables prises en considération Pas de dosimétrie personnelle pour l'évaluation de l'exposition Premier emploi pris en compte |

Tableau 3.11 Étude épidémiologique sur l'association maladies neurologiques et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEURS, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|-----------------------|---|-----------------------|--|-----------------------|--|-----------------------|--------------------|-----------------------|--|-----------------------|--------------------|-----------------------|---|-----------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|-----------|-----------------------|---|-----------------------|--------------|-----------------------|-----------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|-----------|-----------------------|---|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariables prises en considération | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Noonan <i>et al.</i> , 2002, États-Unis | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> Hommes ayant travaillé dans l'État du Colorado de 1987 à 1996 et sélectionnés à partir des certificats de décès pour maladie de : Alzheimer (n = 1 556) Sclérose latérale amyotrophique (n = 312) Parkinson (n = 1 477) <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> Hommes ayant travaillé au Colorado au cours de la même période : Alzheimer (n = 1 556) Sclérose latérale amyotrophique (n = 1248) Parkinson (n = 1 477) Appariés par groupe d'âge de 5 ans et année de décès. | <p>Trois méthodes d'évaluation de l'exposition au CM au travail à partir de :</p> <ul style="list-style-type: none"> Type d'emploi : Emploi électricité : élevée Autre type d'emploi : faible Combinaison des types d'emploi et des industries : <p>Trois catégories d'exposition créées :</p> <ul style="list-style-type: none"> pas d'exposition, exposition possible exposition définie ou probable <p>Matrice emploi/exposition :</p> <p>2400 mesures de CM provenant de 10 études : É.-U., Suède, Nouvelle-Zélande, Finlande et Italie.</p> <p>Mesures résultant d'un moniteur portatif (97 %) ou de mesures ponctuelles (3 %) pendant 1 jour de travail.</p> <p>Mesures permettant de créer 4 groupes d'exposition à partir des moyennes géométriques des catégories d'emploi : < 0,10; 0,10-0,19; 0,20-0,29 et ≥ 0,30 µT</p> | <ul style="list-style-type: none"> Âge Race Classe sociale (en fonction de la catégorie de profession) | <p>ESTIMATION DU CM A PARTIR DE :</p> <ul style="list-style-type: none"> Type d'emploi : (catégorie de référence : autre type d'emploi) <table> <tr> <td>Maladie d'Alzheimer Emploi d'électricité</td> <td>OR = 1,05 (0,71-1,56)</td> </tr> <tr> <td>Sclérose latérale amyotrophique Emploi d'électricité</td> <td>OR = 2,30 (1,29-4,09)</td> </tr> <tr> <td>Maladie de Parkinson Emploi d'électricité</td> <td>OR = 1,55 (0,98-2,45)</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> Combinaison des types d'emploi et des industries : (catégorie de référence : pas d'exposition) <table> <tr> <td>Maladie d'Alzheimer Exposition possible</td> <td>OR = 1,15 (0,95-1,39)</td> </tr> <tr> <td>Exposition définie</td> <td>OR = 1,21 (0,83-1,76)</td> </tr> <tr> <td>Sclérose latérale amyotrophique Exposition possible</td> <td>OR = 1,18 (0,83-1,67)</td> </tr> <tr> <td>Exposition définie</td> <td>OR = 1,75 (1,00-3,06)</td> </tr> <tr> <td>Maladie de Parkinson Exposition possible</td> <td>OR = 1,17 (0,96-1,42)</td> </tr> <tr> <td>Exposition définie</td> <td>OR = 1,76 (1,17-2,65)</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> Matrice emploi/exposition : (catégorie de référence : < 0,10 µT) <table> <tr> <td>Maladie d'Alzheimer 0,10-0,19 µT</td> <td>OR = 0,95 (0,76-1,19)</td> </tr> <tr> <td>0,20-0,29 µT</td> <td>OR = 0,83 (0,63-1,10)</td> </tr> <tr> <td>≥ 0,30 µT</td> <td>OR = 1,01 (0,68-1,49)</td> </tr> <tr> <td>Sclérose latérale amyotrophique 0,10-0,19 µT</td> <td>OR = 0,79 (0,54-1,15)</td> </tr> <tr> <td>0,20-0,29 µT</td> <td>OR = 1,21 (0,75-1,93)</td> </tr> <tr> <td>≥ 0,30 µT</td> <td>OR = 0,77 (0,37-1,59)</td> </tr> <tr> <td>Maladie de Parkinson 0,10-0,19 µT</td> <td>OR = 1,16 (0,92-1,45)</td> </tr> <tr> <td>0,20-0,29 µT</td> <td>OR = 1,04 (0,78-1,37)</td> </tr> <tr> <td>≥ 0,30 µT</td> <td>OR = 1,50 (1,02-2,19)</td> </tr> </table> | Maladie d'Alzheimer Emploi d'électricité | OR = 1,05 (0,71-1,56) | Sclérose latérale amyotrophique Emploi d'électricité | OR = 2,30 (1,29-4,09) | Maladie de Parkinson Emploi d'électricité | OR = 1,55 (0,98-2,45) | Maladie d'Alzheimer Exposition possible | OR = 1,15 (0,95-1,39) | Exposition définie | OR = 1,21 (0,83-1,76) | Sclérose latérale amyotrophique Exposition possible | OR = 1,18 (0,83-1,67) | Exposition définie | OR = 1,75 (1,00-3,06) | Maladie de Parkinson Exposition possible | OR = 1,17 (0,96-1,42) | Exposition définie | OR = 1,76 (1,17-2,65) | Maladie d'Alzheimer 0,10-0,19 µT | OR = 0,95 (0,76-1,19) | 0,20-0,29 µT | OR = 0,83 (0,63-1,10) | ≥ 0,30 µT | OR = 1,01 (0,68-1,49) | Sclérose latérale amyotrophique 0,10-0,19 µT | OR = 0,79 (0,54-1,15) | 0,20-0,29 µT | OR = 1,21 (0,75-1,93) | ≥ 0,30 µT | OR = 0,77 (0,37-1,59) | Maladie de Parkinson 0,10-0,19 µT | OR = 1,16 (0,92-1,45) | 0,20-0,29 µT | OR = 1,04 (0,78-1,37) | ≥ 0,30 µT | OR = 1,50 (1,02-2,19) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Bonne taille de l'échantillon <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Certificats de décès utilisés pour la cause de la mort Nombre d'années d'emploi non mentionné Histoire professionnelle non connue Pas de mesure chez les sujets Peu de détails sur la matrice emploi/exposition |
