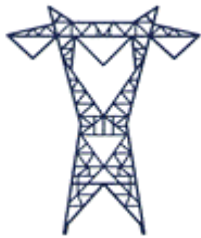


CONSENSUS SUR L'ÉVALUATION ET LA GESTION DES RISQUES ASSOCIÉS À L'EXPOSITION AUX CHAMPS ÉLECTRIQUE ET MAGNÉTIQUE PROVENANT DES LIGNES ÉLECTRIQUES

Rapport du groupe de travail au Ministère
de la Santé et des Services sociaux du
Québec



Mai 2000

Vous pouvez vous procurer ce rapport au coût de 5.00 \$
incluant la TPS et les frais postaux en faisant parvenir votre chèque à l'ordre du CHUQ-CHUL au :
Centre de documentation
Direction de la santé publique de Québec
2 400, d'Estimauville
Beauport (Québec)
G1E 7G9

Téléphone : (418) 666-7000, poste 217
Télécopieur : (418) 666-2776
Courriel : sbelanger@cspq.qc.ca

Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Canada, 2000
Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Québec, 2000
ISBN : 2-89496-149-9

**CONSENSUS SUR L'ÉVALUATION ET LA GESTION
DES RISQUES ASSOCIÉS À L'EXPOSITION AUX
CHAMPS ÉLECTRIQUE ET MAGNÉTIQUE
PROVENANT DES LIGNES ÉLECTRIQUES**

Rapport du groupe de travail au

Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec

Mai 2000

Avant-propos

Face aux inquiétudes liées au risque potentiel associé aux champs électrique et magnétique émis par les lignes à haute tension, le ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec a demandé la création d'un groupe de travail issu du réseau de la santé afin de dresser l'état de situation quant à cette problématique.

Ainsi, sous la présidence de Patrick Levallois, un groupe de travail formé de 9 représentants du réseau de la santé publique et des Universités du Québec a été créé et s'est réuni à plusieurs reprises afin d'établir un consensus sur les connaissances scientifiques actuelles.

Ce rapport présente la position de ce groupe de travail qu'il soumet au ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec. Il propose certaines recommandations quant à l'évaluation et la gestion du risque possiblement associées à l'exposition aux champs électromagnétiques.

Le groupe de travail remercie Marc Rhains, MD, pour la relecture du document.

Membres du groupe de travail

Patrick Levallois, MD, président, Direction de la santé publique de Québec

Pierre Lajoie, MD, co-président, Direction de la santé publique de Québec

Denis Gauvin, MSc, secrétaire, Direction de la santé publique de Québec

Gaétan Carrier, MD, PhD, Université de Montréal

Albert Daveluy, PhD, Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec

Louis Drouin, MD, Direction de la santé publique de Montréal-Centre

Claude Prévost, MD, Direction de la santé publique de la Montérégie

Gilles Thériault, MD, PhD, Université McGill

Claude Tremblay, PhD, Direction de la santé publique de la Montérégie

TABLE DES MATIÈRES

1	HISTORIQUE ET MANDAT DU GROUPE DE TRAVAIL	4
2	MÉTHODE	5
3	CONSENSUS SUR L'ÉVALUATION DES RISQUES.....	7
3.1	RÉSUMÉ DES CONNAISSANCES	7
3.1.1	<i>Les études expérimentales</i>	7
3.1.2	<i>Le risque de leucémie chez les enfants et les adultes</i>	9
3.1.2.1	Risque de leucémie chez les enfants	9
3.1.2.2	Risque de leucémie chez les adultes.....	11
3.1.2.3	Évaluation de la possibilité d'un lien causal	12
3.1.3	<i>Les autres risques potentiels associés à l'exposition chronique.....</i>	13
3.1.4	<i>Le cas particulier des porteurs de stimulateurs cardiaques</i>	14
3.2	CONSENSUS SUR L'ÉVALUATION DES RISQUES	15
4	CONSENSUS SUR LA GESTION DES RISQUES.....	16
4.1	NORMES ET RECOMMANDATIONS D'EXPOSITION AUX CHAMPS ÉLECTRIQUE ET MAGNÉTIQUE	16
4.2	PRINCIPE DE GESTION DU RISQUE DANS L'INCERTITUDE.....	20
4.2.1	<i>Principe de précaution</i>	20
4.2.2	<i>Gestion des CEM dans d'autres pays</i>	21
4.2.3	<i>Critères de décision.....</i>	25
4.3	CONSENSUS EN REGARD DE NIVEAUX D'EXPOSITION LIMITES POUR LE QUÉBEC.....	25
4.4	CONSENSUS EN REGARD DE SCÉNARIOS DE GESTION PRUDENTE.....	27
5	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	28
	RÉFÉRENCES	32
	ANNEXES	

1 HISTORIQUE ET MANDAT DU GROUPE DE TRAVAIL

Les risques potentiels associés aux lignes électriques font l'objet d'un intérêt particulier dans la société québécoise. Depuis le début des années 1980, la tenue d'audiences publiques lors de la construction de nouvelles lignes de transport d'électricité a permis aux différentes parties concernées d'émettre leur point de vue (Beauchamp, 1996). Le réseau de la santé publique a été impliqué tout au long de cette période, autant lors de ces audiences publiques que dans le cadre des activités du Comité interministériel de suivi sur les effets des lignes à haute tension ou lors de ses activités régulières (Gauvin *et al.*, 1997).

Suite à la tempête de verglas de 1998, le Gouvernement du Québec a décidé de procéder à la construction «urgente» de nouvelles lignes à haute tension permettant de consolider le réseau d'approvisionnement en électricité de la ville de Montréal et des régions avoisinantes. À l'occasion des rencontres publiques tenues sur la construction de ces nouvelles lignes, le débat sur les effets potentiels des champs électromagnétiques des lignes à haute tension a resurgi. Le réseau de santé publique s'est impliqué de façon active dans ce débat, principalement par l'intermédiaire des différentes directions de santé publique concernées.

Devant l'absence de position commune des différentes directions de santé publique en regard de ce risque potentiel, le ministère de la Santé et des Services sociaux a chargé l'équipe de la Direction de santé publique de Québec, agissant comme «équipe d'expertise-conseil» dans ce dossier, de constituer un groupe de travail provincial afin d'établir un consensus sur le sujet.

Le mandat de ce groupe de travail, tel que libellé par la Direction de la protection de la santé publique du ministère, était le suivant (voir l'annexe 1, le texte complet du mandat) :

- 1) Mettre à jour l'information scientifique sur les risques associés aux champs électromagnétiques émis par les lignes à haute tension;
- 2) Tirer une conclusion sur ces risques en fonction de l'état actuel des connaissances scientifiques;
- 3) Décider de la pertinence de recommander des niveaux-limites d'exposition aux champs électromagnétiques d'extrêmes basses fréquences, générés par les lignes à haute tension, en tenant compte des autres sources d'émission de ces types de champs;
- 4) Préciser les scénarios de gestion prudente qui devraient faire l'objet d'une évaluation approfondie.

Le présent rapport fait état des travaux effectués par le groupe de travail ainsi que des conclusions découlant de ces travaux.