| Maladie d'Alzheimer Emploi d'électricité | OR = 1,05 (0,71-1,56) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sclérose latérale amyotrophique Emploi d'électricité | OR = 2,30 (1,29-4,09) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maladie de Parkinson Emploi d'électricité | OR = 1,55 (0,98-2,45) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maladie d'Alzheimer Exposition possible | OR = 1,15 (0,95-1,39) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Exposition définie | OR = 1,21 (0,83-1,76) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sclérose latérale amyotrophique Exposition possible | OR = 1,18 (0,83-1,67) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Exposition définie | OR = 1,75 (1,00-3,06) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maladie de Parkinson Exposition possible | OR = 1,17 (0,96-1,42) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Exposition définie | OR = 1,76 (1,17-2,65) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maladie d'Alzheimer 0,10-0,19 µT | OR = 0,95 (0,76-1,19) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,20-0,29 µT | OR = 0,83 (0,63-1,10) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ≥ 0,30 µT | OR = 1,01 (0,68-1,49) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sclérose latérale amyotrophique 0,10-0,19 µT | OR = 0,79 (0,54-1,15) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,20-0,29 µT | OR = 1,21 (0,75-1,93) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ≥ 0,30 µT | OR = 0,77 (0,37-1,59) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maladie de Parkinson 0,10-0,19 µT | OR = 1,16 (0,92-1,45) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,20-0,29 µT | OR = 1,04 (0,78-1,37) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ≥ 0,30 µT | OR = 1,50 (1,02-2,19) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tableau 3.11 Étude épidémiologique sur l'association maladies neurologiques et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEURS, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|---------------------------------------|---|---|---|---|---|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariables prises en considération | | |
| Feychting <i>et al.</i> , 2003, Suède | <ul style="list-style-type: none"> Cohorte de 4812646 travailleurs (2 649 300 hommes et 2 163 346 femmes). Évaluation des causes de mortalité pour les maladies neurologiques suivantes : <ul style="list-style-type: none"> Alzheimer démence vasculaire démence sénile démence présénile sclérose latérale amyotrophique Parkinson sclérose multiple épilepsie Données provenant du registre des causes de décès pour la période 1981-1995 Information sur l'occupation selon le recensement de 1970 et 1980 | <ul style="list-style-type: none"> Matrice emploi/exposition aux CEM provenant de mesures chez un échantillon de travailleurs hommes (Floderus, 1996) Combinaisons regroupées en 5 catégories : < 0,11; 0,12-0,19; 0,20-0,29; ≥ 0,30 et ≥ 0,50 μT | <ul style="list-style-type: none"> Âge Statut socioéconomique | <p>Catégorie $\geq 0,50 \mu$T (exposition en 1970 et 1980)</p> <ul style="list-style-type: none"> Alzheimer (hommes) RR = 2,3 (1,6-3,3) Alzheimer (femmes) RR = 2,3 (1,0-5,2) mais exposition uniquement disponible en 1970 Sclérose lat. amyotrophique (hommes) RR = 0,6 (0,4-1,0) Pas d'association avec les autres maladies Sclérose lat. amyotrophique (travailleurs en électricité et électronique) RR = 1,4 (1,1-1,9) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Taille de la cohorte Matrice emploi/exposition validée avec des mesures (emploi chez les hommes) Design de l'étude limitant les biais de sélection et classification différentielle de l'exposition erronée. <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Pas de mesure individuelle de CM Étude de mortalité Pas de validation de la matrice emploi/exposition chez les femmes Peu de covariables considérées. |
| Hakansson <i>et al.</i> , 2003, Suède | <ul style="list-style-type: none"> Cohorte de travailleurs de 537 692 hommes et 180 529 femmes dont une large proportion proviennent de l'industrie de la soudure électrique Évaluation des causes de mortalité primaire ou contributive pour les maladies suivantes : <ul style="list-style-type: none"> maladie neurodégénérative Alzheimer sclérose lat. amyotrophique sclérose multiple épilepsie Données provenant de 3 récents recensements et du registre des causes de décès pour la période 1985-1996. Information sur l'occupation selon les recensements de 1980, 1985 et 1990 | <ul style="list-style-type: none"> Matrice emploi/exposition aux CEM provenant de plus de 1000 mesures auprès des 100 emplois les plus courants en Suède (développée par Floderus, 1996) On regroupe ces combinaisons en 4 catégories : <ul style="list-style-type: none"> <i>low</i> : < 0,1636 μT <i>medium</i> : 0,1637-0,25 μT <i>high</i> : 0,2501-0,53 μT <i>very high</i> : > 0,53 μT | <ul style="list-style-type: none"> Sexe Âge Niveau socioéconomique | <p>Catégorie <i>very high</i> : > 0,53 μT</p> <ul style="list-style-type: none"> Maladie dégénérative et héréditaire du système nerveux RR = 1,67 (1,07-2,62) Alzheimer RR = 4,04 (1,4-11,66) Parkinson RR = 1,11 (0,29-4,18) Sclérose lat. amyotrophique RR = 2,16 (1,01-4,66) Sclérose multiple RR = 0,80 (0,20-3,14) Épilepsie RR = 0,45 (0,23-0,88) | <p>Points forts:</p> <ul style="list-style-type: none"> Taille de la cohorte avec bonne proportion dans la catégorie <i>very high exposure</i> Matrice emploi/exposition validée sur plusieurs mesures <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Pas de mesure individuelle de CM Étude de mortalité Faible nombre de cas Peu de covariables considérées. |

Tableau 3.11 Étude épidémiologique sur l'association maladies neurologiques et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEURS, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|---|---|--|---|---|--|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariables prises en considération | | |
| Harmanci <i>et al.</i> , 2003, Turquie | <ul style="list-style-type: none"> Échantillonnage de la partie transversale de l'étude à partir de 1067 individus de plus de 70 ans échantillonnés aléatoirement selon un registre populationnel (liste électorale). Examen cognitif (mini mental state examination) et examen neurologique si 1^{er} test cognitif démontre une détérioration 281 personnes examinées : 57 cas probables d'Alzheimer 11 cas possibles d'Alzheimer 79 cas avec autres désordres cognitifs | <ul style="list-style-type: none"> Classification par type d'emploi : médium à haute exposition aux CEM Utilisation d'un chauffage électrique à la résidence <i>versus</i> autre système | <ul style="list-style-type: none"> Éducation Occupation Endroit de résidence Alcool Apoplexie Anesthésie Médication Tuberculose Type de chauffage domestique | <p>(catégorie de référence : < 0,09 µT)</p> <p>Association avec un risque significatif pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> valeurs brutes ou ajustées pour la catégorie d'exposition <i>high EMF exposure</i> RR = 4,02 (1,02-15,78) utilisation de l'électricité comme système de chauffage résidentiel : RR = 2,77 (1,12-6,85) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Cas et témoins issus de la même population. Cas et témoins évalués par diagnostic établi. Prise en compte de plusieurs covariables <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Pas de mesure individuelle de CM résidentiel ou au travail Pas d'évaluation dose-réponse (pas de catégorie d'exposition intermédiaire) Classification de l'exposition aux CEM possiblement erronée Taille de l'échantillonnage très faible avec peu de cas |

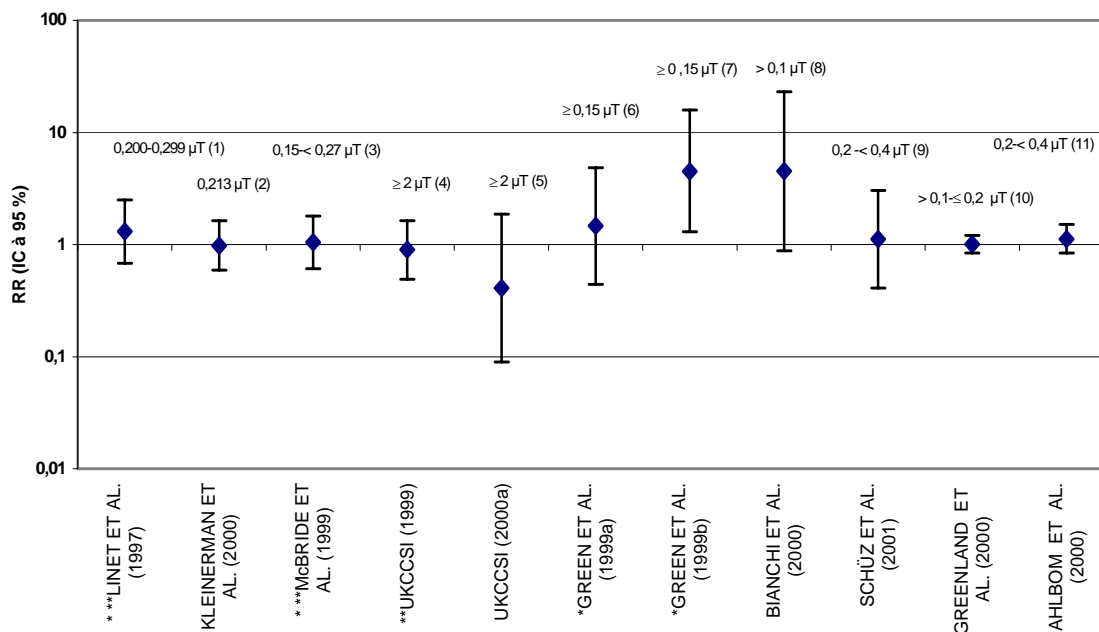
Tableau 3.12 Étude épidémiologique sur l'association problèmes cardiovasculaires et exposition aux champs électromagnétiques