2 MÉTHODE

Afin de réaliser son mandat, compte tenu des contraintes budgétaires et de temps soumises par le ministère de la Santé, le groupe de travail a principalement misé sur une analyse des documents et rapports disponibles et sur un approfondissement de certains aspects spécifiques au Québec.

Les documents suivants, présentés par ordre chronologique de publication, ont servi de base aux travaux du groupe de travail :

- 1) *Possible health effects of exposure to residential electric and magnetic fields*. Committee on the possible effects of electromagnetic fields on biological systems. National Research Council, 1997.
- 2) *Pollution atmosphérique et champs électromagnétiques*, sous la direction de Patrick Levallois et Pierre Lajoie, Les Presses de l'Université Laval, 266 pages, 1997.
- 3) *Assessment of health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields*. Christopher J Portier et Mary S Wolfe Editors, Working group report, National Institute of Environmental Health Sciences/National Institutes of Health, 508 pages, 1998.
- 4) *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Health Physics 1998;74 : 494-522.
- 5) *Revue des effets des champs électromagnétiques d'extrêmes basses fréquences sur la santé et principe de gestion prudente*. Patrick Levallois, Pierre Lajoie et Denis Gauvin. Direction de la santé publique de Québec, 22 pages, septembre 1998.
- 6) *Power-frequency electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia in Canada*. McBride *et al.* Am J Epidemiol 1999;149(9) :831-42.
- 7) *NIEHS report on health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields*. National Institute of Environmental Health Sciences, National Institutes of Health, 67 pages, 1999.
- 8) *UK childhood cancer study investigators. Exposure to power-frequency magnetic fields and the risk of childhood cancer*. Lancet 1999; 354 : 1925-31.

De plus, plusieurs présentations ont été faites par les membres du groupe de travail ou par des invités. Les principales présentations ont été effectuées lors des réunions suivantes :

Réunion du 9 décembre 1998

- Historique du comité de suivi et position de l'équipe du CHUL (Pierre Lajoie)

- Résumé des positions adoptées par le BAPE et le MENV lors de projets de nouvelles lignes de transport d'électricité (Denis Gauvin)
- Position de la Direction de la santé publique de Montréal-Centre lors des audiences publiques antérieures (Louis Drouin)
- Position de la Direction de la santé publique de la Montérégie lors des audiences publiques antérieures (Claude Prévost)

Réunion du 15 février 1999

- Données d'exposition aux CEM (Denis Gauvin)
- Principales études d'Hydro-Québec sur la mesure des CEM (Michel Plante, Hydro-Québec)
- Risque pour les porteurs de stimulateur cardiaque (Guy A. Riendeau, Hydro-Québec)
- Normes et standards d'exposition (Patrick Levallois)
- Effets de l'exposition aiguë aux CEM - Effets et mécanismes d'action (Gaétan Carrier)

Réunion du 12 avril 1999

- Taux d'incidences de leucémie chez les enfants (Geneviève Baron, DSP Montérégie)
- Stimulateurs cardiaques - La situation au Québec (Claude Tremblay)
- Revue des études sur les effets de l'exposition résidentielle et professionnelle aux CEM (Gilles Thériault)
- Revue des études expérimentales (Gaétan Carrier)
- Consensus des principaux organismes sur les risques associés aux CEM (Patrick Levallois)

Réunion du 31 mai 1999

- Résultats de l'étude épidémiologique de McBride (Gilles Thériault)
- Cadre d'analyse des solutions de gestion (Pierre Lajoie)

Réunion du 29 juin 1999

- Position du MENV en regard des CEM et des nouvelles lignes à haute tension (Linda Tapin et Luc Valiquette, MENV)
- Position du comité en regard de scénarios de gestion prudente (Pierre Lajoie)

Réunion du 4 février 2000

- Discussions et commentaires sur le document de travail

Au total, le groupe de travail s'est réuni à 6 reprises de décembre 1998 à février 2000 (voir annexe 2). Suite à ces réunions, deux conférences téléphoniques ont été tenues afin de discuter du contenu final du rapport. Le présent rapport a été entériné par l'ensemble des membres du groupe de travail.

La copie des documents déposés par le groupe de travail lors de ces conférences est présentée à l'annexe 3 de ce rapport.

3 CONSENSUS SUR L'ÉVALUATION DES RISQUES

3.1 *Résumé des connaissances*

Compte tenu des nombreux travaux de synthèse réalisés sur le sujet, le groupe de travail n'a pas voulu refaire une revue détaillée de la littérature mais plutôt résumer les éléments les plus importants pouvant servir de base à un consensus de santé publique. Par ailleurs, bien que les champs générés par les lignes électriques soient de type magnétique ou électrique, il est important de mentionner que les études sur les effets d'une exposition chronique à ces champs ont principalement considéré l'exposition au champ magnétique. Les effets possibles du champ électrique n'ont ainsi pu être considérés spécifiquement dans ce rapport que lors de situations d'exposition de courte durée (exposition aiguë).

3.1.1 *Les études expérimentales*

De nombreuses études expérimentales réalisées chez l'animal ou au niveau cellulaire ont permis de tester le potentiel carcinogène des champs électromagnétiques ou encore de vérifier des hypothèses quant à un mécanisme d'action possible des CEM. Récemment, une revue de ces études a été présentée par un groupe de travail du « National Institute of Environmental Health Sciences (Portier, 1998). Les principales interprétations de ces études ont d'ailleurs été reprises dans le document entériné par le NIEHS (1999).

La réalisation d'études expérimentales chez les animaux ou sur des cellules offre l'avantage de contrôler les conditions d'exposition ainsi que l'effet de co-facteurs. Par contre, deux limitations se posent, soit l'extrapolation des résultats à d'autres espèces, dont l'humain et l'extrapolation des conditions d'exposition. Les conditions en laboratoire sont différentes des expositions courantes en milieu résidentiel ou en milieu de travail. En effet, les niveaux de champs utilisés en laboratoire sont généralement supérieurs et présentent une plus grande uniformité, tant au niveau de l'intensité que des fréquences. Cependant, bien qu'imparfaites, les études expérimentales demeurent des outils généralement utiles pour détecter un effet délétère chez l'animal et évaluer son potentiel d'occurrence chez l'humain.

Les effets aigus liés au courant induit

Les effets sur l'organisme humain suite à une exposition aiguë aux CEM sont liés à l'induction de courant. Ils ont trait principalement à la stimulation des fibres nerveuses et musculaires. Les premiers effets observables du courant induit chez l'humain sont les phosphènes et apparaissent généralement, à une fréquence de 50 Hz, lors d'une induction de courant de 30 à 100 mA/m², ce qui correspond à un niveau de champ magnétique d'environ 10 mT (Levallois, 1996). En 1987,

l'OMS a publié un document dans lequel est présentée une synthèse des principaux effets biologiques sur l'organisme selon l'intensité du courant induit pour les gammes de fréquences se situant entre 3 et 300 Hz (WHO, 1987). Ces effets sont présentés succinctement au tableau suivant :

DENSITÉ DU COURANT (mA/m ²)	EFFETS
> 1 000	extrasystoles et fibrillation ventriculaire possibles : danger évident
100 – 1 000	modification de l'excitabilité du système nerveux, stimulation musculaire prouvée : danger possible
10 - 100	phosphènes, autres effets possibles sur le système nerveux, stimulation de l'ossification : effets évidents, mais dont le caractère délétère n'est pas prouvé
1 - 10	effets biologiques mineurs
< 1	absence d'effets établis

Adaptation de WHO, 1987 dans Levallois, 1996

Les arguments scientifiques évoqués pour l'établissement des limites d'exposition s'appuient sur ces effets du courant induit sur l'organisme (voir section 4.1). Les effets résultant d'une exposition aiguë aux CEM à fortes doses sont néanmoins difficilement utilisables pour prédire les effets à faible dose, soit aux niveaux auxquels la population générale est habituellement exposée.

Les effets d'une exposition chronique

Les études d'exposition chronique réalisées sur presque la vie entière des animaux de laboratoire n'ont pas permis jusqu'à maintenant de démontrer un effet cancérigène des CEM, tant au stade de l'initiation que de la promotion du cancer (National Toxicology Program, 1998 ; Mandeville, 1997 ; Yasui, 1997 : cités dans Portier, 1998). En effet, malgré la réalisation de plusieurs études d'envergure, la plupart des résultats se sont avérés négatifs (en particulier voir Mandeville *et al.*, 2000; 1997) et les quelques rares résultats positifs ne permettent pas de tirer de conclusion claire. Les études sub-chroniques ayant évalué l'effet promoteur des CEM lorsque associés avec un cancérigène connu, donnent des résultats tantôt positifs tantôt négatifs. Cependant, l'exposition aux cancérigènes initiateurs et aux CEM sont généralement à des niveaux très élevés, niveaux qui

peuvent affecter le fonctionnement normal des cellules à cause d'un effet toxique direct. Ces résultats sont difficilement transposables aux niveaux auxquels les humains sont exposés. Le NIEHS est d'avis que l'ensemble de ces études ne permet pas d'expliquer les observations de certaines études épidémiologiques quant à l'augmentation du risque de leucémie associée à l'exposition aux CEM (NIEHS, 1999).

En ce qui concerne les effets biologiques observés au niveau cellulaire, les études démontrent de façon incontestable que les champs magnétiques à des intensités supérieures à 100 μT peuvent induire des effets pouvant communément être associés au cancer, tels que l'induction de la synthèse de l'ARN et la prolifération cellulaire. Néanmoins, les études récentes n'ont pas démontré, et ce de façon constante, d'effet quant au taux de mutations avec une intensité inférieure à 100 μT . Il est généralement accepté que l'énergie associée aux CEM d'extrêmes basses fréquences est insuffisante pour produire des dommages directs à la structure de l'ADN. De plus, les modèles théoriques proposés pour les effets inférieurs à ces niveaux, et particulièrement inférieurs à 5 μT , sont controversés et ne peuvent être validés.

Ainsi, les résultats des études expérimentales récentes sur la cancérogénicité et les mécanismes d'action sont plutôt rassurants. Elles ne peuvent toutefois pas exclure totalement un effet de type promoteur.

3.1.2 Le risque de leucémie chez les enfants et les adultes

À la lumière des revues de la littérature récentes sur le sujet (National Research Council, 1997; National Institute of Environmental Health Sciences, 1998), la plus grande préoccupation concernant l'exposition aux CEM est le risque de leucémie, autant chez l'enfant que chez l'adulte. Nous présentons séparément l'évaluation qui a été faite par le groupe de travail et ensuite nous procédons à une synthèse.

3.1.2.1 Risque de leucémie chez les enfants

Il s'agit du risque potentiel considéré par la majorité des groupes d'experts comme le mieux documenté. Depuis la première publication de Wertheimer et Leeper (1979), ayant rapporté un excès de cancers chez les enfants dont l'exposition estimée aux CEM était plus élevée, près d'une vingtaine d'études ont été réalisées sur le sujet.

La méta-analyse la plus importante (Wartenberg, 1998) inclut 16 études ayant porté sur l'évaluation des effets possibles de l'exposition résidentielle au champ magnétique provenant des lignes électriques. Le risque relatif de leucémie infantile associé à diverses estimations de l'exposition passée (avant le diagnostic de la maladie) est augmenté de façon significative et varie de 1,2 à 1,9. L'auteur conclut à une association ne pouvant être due à la chance. Parmi ces études, quatre ont essayé de mesurer les niveaux actuels de champ dans les résidences (mesures ponctuelles) mais leurs résultats ont été en général négatifs (RR = 0,9, intervalle de confiance (IC)

à 95% : 0,5-1,8 ; si niveaux de champ $> 0,2 \mu\text{T}$). Par ailleurs, seulement 3 études ont pu estimer l'exposition passée par modélisation et elles tendaient vers une augmentation du risque : RR = 1,9 (IC 95% : 1,1-3,4), si les niveaux de champs étaient $> 0,2 \mu\text{T}$.

D'autres études plus récentes ont aussi été révisées (Levallois *et al.*, 1998). Le groupe de travail s'est attardé particulièrement à étudier les deux études réalisées récemment aux USA (Linet *et al.*, 1997) et au Canada (McBride, 1999). L'étude de Linet *et al.*, (1997), de taille très importante, a porté sur 638 cas et 620 témoins âgés de moins de 15 ans, provenant de 9 États américains. Des mesures de champ magnétique (en particulier de dosimétrie de 24 h dans les chambres) ont été effectuées dans la plupart des résidences occupées précédemment par les participants. De nombreuses co-variables ont été considérées dans l'analyse afin d'éliminer des effets de confusion. Une association statistiquement significative a été observée mais uniquement pour les niveaux de champ supérieur à $0,3 \mu\text{T}$: RR = 1,7 (IC 95% : 1,0 - 2,9) sans relation dose-réponse. Par ailleurs, aucune relation n'a été observée avec la codification des lignes électriques (indicatrice de l'exposition passée et présente) telle qu'observée dans les études antérieures (Wertheimer et Leeper, 1979; Savitz *et al.*, 1988; London *et al.*, 1991).

L'étude de McBride *et al.* (1999), réalisée à l'échelle canadienne, a porté sur 399 enfants atteints de leucémie qui ont été comparés au même nombre de témoins. Cinq provinces ont participé à cette étude dont le Québec. L'étude a certaines forces indéniables, dont le fait qu'il s'agisse d'une étude menée sur des cas incidents collectés de façon prospective, avec dosimétrie personnelle de 48 h et mesures de 24 h dans les résidences utilisées précédemment par les participants. Aucun lien n'a été observé si l'exposition récente était supérieure à $0,2 \mu\text{T}$ (RR = 1,12; IC 95% : 0,7-1,8) et si l'exposition estimée 2 ans avant le diagnostic était supérieure à $0,2 \mu\text{T}$ (RR = 1,02; IC95% : 0,6-1,6). Aucun lien n'a été observé avec la codification des lignes électriques situées à proximité des résidences des participants. Les membres du groupe de travail ont noté cependant que l'estimation de l'exposition passée à l'aide de la dosimétrie personnelle n'était pas exempte d'incertitude.