| AUTEURS, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|---|---|---|--|--|---|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariables prises en considération | | |
| Savitz <i>et al.</i> , 1999, États-Unis Savitz et Loomis, 1995, États-Unis | <ul style="list-style-type: none"> Étude de cohorte comprenant 138 903 hommes ayant travaillé au moins 6 mois de 1950 à 1988 auprès de 5 compagnies américaines d'électricité. Suivi du décès des travailleurs évalué par : indice national de décès (après 1979), fichiers administratifs d'assurance sociale, données administratives du financement de la santé, bureau de crédit, fichiers de permis de conduire, fichiers d'assurance-vie, téléphone et certificats de décès. | <ul style="list-style-type: none"> Matrice emploi/exposition au CM provenant de mesures chez 2 842 travailleurs portant le moniteur AMEX pendant 1 jour de travail. 18 catégories d'emploi créées dans la cohorte selon les activités professionnelles. Exposition cumulative au CM | <ul style="list-style-type: none"> Âge Décennie Race Classe sociale selon le type de profession Statut d'emploi (actif ou inactif, 2 ans avant le décès) | <p>Exposition cumulative totale (catégorie de référence : 0- < 0,6 µT-années)</p> <ul style="list-style-type: none"> Arythmie : <ul style="list-style-type: none"> 0,6-1,2 µT-années RR = 1,57 (1,04-2,37) 1,2-< 2,0 µT-années RR = 1,26 (0,81-1,97) 2,0-< 4,3 µT-années RR = 1,24 (0,79-1,95) ≥ 4,3 µT-années RR = 2,40 (1,48-3,89) Infarctus aigu du myocarde : <ul style="list-style-type: none"> 0,6-1,2 µT-années RR = 1,14 (1,04-1,26) 1,2-< 2,0 µT-années RR = 1,19 (1,08-1,31) 2,0-< 4,3 µT-années RR = 1,35 (1,22-1,48) ≥ 4,3 µT-années RR = 1,62 (1,45-1,82) Artériosclérose : <ul style="list-style-type: none"> 0,6-1,2 µT-années RR = 1,11 (0,70-1,75) 1,2-< 2,0 µT-années RR = 0,78 (0,48-1,28) 2,0-< 4,3 µT-années RR = 0,73 (0,44-1,21) ≥ 4,3 µT-années RR = 0,68 (0,35-1,30) Maladies coronariennes chroniques : <ul style="list-style-type: none"> 0,6-1,2 µT-années RR = 0,88 (0,78-1,00) 1,2-< 2,0 µT-années RR = 0,87 (0,77-0,98) 2,0-< 4,3 µT-années RR = 0,87 (0,77-0,99) ≥ 4,3 µT-années RR = 1,00 (0,86-1,77) | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Étude de cohorte prospective <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Peu de facteurs de confusion pris en considération Décès et non cas incidents |
| Hakansson <i>et al.</i> , 2003, Suède | <ul style="list-style-type: none"> Étude de mortalité réalisée auprès d'une cohorte de 27 790 personnes issues de 2 cohortes du registre suédois des jumeaux de même sexe de 1961 (personnes nées entre 1886 et 1925) et de 1971 (personnes nées entre 1926 et 1958). Évaluation des causes de mortalité comme cause primaire ou contributive pour les maladies cardiovasculaires suivantes : <ul style="list-style-type: none"> Infarctus aigu du myocarde (IAM) Arythmie Athérosclérose | <ul style="list-style-type: none"> Matrice emploi/exposition du CM provenant de mesures chez un échantillon de travailleurs hommes (Floderus, 1993; 1996). Estimation de l'exposition selon l'emploi enregistré en 1967 ou 1973. 4 groupes d'exposition définis : <ul style="list-style-type: none"> < 0,10 µT (<i>low</i>: groupe de référence) 0,10-0,19 µT (<i>medium</i>) 0,20-0,29 µT (<i>high</i>) ≥ 0,3 µT (<i>very high</i>) | <ul style="list-style-type: none"> Sexe Âge Tabagisme Indice de masse corporelle Autres variables prises en compte : <ul style="list-style-type: none"> Alcool Activité physique Utilisation d'un index synergique considérant la susceptibilité génétique (1 jumeau décède d'un IAM < 75 ans) | <ul style="list-style-type: none"> Pas d'association observée entre les groupes d'exposition et maladies évaluées. Pour les IAM, les données suggèrent une relation dose-réponse comme « cause primaire » ou « cause primaire ou contributive » : <ul style="list-style-type: none"> IAM, cause primaire, catégorie <i>very high</i> RR = 1,31 (0,90-1,90) avec un p tendance = 0,05 IAM, cause primaire ou contributive, catégorie <i>very high</i> RR = 1,31 (0,92-1,87) avec un p tendance = 0,02 Risque augmenté chez les personnes ayant une susceptibilité génétique | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Taille de l'échantillon Prise en compte de covariables <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Étude de mortalité Faibles effectifs dans la catégorie d'exposition <i>very high</i> Pas d'évaluation des facteurs personnels Pas de mesure d'exposition |