Plus récemment en Ontario, une équipe de chercheurs (Green *et al.*, 1999) a présenté les résultats d'une étude portant sur 201 cas et 406 témoins. Cette étude a certaines limites dues à sa nature rétrospective (cas collectés de 1985 à 1993) entraînant des difficultés importantes pour la sélection des participants et l'estimation de leur exposition passée. Les résultats rapportés sont plutôt instables. Cependant, une tendance est observée soit une augmentation du risque lors d'une exposition supérieure à $0,15 \mu\text{T}$, particulièrement chez les enfants âgés de moins de 6 ans (RR=4,5 ; IC 95% : 1,3-15,9). Aucun lien n'a été observé avec la codification électrique des résidences des participants.

Enfin, l'étude menée sous la direction de Richard Doll en Angleterre (UK Childhood Cancer Study Investigators, 1999) a été publiée récemment. Cette vaste étude a porté sur 1 073 enfants atteints de leucémie et le même nombre de témoins. L'ensemble des cas survenus en Angleterre, Pays de

Galles et Écosse ont été étudiés. La mesure de l'exposition moyenne un an avant le diagnostic (ou l'équivalent pour les témoins) a été évaluée à l'aide de mesures ponctuelles prises dans les résidences et dans les écoles fréquentées par les enfants. Des dosimétries dans la chambre à coucher des enfants ont aussi été effectuées chez les plus exposés lors des mesures ponctuelles. Aucun excès de risque n'a été observé chez les enfants exposés à plus de 0,2 μT en comparaison à ceux exposés à moins de 0,1 μT (OR= 0,90 ; IC 95% : 0,49-1,63). Cependant les effectifs exposés à plus de 0,2 μT étaient très faibles (21 cas et 23 témoins). De plus, un excès non significatif a été observé pour une exposition supérieure à 0,4 μT (OR=1,68 ; IC 95% : (0,40-7,10). Les auteurs ont reconnu eux-mêmes les limites de leur étude pour évaluer les effets des expositions supérieures à 0,4 μT .

Aucune méta-analyse n'a encore intégré les résultats des études récentes réalisées sur la leucémie de l'enfant. Cependant, tel que précisé dans l'éditorial accompagnant l'article de l'étude de Doll, le faible nombre de cas et témoins observé dans les catégories les plus exposées font que les résultats de l'étude anglaise auront probablement aucun impact significatif sur les résultats des méta-analyses qui seront réalisées subséquemment (Repacholi et Ahlbom, 1999).

Par ailleurs, les analyses regroupées (« pooling ») de 13 études, dont 10 incluant un calcul de l'exposition au champ magnétique, démontrent que le risque relatif de leucémie est stable jusqu'à 0,2 μT et augmente ensuite progressivement jusqu'à un maximum de 1,8 (I.C. 95% : 1,1-2,9) pour les expositions supérieures à 0,6 μT (Greenland *et al.*, 1999).

3.1.2.2 Risque de leucémie chez les adultes

Le risque de leucémie chez les adultes a particulièrement été étudié en milieu de travail.

Dans une méta-analyse portant sur 38 études ayant évalué ce risque, Kheifets *et al.* (1997) rapportent une très légère augmentation du risque relatif chez les travailleurs les plus exposés (RR = 1,2; IC 95% : 1,1-1,2) mais sans relation dose-réponse. D'après les auteurs, l'hétérogénéité des résultats et le manque de relation claire font douter d'un lien causal avec l'exposition aux champs électromagnétiques. Thériault (1997) a révisé en détails les études les plus récentes sur le sujet. Il fait ressortir l'hétérogénéité des méthodologies et des analyses des études réalisées en milieu professionnel et propose que cette hétérogénéité peut expliquer en partie les résultats inconstants observés. Il conclut que les études n'ayant pas observé d'excès de risque ne peuvent pas servir à nier les résultats de celles ayant observé un tel excès, puisque qu'aucune étude ne suivait un protocole identique à la précédente.

D'autres part, peu d'études ont été réalisées en regard des risques de leucémie de l'adulte associés à l'exposition résidentielle. Les dernières réalisées sur le sujet ont observé des résultats contradictoires et peu convaincants (Levallois *et al.*, 1998). Cependant une étude suédoise (Feychting *et al.*, 1997) a laissé entrevoir la possibilité de synergie entre l'exposition professionnelle et résidentielle. Par ailleurs, une synthèse des différentes études réalisées sur les

risques associés aux expositions provenant des lignes électriques à haut voltage par Gilles Thériault (présentation de Gilles Thériault, annexe 3) semble démontrer une certaine constance quant à un excès de risque de leucémie, tant chez les enfants que chez les adultes résidant près de ces lignes.

3.1.2.3 Évaluation de la possibilité d'un lien causal

Les résultats de telles études épidémiologiques doivent être évalués à l'aide de critères de référence pour juger de la probabilité d'un lien causal. Les principaux critères de Bradford-Hill (1965) ont été utilisés à cette fin par le groupe de travail :

- 1) *La force de l'association.* La force de l'association observée dans plusieurs études épidémiologiques avec un résultat significatif est généralement faible à modérée ($RR < 2$) si l'on se réfère à l'échelle de Monson. Cependant, ceci doit être interprété avec prudence compte tenu des erreurs de mesures des expositions passées (à cause de la nature rétrospective de la plupart des études et aussi à cause du manque de connaissance du véritable paramètre biologiquement actif).
- 2) *La constance de l'association.* Elle a été notée dans les études antérieures sur le risque de leucémie de l'enfant avec la codification électrique mais n'a pas été observée dans les études publiées récemment. Cependant, la validité de la codification électrique comme indicateur de la dose d'exposition réelle au champ magnétique est incertaine. Par ailleurs, l'utilisation de meilleurs indicateurs de l'exposition passée (modélisation ou mesures dans la plupart des résidences occupées par les participants) a donné des résultats inconstants. En intégrant l'ensemble des études épidémiologiques (via l'utilisation d'une méta-analyse ou d'un <pooling>), le résultat global montre une tendance à observer une faible association avec la leucémie de l'enfant, particulièrement pour les expositions les plus élevées. Cette tendance est aussi présente chez l'adulte mais principalement pour les expositions professionnelles.
- 3) *La spécificité de l'association.* Elle est faible dans le cas des leucémies de l'adulte puisque, d'une étude à l'autre, le type histologique différerait lorsqu'une association a été observée. Par contre, le lien avec la leucémie de l'enfant (principalement de type aigu lymphoblastique) semble plus spécifique.
- 4) *La temporalité de l'association.* Même si l'estimation de l'exposition passée reste imprécise, les associations observées ont dans l'ensemble concerné les expositions avant le diagnostic de la maladie.
- 5) *La relation dose-réponse.* Même si l'augmentation graduelle du risque en fonction des niveaux de champs magnétiques a rarement été observée dans les études épidémiologiques, on observe qu'en général les niveaux d'exposition les plus élevés ont été associés aux

risques relatifs les plus élevés. Cette observation est vraie autant pour les études réalisées en milieu de travail qu'en milieu résidentiel. Cependant, dans le cas des expositions résidentielles, la taille des populations étudiées exposées à de forts niveaux de champs était généralement trop petite pour l'évaluation statistique de la tendance (relation dose-réponse).

- 6) *La plausibilité biologique.* De nombreuses études de laboratoire ont été réalisées pour comprendre les mécanismes par lesquels l'exposition à des champs de faible intensité pourrait initier ou stimuler l'apparition de tumeurs ou de leucémie. Les études d'exposition chronique réalisées sur la vie entière des animaux de laboratoire n'ont pas permis jusqu'à maintenant de conclure en un effet cancérigène des CEM, tant au niveau initiation que promotion du cancer (Portier, 1998). Cependant, en raison de l'extrapolation des données animales à l'humain ainsi que de l'extrapolation des expositions aux CEM en laboratoire aux expositions dans l'environnement, des interrogations persistent quant à la validité des résultats des études effectuées jusqu'à maintenant chez l'animal. Par ailleurs, plusieurs mécanismes actuellement à l'étude sont compatibles avec un effet possiblement promoteur des champs (en particulier l'effet sur la sécrétion de la mélatonine).

Dans l'ensemble, bien que la relation observée dans les études épidémiologiques ne puisse être due à la chance, plusieurs données font défaut pour permettre d'affirmer qu'il s'agit d'une relation de nature causale. En particulier, l'inconsistance dans l'évaluation de relation dose-réponse et l'absence de support provenant des études de laboratoires vont plutôt à l'encontre d'une relation causale. Par ailleurs, la difficulté d'identifier des mécanismes d'action qui pourraient expliquer des effets cancérigènes peut être le résultat de notre méconnaissance des paramètres physiques les plus actifs des CEM au niveau biologique à faible intensité (Carrier, 1997).

3.1.3 *Les autres risques potentiels associés à l'exposition chronique*

Le groupe de travail n'a pas revu en détail la littérature disponible sur les risques autres que la leucémie de l'enfant et de l'adulte. Les revues de la littérature récentes effectuées sur le sujet (NRC, 1997; Portier, 1998) démontrent clairement que les autres risques étudiés sont encore plus incertains (ex. : cancer du cerveau) et ne peuvent faire l'objet d'une démarche d'analyse de risque. Mentionnons cependant que certains cancers (cancer du sein en particulier) et les effets sur le système nerveux et neuropsychique (maladies dégénératives, dépression...) sont encore à l'étude. Par ailleurs, dans le cadre d'une revue des nouvelles recommandations de l'ICNIRP (voir section 4.1), le groupe de travail a pris connaissance des études suggérant la possibilité d'un effet cardiaque (troubles du rythme cardiaque) à de faibles niveaux de champs (présentation de Patrick Levallois, annexe 3).

Le caractère préliminaire de ces études limite l'utilisation de leurs résultats dans une démarche d'évaluation quantitative du risque mais invite à être vigilant quant aux possibilités de risques touchant différents systèmes biologiques.

3.1.4 *Le cas particulier des porteurs de stimulateurs cardiaques*

Les possibilités de malfonctionnement des stimulateurs cardiaques liées à la présence des champs électromagnétiques sont mentionnées par le Conseil de l'Union Européenne (1999), par l'ICNIRP (1998), et l'ACGIH (1999). Seul, l'ACGIH recommande cependant des niveaux limites d'exposition pour les porteurs de tels appareils médicaux. Il précise qu'en absence d'information spécifique de la part du manufacturier sur les interférences électromagnétiques, l'exposition des personnes portant un stimulateur cardiaque ou appareil médical électronique similaire devrait être maintenue à un niveau inférieur à 1 kV/m pour le champ électrique et à 100 μ T pour le champ magnétique. Bien qu'en théorie, les stimulateurs cardiaques peuvent être vulnérables aux interférences électromagnétiques externes, toutefois en pratique, la plupart de ces appareils offrent une bonne protection contre ces interférences (Cox, 1995). Les effets possibles des champs sur les stimulateurs sont l'inhibition de la formation de l'impulsion, la reprogrammation avec les paramètres entraînant un rythme de stimulation dangereux, l'impulsion inappropriée, la mise en route d'un programme de secours ou le malfonctionnement temporaire ou permanent du stimulateur (présentation de Guy Riendeau, annexe 3). Les principaux risques ont trait aux stimulateurs fonctionnant sur le mode demande et de type unipolaire (Levallois, 1996). Par mesure de prudence, Hydro-Québec a émis un avis s'adressant aux visiteurs de leurs installations. Ainsi, on peut lire : « Avis aux porteurs de stimulateurs cardiaques : Les champs électrique et magnétique, présents dans les centrales et sous les lignes à haute tension, peuvent parfois nuire au fonctionnement normal des stimulateurs cardiaques. Par prudence, nous recommandons aux porteurs de ces appareils de s'abstenir de visiter ces installations ».

Au Québec, la question de l'exposition aux champs électromagnétiques générés par les lignes à haute tension et son impact potentiel sur le fonctionnement des stimulateurs cardiaques ont été soulevés. Selon les données de la Régie de l'assurance maladie du Québec (RAMQ), en référence aux codes d'actes médicaux, on implante en moyenne 3 500 stimulateurs cardiaques par année au Québec. Le nombre de porteurs et la question relative à une malfonction liée à une exposition aux champs électromagnétiques (CEM) sont inconnus. Pour répondre à ces interrogations, nous avons procédé à une enquête téléphonique auprès des responsables des cliniques où se font les implantations et les suivis. Les résultats montrent qu'il y aurait environ 22 000 patients porteurs d'un stimulateur cardiaque au Québec (voir annexe 3). On rapporte un seul cas faisant mention d'une malfonction d'un stimulateur cardiaque en relation avec une exposition aux CEM provenant de lignes à haute tension, sans documentation rigoureuse.

De l'ensemble de cette investigation, l'hypothèse d'impacts négatifs sur le fonctionnement des stimulateurs cardiaques suite à une exposition aux CEM générés par les lignes à haute tension semble peu probable. Cependant, le suivi des directives du manufacturier ainsi que celles du médecin traitant, sont la meilleure garantie de prévention de l'altération du fonctionnement de ces appareils par les CEM.

3.2 Consensus sur l'évaluation des risques

Les effets aigus associés à l'exposition aux CEM d'extrêmes basses fréquences sont bien documentés et surviennent à des niveaux d'exposition supérieurs auxquels la population générale est exposée. Le risque d'effet à la santé associé à l'exposition chronique aux CEM demeure toutefois incertain.

Ainsi, relativement aux risques des CEM, le groupe de travail en est arrivé aux conclusions suivantes :

- Les effets sur l'organisme humain liés à une exposition aiguë aux CEM sont bien documentés. Néanmoins, ces effets sont difficilement extrapolables en regard de l'effet des expositions chroniques à faible intensité et ne sont pas de même nature.
- En ce qui concerne l'exposition chronique, le risque le plus étudié concerne la leucémie chez l'enfant et l'adulte. La majorité des études épidémiologiques ont observé une association positive entre ces maladies et l'exposition aux CEM. Toutefois, la plupart des études les plus récentes réalisées chez les enfants n'ont pas observé d'augmentation significative du risque chez ceux qui avaient été exposés à un champ magnétique de plus de 0,2 μT pendant leur enfance. Par contre, les résultats des méta-analyses et des « pooling » de l'ensemble des études démontrent une tendance à observer une faible association avec la leucémie de l'enfant chez les populations plus exposées (>0,3 - 0,4 μT). Cependant, la plupart des études chroniques réalisées chez les animaux de laboratoire en regard de ce risque se sont avérées négatives.
- Après analyse de la littérature scientifique publiée sur le sujet depuis plus de 20 ans, le groupe de travail considère que 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 (en particulier celles résidant à proximité de lignes à haute tension). D'autres études sur le sujet sont encore en cours et l'état des connaissances est donc encore susceptible d'évoluer.
- Si le risque à la santé était réel, il serait néanmoins faible. Le risque relatif est vraisemblablement inférieur à 2. En ce qui concerne l'impact de ce risque en terme de santé publique, une évaluation quantitative basée sur le principe du pire scénario a permis d'estimer le nombre de cas de leucémie de l'enfant qui pourraient être attribuables aux CEM avec l'hypothèse d'une relation causale (présentation de Geneviève Baron, voir annexe 3). Ainsi, en prenant comme hypothèse un risque relatif de 1,5 et une estimation de 21 % de la population exposée à plus de 0,2 μT (source : étude de Deadman réalisée auprès des enfants témoins de l'étude de McBride *et al.* sur