Tableau 3.12 Étude épidémiologique sur l'association problèmes cardiovasculaires et exposition aux champs électromagnétiques (suite)

| AUTEURS, ANNÉE, PAYS | MÉTHODOLOGIE | | | RÉSULTAT (IC à 95 %) | COMMENTAIRE |
|--|--|--|---|---|---|
| | Sélection des sujets | Évaluation de l'exposition | Covariables prises en considération | | |
| Ahlbom <i>et al.</i> , 2004, Suède | <p>Cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> 595 travailleurs masculins avec diagnostic d'infarctus du myocarde <p>Témoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> 949 travailleurs masculins pour lesquels on possède suffisamment d'information pour établir la matrice emploi/exposition, sélectionnés de façon aléatoire dans le registre de population du comté et appariés pour la date du diagnostic, le bassin de desserte de l'hôpital, l'âge et le sexe. <p>Données provenant du Stockholm Heart Epidemiology Program (SHEEP) qui est une étude populationnelle cas-témoin sur les risques aigus mortels et non mortels d'infarctus du myocarde.</p> <p>Diagnostic médical pour tous les cas hospitalisés et autopsie chez 71 % des personnes décédées.</p> | <p>Estimation de l'exposition selon 2 méthodes :</p> <ul style="list-style-type: none"> Titre d'emploi Matrice emploi/exposition développée par Floderus (1996). Pour cette méthode, 3 catégories d'exposition ont été retenues : $< 0,2$; $\leq 0,2-0,3$ et $\geq 0,3 \mu\text{T}$ <p>Estimation de l'exposition 1 an avant le diagnostic de la maladie</p> | <ul style="list-style-type: none"> Âge Zone d'hôpital desservie Statut socioéconomique Facteurs confondants : <ul style="list-style-type: none"> Âge Statut tabagique Hypertension Cholestérol total Emploi de col bleu Indice de masse corporelle Activité physique Diabète | <p>Catégorie $\geq 0,3 \mu\text{T}$: RR ajusté = 0,57 (0,36-0,89)</p> <p>Pour les travailleurs de l'électricité et de l'électronique : RR ajusté = 0,60 (0,37-0,98)</p> | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Design de l'étude (morbidité) Haut taux de participation Validité médicale du diagnostic <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Pas de données individuelles d'exposition Possibilité de biais de bonne santé des travailleurs <i>healthy worker effect</i> |
| Sorahan et Nichols, 2004, Angleterre et Pays-Bas | <ul style="list-style-type: none"> Étude de mortalité réalisée auprès d'une cohorte de 83 997 travailleurs du Central Electricity Generating Board pour la période 1973-1997 et d'une sous-cohorte de 79 972 personnes avec historique occupationnel pour la période 1971-1993 Décès évalués selon les maladies cardiovasculaires suivantes : <ul style="list-style-type: none"> Arythmie Infarctus aigu du myocarde Athérosclérose Maladie coronarienne chronique Autres maladies du système circulatoire Toutes les maladies du système circulatoire Comparaison de la mortalité aux populations générales d'Angleterre et du Pays de Galles (standardisation indirecte) et avec groupe de comparaison interne (régression de Poisson) | <ul style="list-style-type: none"> Matrice emploi/exposition du CM évaluée par le EMF Research Section of the National Grid Company (Harrington, 2001) Estimation de l'exposition au CM pour la période entière de travail et les 5 dernières années présentée en 6 classes d'exposition : 0; 2,5; 5,0; 10,0; > 20,0 $\mu\text{T.y}$ et RR par 10 $\mu\text{T.y}$ | <ul style="list-style-type: none"> Âge lors de la maladie Sexe Période de l'année Année d'embauche Statut d'employé Niveau socioéconomique (<i>negotiating body</i>) | <ul style="list-style-type: none"> Pas de tendance significative observée, le SMR < 100 pour l'exposition cumulative au CM ou l'exposition des 5 dernières années pour l'ensemble des maladies Analyse de comparaison interne : pas d'augmentation de risque sauf une légère augmentation non significative pour l'arythmie : RR = 1,61 (0,34-7,75) Si l'exposition cumulative $\geq 20 \mu\text{T-années}$, cette augmentation n'est plus observée quand seules les 5 dernières années avant le décès sont considérées. | <p>Points forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Taille de l'échantillon Prise en compte de covariables <p>Points faibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> Étude de mortalité Faibles effectifs pour comparaison interne Pas d'évaluation des facteurs personnels Pas de mesure d'exposition |

Figure 3.1 Risque relatif de leucémie chez l'enfant associé à l'exposition au champ magnétique ($\geq 0,2 \mu\text{T}$) dans les résidences

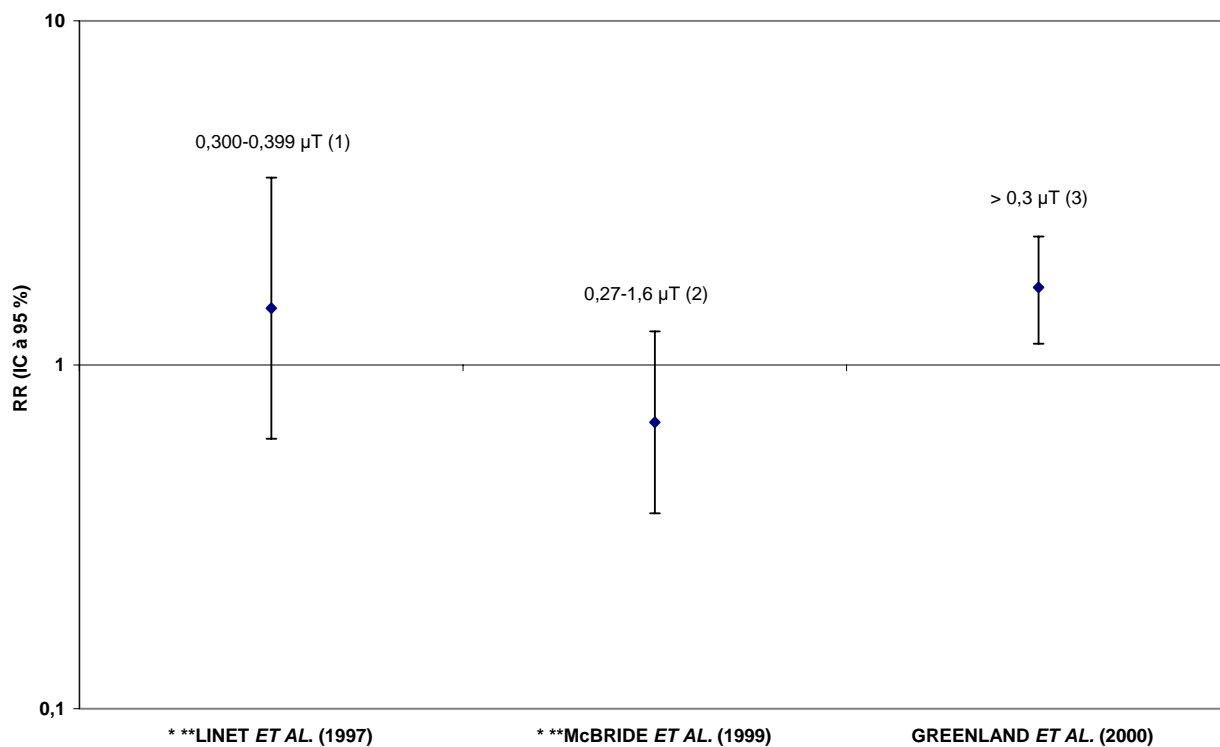


- (1) Risque de LAL pour niveau de CM entre 0,300-0,399 μT en comparaison à $< 0,065 \mu\text{T}$ pour les résidences occupées au moins 6 mois avant le diagnostic (enfants de moins de 5 ans) et dans 1 ou 2 résidences occupées au moins 70 % du temps, 5 ans avant le diagnostic (enfants de plus de 5 ans).
- (2) Risque de LAL pour niveau de CM de 0,213 μT en comparaison à 0,091 μT dans une résidence occupée pendant au moins 70 % du temps les 5 dernières années et située à moins de 40 m des lignes de transmission et de distribution.
- (3) Risque de leucémie pour niveau de CM entre 0,15 et $< 0,27 \mu\text{T}$ en comparaison à 0,08 μT dans la résidence occupée pendant un minimum de temps.
- (4) Risque de leucémie pour niveau de CM $\geq 0,2 \mu\text{T}$ en comparaison à $< 0,1 \mu\text{T}$ dans la résidence occupée pendant 1 an avant le diagnostic.
- (5) Risque de leucémie pour niveau de CM $\geq 0,2 \mu\text{T}$ en comparaison à $< 0,1 \mu\text{T}$ pour les installations électriques.
- (6) Risque de leucémie pour niveau de CM $\geq 0,15 \mu\text{T}$ en comparaison à $< 0,04 \mu\text{T}$ dans toutes les résidences occupées avant le diagnostic.
- (7) Risque de leucémie pour niveau de CM $\geq 0,15 \mu\text{T}$ en comparaison à $< 0,03 \mu\text{T}$ autour des résidences.
- (8) Risque de leucémie pour niveau de CM $> 0,1 \mu\text{T}$ en comparaison aux sujets vivant à plus de 150 m d'une ligne à haute tension dans la résidence au moment du diagnostic.
- (9) Risque de leucémie pour niveau de CM entre 0,2 et $< 0,4 \mu\text{T}$ en comparaison à $< 0,1 \mu\text{T}$ dans la résidence occupée le plus longtemps avant le diagnostic.
- (10) Risque de leucémie pour niveau de CM entre $> 0,1$ et $\leq 0,2 \mu\text{T}$ en comparaison à $\leq 0,1 \mu\text{T}$ dans une analyse combinée de 15 études.
- (11) Risque de leucémie pour niveau de CM entre 0,2 et $< 0,4 \mu\text{T}$ en comparaison à $< 0,1 \mu\text{T}$ dans une analyse combinée de 9 études.