la leucémie de l'enfant), au Québec, le nombre de cas de leucémies chez les enfants (0 - 14 ans) attribuables à l'exposition aux CEM (si le risque est réel) serait de 7 nouveaux cas par année, c'est-à-dire un peu moins de 10% du total des nouveaux cas à chaque année. Le NIEHS, en prenant une approche théorique semblable, a estimé qu'aux États-Unis, entre 5% et 15% des cas de leucémie chez les moins de 15 ans pourraient être causés par les CEM si le lien était causal. Le nombre de nouveaux cas par année causés par les CEM aux États-Unis serait de 2 à 6 cas par million d'enfants exposés.

Si l'on considère uniquement l'exposition provenant des lignes à haute tension, l'impact serait bien plus faible. On ne possède pas de données validées quant au pourcentage de la population québécoise exposée à plus de 0,2 μT résultant des lignes à haute tension. En Angleterre et dans les pays scandinaves, environ 0,2 % de la population réside à l'intérieur de 100 mètres de lignes de transport à haute tension, et est donc plus susceptible d'être exposée à des niveaux supérieurs à 0,2 μT . Un décompte du nombre de résidences situées à proximité des lignes à 735 kV réalisé dans la région de la Communauté urbaine de Québec a permis d'estimer que dans cette région, environ 0,6% de la population était exposée à plus de 0,2 μT dû à ce type de ligne. En postulant donc qu'entre 0,2 et 1 % de la population du Québec peut être exposée à plus de 0,2 μT résultant des lignes à haute tension, l'impact serait de 1 nouveau cas par 15 ans à 1 cas par 3 ans, ce qui représente entre 0,1 % et 0,5 % des nouveaux cas de leucémie à chaque année. Si le risque était réel, l'exposition aux champs électromagnétiques produits par toutes sources électriques confondues auraient un impact sur la santé relativement faible mais non négligeable. Par contre, l'impact résultant des lignes à haute tension seules serait beaucoup plus faible.

- L'incertitude entourant les connaissances actuelles, autant en ce qui concerne l'exposition (paramètres en cause, sources d'émission, facteurs de risque), les effets potentiels ainsi que la relation « dose - réponse », amène le groupe de travail à considérer qu'il est impossible pour le moment de produire une estimation précise du risque populationnel. Toutefois, le groupe de travail considère que si ce risque était réel, l'exposition de la population générale aux CEM provenant de toutes sources (et en particulier des lignes à haute tension) aurait un impact significatif d'un point de vue de la santé publique, compte tenu du type d'effets et de la population concernée, notamment dans le cas de la leucémie chez l'enfant.

4 CONSENSUS SUR LA GESTION DES RISQUES

4.1 *Normes et recommandations d'exposition aux champs électrique et magnétique*

Bien qu'il n'existe pas au Québec ou au Canada de norme ou recommandation d'exposition aux CEM émis par les lignes de transport et de distribution d'électricité, certains pays ou

organisations reconnues recommandent l'application de limites d'exposition à ces CEM. Un résumé des principales recommandations en milieu de travail et pour la population est présenté au tableau suivant :

Principales normes et lignes directrices relatives aux limites d'exposition continue aux fréquences de 50/60 Hz pour les travailleurs et le grand public*

Norme / ligne directrice	Intensité du champ électrique		Densité du flux magnétique	
	(kV/m)		(μT)	
	Public	Travailleurs	Public	Travailleur
Conseil de l'Union Européenne, 1999 (60 Hz)	4,16		83	
ICNIRP, 1998 (60 Hz)	4,16	8,33	83	416,6
ACGIH, 1999 (60 Hz)		25		1000
CENELEC, 1995 (60 Hz)	8,333	25*	533	1333
NRPB, 1993	10	10	1333	1333
Australie, NH&MRC, 1989 (50 Hz)	5	10	100	500
Allemagne, 1989 (50 Hz)	20,6	20,6	5000	5000

Adapté du Comité Fédéral - provincial - territoriale de la radioprotection, 1998

- ICNIRP : International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
- ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienist
- CENELEC : Comité européen de normalisation électrotechnique
- NRPB : National Radiological Protection Board
- NH&MRC : National Health & Medical Research Council (Santé nationale et Conseil de recherches médicales)

*Des spécifications peuvent être précisées quant à la possibilité d'effets sur les appareils médicaux, tels que les stimulateurs cardiaques, à des niveaux inférieurs à ceux indiqués ci-haut (Conseil de l'Union Européenne, 1999 ; ACGIH, 1999 ; ICNIRP, 1998). L'ACGIH recommande des niveaux limites de 100 μT pour le champ magnétique et 1 kV/m pour le champ électrique.

Les recommandations proposées par la Commission internationale sur la protection des radiations non-ionisantes (ICNIRP) servent souvent de références dans plusieurs pays du monde. Ces limites visent à prévenir la possibilité d'effets aigus chez les travailleurs et dans la population générale. Elles sont basées sur les connaissances scientifiques disponibles actuellement avec une approche prudente compte tenu des incertitudes inhérentes aux observations scientifiques. Les études ont montré l'apparition d'effets directs mineurs à partir d'une intensité de courant induit de 10 mA/m²(ICNIRP, 1998). Suite à une exposition induisant un courant de 10 à 100 mA/m², des changements fonctionnels au niveau du système nerveux central ont été observés. Selon l'ICNIRP, pour les fréquences de 1 à 1 000 Hz, 100 mA/m² (LOAEL) représente le seuil à partir duquel on peut observer des changements aigus dans l'excitabilité du système nerveux central.

Selon l'ICNIRP, ces effets peuvent être déclenchés lors d'une exposition ponctuelle sur une très courte période de temps.

D'autres effets, observés lors d'études réalisées en laboratoire peuvent néanmoins être difficilement expliqués par l'effet du courant induit, dont entre autres, l'apparition au repos d'un ralentissement du rythme cardiaque de 3 à 5 battements par minute chez l'humain, l'altération du transport calcique transmembranaire, la réduction de la sécrétion de la mélatonine chez le rat et l'altération de la transcription et de la traduction de l'ARN (Levallois, 1996). Ainsi, d'autres mécanismes pourraient éventuellement être pris en compte lors de l'évaluation des effets liés à des expositions chroniques.