* Étude prise en compte dans le *pooling* de Greenland *et al.* (2000)

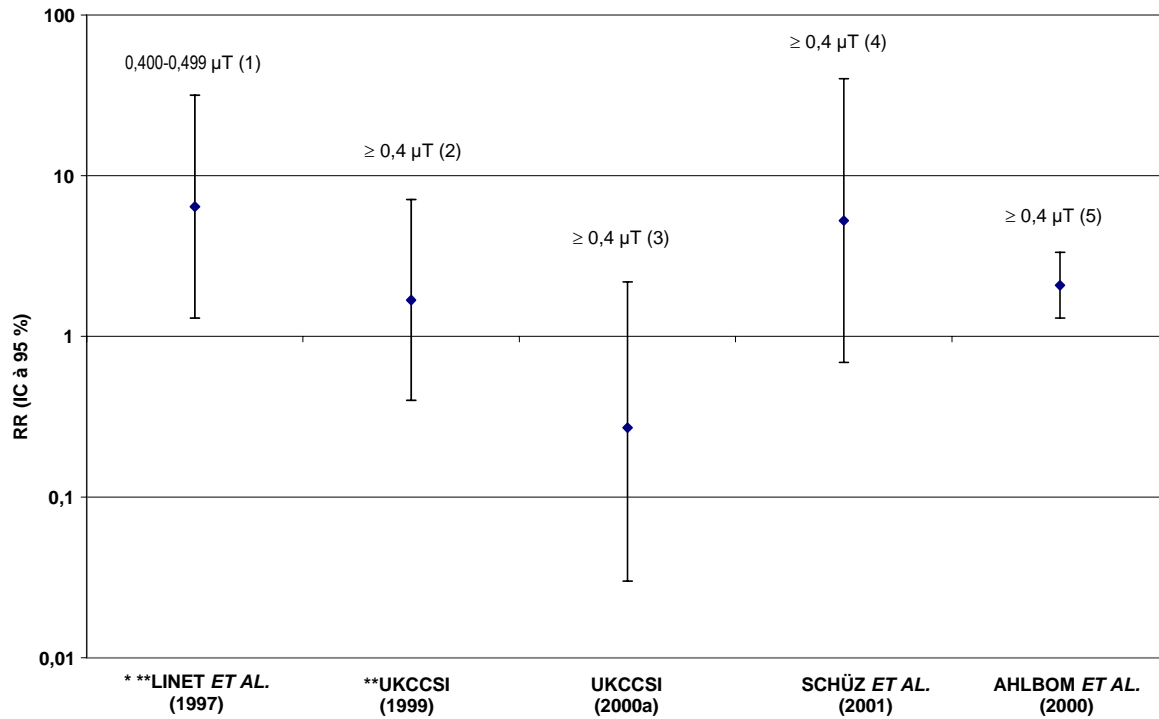
** Étude prise en compte dans le *pooling* de Ahlbom *et al.* (2000)

Figure 3.2 Risque relatif de leucémie chez l'enfant associé à l'exposition au champ magnétique ($\geq 0,3 \mu\text{T}$) dans les résidences



- (1) Risque LAL pour niveau de CM entre 0,300 et 0,399 μT en comparaison à $< 0,065 \mu\text{T}$ pour les résidences occupées au moins 6 mois avant le diagnostic (enfants de moins de 5 ans) et dans 1 ou 2 résidences occupées au moins 70 % du temps, 5 ans avant le diagnostic (enfants de plus de 5 ans).
 - (2) Risque de leucémie pour niveau de CM entre 0,27 et $< 1,61 \mu\text{T}$ en comparaison à $0,08 \mu\text{T}$ dans la résidence occupée pendant un minimum de temps.
 - (3) Risque de leucémie pour niveau de CM $> 0,3 \mu\text{T}$ en comparaison à $\leq 0,1 \mu\text{T}$ dans une analyse combinée de 15 études.
- * Étude prise en compte dans le *pooling* de Greenland *et al.* (2000)
 ** Étude prise en compte dans le *pooling* de Ahlbom *et al.* (2000)

Figure 3.3 Risque relatif de leucémie chez l'enfant associé à l'exposition au champ magnétique ($\geq 0,4 \mu\text{T}$) dans les résidences

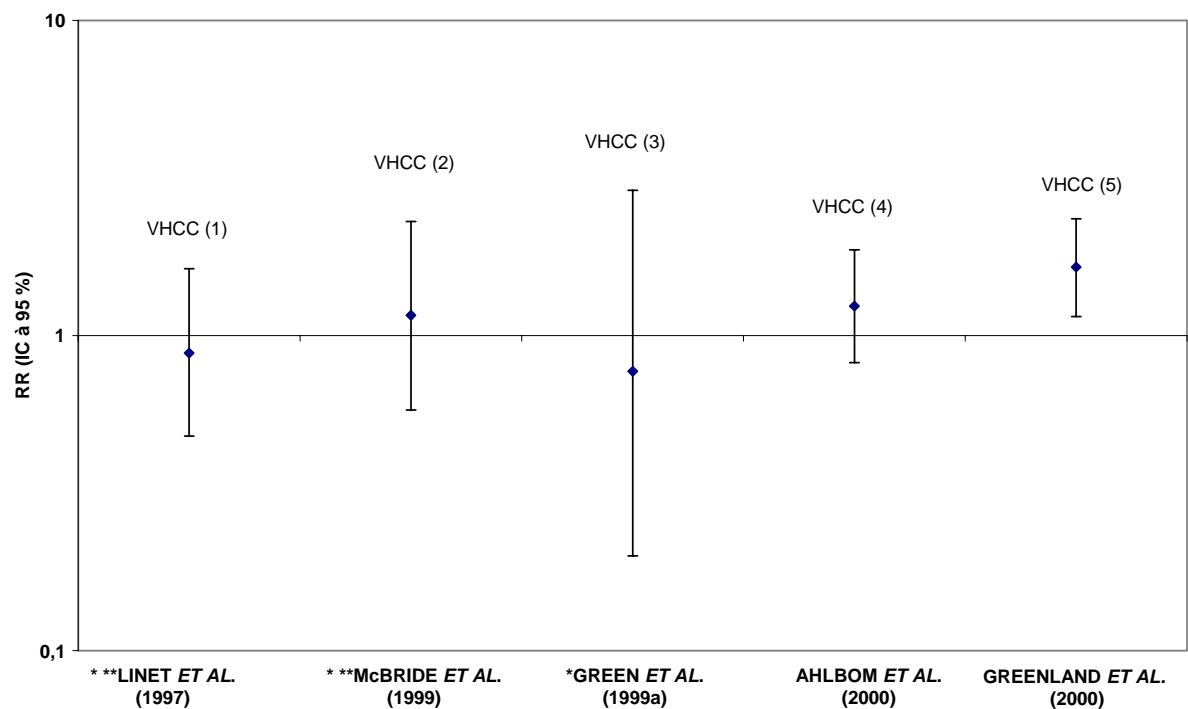


- (1) Risque de LAL pour niveau de CM entre 0,400 et 0,499 μT en comparaison à $< 0,065 \mu\text{T}$ pour les résidences occupées au moins 6 mois avant le diagnostic (enfants de moins de 5 ans) et dans 1 ou 2 résidences occupées au moins 70 % du temps, 5 ans avant le diagnostic (enfants de plus de 5 ans).
- (2) Risque de leucémie pour niveau de CM $\geq 0,4 \mu\text{T}$ en comparaison à $< 0,1 \mu\text{T}$ dans la résidence occupée pendant 1 an avant le diagnostic.
- (3) Risque de leucémie pour niveau de CM $\geq 0,4 \mu\text{T}$ en comparaison à $< 0,1 \mu\text{T}$ pour les installations électriques.
- (4) Risque de leucémie pour niveau de CM $\geq 0,4 \mu\text{T}$ en comparaison à $< 0,1 \mu\text{T}$ dans la résidence occupée le plus longtemps avant le diagnostic.
- (5) Risque de leucémie pour niveau de CM $\geq 0,4 \mu\text{T}$ en comparaison à $< 0,1 \mu\text{T}$ dans une analyse combinée de 9 études.

* Étude prise en compte dans le *pooling* de Greenland *et al.* (2000)

** Étude prise en compte dans le *pooling* de Ahlbom *et al.* (2000)

Figure 3.4 Risque relatif de leucémie chez l'enfant associé à l'exposition au champ magnétique, dans la catégorie *very high current configuration*, autour de la résidence



- (1) *Very high current configuration* (VHCC) en comparaison à *underground* ou *very low current configuration* pour résidence principale (LAL).
- (2) VHCC en comparaison à *underground configuration* pour résidence au moment du diagnostic (leucémie).
- (3) VHCC en comparaison à *underground* pour résidence occupée le plus longtemps avant le diagnostic (leucémie).
- (4) VHCC en comparaison à *underground* ou *very low current configuration* dans une analyse combinée de 9 études (leucémie).
- (5) VHCC en comparaison à *low current configuration* dans une analyse combinée de 15 études (leucémie).

* Étude prise en compte dans le *pooling* de Greenland *et al.* (2000)

** Étude prise en compte dans le *pooling* de Ahlbom *et al.* (2000)

Figure 3.5 Champ électromagnétique dans la résidence et leucémie chez l'enfant : analyses combinées de 9 études de Ahlbom *et al.*, 2000 et 15 études de Greenland *et al.*, 2000