L'ICNIRP précise que les données disponibles relativement aux effets chroniques, tel que le cancer, sont insuffisantes pour permettre l'établissement de critères (ICNIRP, 1998). Cette organisation a révisé substantiellement ses recommandations en 1998 (ICNIRP, 1998). Les recommandations proposées diffèrent des critères de 1990 (INIRC-IRPA, 1990) principalement par l'abandon des critères sur de courtes périodes et des niveaux d'exposition des extrémités du corps ainsi que l'ajout de facteurs de correction pour la fréquence.

En 1999, le conseil de l'Union Européenne a publié des recommandations relatives à la limite de l'exposition du public aux CEM de 0 Hz à 300 GHz (Conseil de l'Union Européenne, 1999). Ces dernières sont similaires à celles de l'ICNIRP mais le Conseil apporte certaines précisions à ces recommandations élargissant ainsi leur niveau d'application. Ainsi, il est précisé par le Conseil de l'Union Européenne que « *les mesures visant à limiter l'exposition du public aux CEM doivent être mise en balance avec les avantages en matière de santé, de sûreté et de sécurité qu'apportent les dispositifs émettant des CEM en termes de qualité de vie dans des domaines tels que les télécommunications, l'énergie et la sécurité publique* ». Il est également précisé que « *la présente recommandation a pour objectif de protéger la santé du public et s'applique donc en particulier aux zones concernées dans lesquelles le public passe un temps significatif au regard des effets relevant de la présente recommandations* ». Le Conseil de l'Union Européenne ajoute donc aux recommandations les notions de la balance entre les risques et les avantages pour la prise de décision ainsi que la prise en compte d'une durée d'exposition significative. Aucune précision n'est présentée quant à cette durée significative d'exposition.

Les pays membres de l'Union Européenne sont pour la plupart présentement en processus d'évaluation de ces recommandations afin de statuer de leur application dans leur communauté respective (McManus, 2000). Au Canada, le groupe de travail du Comité fédéral-provincial-territorial de la radioprotection a rendu public en 1998 un document sur les CEM et les effets sur la santé (CFPTR, 1998). Bien qu'aucun niveau limite ne soit recommandé par ce groupe de travail, il précise que « *les limites d'expositions établies peuvent assurer une protection contre les graves dangers qui peuvent résulter d'une exposition à des niveaux d'intensité élevés* ».

Les limites proposées entre autres par l'ICNIRP et l'ACGIH pour la prévention des effets

associés à l'exposition aiguë posent certains problèmes au point de vue de l'applicabilité. En effet, les limites recommandées de champs électriques proposées par l'ICNIRP seraient fréquemment dépassées par le public qui utilise les emprises des lignes de transport de 230 kV et plus, les niveaux maximums sous les lignes à 735 kV, par exemple, pouvant atteindre 10 kV/m (Hydro-Québec, 1991). Aux limites des emprises de ces lignes, il n'y aurait toutefois pas de dépassement de ces critères. Chez les travailleurs, des dépassements de ces recommandations sont également possibles pour les employés qui sont affectés entre autres, à l'entretien des lignes électriques.

Pour ce qui est des limites du champ magnétique proposées par l'ICNIRP, des dépassements sont possibles pour le public lors de l'utilisation de certains appareils électriques domestiques et également en milieu de travail lors de l'exécution de certaines tâches tel le travail sous tension au contact des lignes électriques. Relativement aux recommandations proposées par l'ACGIH pour les porteurs de stimulateurs cardiaques, des dépassements sont également possibles pour la population générale et les travailleurs, tant pour le champ électrique que pour le champ magnétique. Cependant, l'identification de telles situations au Québec, en particulier dans les milieux de travail autres qu'Hydro-Québec, fait défaut.

Le principe de base des recommandations proposées par l'ICNIRP pour les CEM d'extrêmes basses fréquences repose essentiellement sur la limitation du courant induit sur les fonctions du système nerveux central. Ainsi, pour les fréquences se situant entre 4 Hz et 1 kHz, l'exposition aux CEM en milieu de travail devrait être limitée afin que la densité du courant induit soit inférieure à 10 mA/m². Cette valeur limite a été déterminée à partir du niveau (100 mA/m²) où une modification de l'excitabilité du système nerveux central et d'autres effets aigus pouvant affecter la santé sont observés en ajoutant un facteur de sécurité de 10. Pour le public, un facteur de sécurité supplémentaire de 5 a été ajouté limitant ainsi le courant induit à 2 mA/m², conduisant à un facteur de sécurité de 50.

Ce facteur additionnel de sécurité pour le public a fait l'objet de certaines critiques de la part de la communauté scientifique (Osepchuk, 1999; Bailey, 1999). Le National Radiological Protection Board (NRPB, 1999) au Royaume Uni a également précisé qu'il n'existe pas de preuve scientifique pour supporter l'application de ces facteurs de sécurité additionnels pour le public. Ainsi, le NRPB remet en question la justification scientifique de ces nouvelles recommandations et a décidé de ne pas modifier ses normes pour les travailleurs et le public en général. L'ICNIRP reconnaît qu'il n'existe pas présentement de données scientifiques permettant d'établir un facteur de sécurité définitif, tant pour les critères d'exposition en milieu de travail que pour l'exposition du public. Le facteur de sécurité pour le public tient compte de la susceptibilité plus grande de certains groupes ou individus.

4.2 *Principe de gestion du risque dans l'incertitude*

4.2.1 *Principe de précaution*

Devant l'incertitude face aux effets chroniques, plusieurs professionnels ou regroupement de professionnels de la santé reconnaissent la pertinence d'exercer une certaine prudence en appliquant des mesures de réduction de l'exposition. En santé publique, une approche de « prudence » est souvent préconisée. La prudence, selon le dictionnaire, se définit comme « une attitude d'esprit qui tient compte des conséquences prévisibles de ses décisions et de ses actes, vise à éviter les erreurs et les effets néfastes » (Petit Robert, 1991). Le terme de prudence fait appel aux notions de « sagesse », de « conduite raisonnable » et de « précaution ». Cette prudence découle du principe de précaution (« precautionary principle ») (Horton, 1998; Levallois, 1995; Bonham, 1994). La définition de Horton est une adaptation de la définition retenue par le ministère de l'Environnement de la Grande-Bretagne. Le principe de précaution a joué un rôle de plus en plus important dans les négociations internationales dans le domaine de l'environnement, notamment lors de la Conférence sur la Mer du Nord (Power, 1998; Bodansky, 1991).

Le principe de précaution*

Nous devons baser notre action sur les faits en les interprétant de la façon la plus objective possible et en utilisant les meilleures connaissances scientifiques disponibles. Cela ne signifie pas pour autant que nous devons agir seulement lorsque nous avons 100 % de la preuve sur tout. Quand la santé de la population est en jeu, les risques peuvent être si élevés et les coûts d'une action correctrice si importants que la prévention est préférable. Dans ces circonstances, nous devons analyser les bénéfices et les coûts potentiels de l'action ou de l'inaction. Quand il y a des risques significatifs pour la santé publique, nous devrions être prêts à prendre action pour diminuer ces risques même si les connaissances scientifiques ne sont pas concluantes, si la comparaison des coûts et des bénéfices le justifie.

(traduction libre)

(Horton R. The New New Public Health of Risk and Radical Engagement (editorial).

Très récemment, le principe de précaution a été invoqué dans l'entente de Montréal sur les organismes génétiquement modifiés (OGM). L'approche d'évitement prudent ("prudent avoidance") préconisée face à certains risques pour la santé s'apparente aussi au principe de précaution. En rapport avec les CEM, une stratégie détaillée d'évitement prudent a été proposée (Morgan, 1994).

Suite à l'apparition en Grande-Bretagne et en France d'une douzaine de cas d'une nouvelle variante de la maladie de Creutzfeldt-Jacob, laquelle s'apparente à « la maladie de la vache folle » (l'encéphalopathie spongieuse bovine), le principe de précaution a été invoqué au Canada pour limiter le risque de transmission possible par le sang (Ricketts, 1997). Par exemple, on a recommandé de refuser les dons de sang provenant des personnes qui ont séjourné en Grande-Bretagne au cours des cinq dernières années. Certains auteurs préconisent aussi l'application du

principe de précaution pour la prévention du cancer du sein en rapport avec l'exposition avec des substances organochlorés dans l'environnement (Davis, 1998).

4.2.2 *Gestion des CEM dans d'autres pays*

Suède

En Suède, en 1996, un consortium d'agences gouvernementales a publié des lignes directrices pour les décideurs concernant les CEM à très basses fréquences (SNBOSH, 1996). De façon générale, on considère que les preuves sont insuffisantes pour justifier une valeur limite d'exposition. Toutefois, les connaissances sont suffisantes pour justifier la précaution ou la prudence. La Suède, sans en faire une obligation réglementaire, recommande aux décideurs d'appliquer le principe de précaution selon la définition suivante :

« En général, si des mesures pouvant réduire l'exposition aux CEM de basses fréquences peuvent être prises à des coûts raisonnables et avec un impact acceptable sur tous les autres aspects, un effort devrait être entrepris pour réduire de façon radicale le niveau de CEM, si celui-ci est significativement supérieur à ce que l'on retrouve normalement dans le milieu concerné. Lorsqu'il s'agit d'une nouvelle installation électrique ou d'un nouvel édifice, des efforts devraient être pris au stade de la planification pour concevoir et localiser ceux-ci de façon à ce que l'exposition aux CEM soit réduite. »

La Suède propose deux critères de référence pour les décideurs : le champ magnétique « normal » et le coût raisonnable. Le champ magnétique « normal » est défini comme « le CEM moyen estimé ou mesuré dans le milieu concerné dans des conditions représentatives sur une longue période de temps ». Le coût raisonnable se fait en comparaison avec les coûts par décès évité d'autres sources, tel que mentionné.

États-Unis

À l'intention de « l'Office of Technology Assessment » du Congrès des États-Unis, une approche spécifique concernant le problème des champs électromagnétiques a été développée par Granger Morgan *et coll.*, de l'Université Carnegie Mellon à Washington. Cette approche est basée sur le concept « d'évitement prudent » ou « prudent avoidance » (Nair *et al.*, 1989; Morgan, 1994). Ces auteurs ont défini « l'évitement prudent » comme une « politique qui vise à réduire l'exposition de la population aux CEM par des mesures de mitigation simples applicables à moindre coût ».

L'évitement prudent peut ainsi comprendre les mesures suivantes :

- éviter les zones peuplées lors de l'implantation des nouvelles lignes de transport;
- élargir les emprises des lignes de transmission;
- modifier la conception des lignes de distribution;

- développer des moyens pour réduire les champs associés à la distribution électrique dans les maisons;
- modifier les appareils électriques pour minimiser ou éliminer les champs produits par ces appareils.

« L'évitement prudent », selon ces auteurs, représente une option intermédiaire qui consiste à préconiser une réduction de l'exposition aux champs électromagnétiques principalement lorsqu'il s'agit de sources autres que les lignes électriques ou encore de nouvelles lignes.

Il n'y a pas de norme nationale pour les niveaux de champs émis par les lignes d'électricité aux États-Unis. Pour le champ magnétique, deux États soit celui de New York et de la Floride ont actuellement une réglementation en vigueur. Ces normes ont été élaborées à partir de considérations techniques. En 1995, un comité du National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) avait recommandé dans un document de travail un critère de 1 μT (Anonymous, 1995). Ce comité avait aussi recommandé des valeurs limites de 0,2 μT à 1 μT pour les écoles, les hôpitaux, les résidences et les édifices à bureaux. Toutefois, ces recommandations n'ont jamais été entérinées et sont encore en révision (Anonymous, 2000).

Les CEM de 60 Hz ne sont actuellement pas considérés dans la classification des cancérigènes de l'Agence Internationale sur le Cancer (IARC). Un groupe de travail américain, mis sur pied par le National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) avait recommandé, en utilisant les mêmes critères que l'IARC, que les champs d'extrêmes basses fréquences soient considérés comme des « cancérigènes possibles » (Portier, 1998). La classification des cancérigènes chez l'humain selon la force de l'évidence, c'est-à-dire cancérigène (groupe 1), cancérigène probable (groupe 2A), cancérigène possible (groupe 2B), non classifiable (groupe 3) et probablement non cancérigène (groupe 4), facilite la prise de décision en santé publique. Lorsqu'un cancérigène est classé certain ou probable, il devient impératif d'agir pour protéger la santé publique. Lorsqu'il s'agit d'un cancérigène possible, la prise de décision est plus difficile mais des mesures de prudence sont habituellement prises après évaluation soigneuse de leurs coûts-bénéfices et de leurs effets secondaires.

En 1999, le NIEHS, suite à son évaluation des connaissances concernant les effets des CEM sur la santé, n'a pas retenu la recommandation du groupe de travail. Toutefois, il est arrivé à la conclusion que l'exposition aux CEM ne pouvait être reconnue comme entièrement sécuritaire à cause de la présence des résultats des études épidémiologiques démontrant la possibilité d'un faible risque d'excès de leucémie chez les populations les plus exposées.

« The NIEHS concludes that ELF-EMF exposure cannot be recognized as entirely safe because of weak scientific evidence that exposure may pose a leukemia hazard. In our opinion, this finding is insufficient to warrant aggressive regulatory concern. However, because virtually everyone in the United States uses electricity and therefore is routinely exposed to ELF-EMF, passive regulatory action is warranted such as a continued emphasis

on educating both the public and the regulated community on means aimed at reducing exposures. (...)

Therefore, the NIEHS is providing the following suggestions that are intended to give scope for future regulatory actions.

The NIEHS suggests that the level and strength of evidence supporting ELF-EMF exposure as a human health hazard are insufficient to warrant aggressive regulatory actions; thus, we do not recommend actions such as stringent standards on electric appliances and a national program to bury all transmission and distribution lines. Instead, the evidence suggests passive measures such as a continued emphasis on educating both the public and the regulated community on means aimed at reducing exposures. NIEHS suggests that the power industry continue its current practice of siting power lines to reduce exposures and continue to explore ways to reduce the creation of magnetic fields around transmission and distribution lines without creating new hazards. We also encourage technologies that lower exposures from neighborhood distribution lines provided that they do not increase other risks, such as those from accidental electrocution or fire. (...)

Many of the U.S. electric utility companies will measure fields in their customers' homes and help them to identify sources of high fields : we encourage continuation of this practice. Finally, the NIEHS would encourage the manufacturers of household and office appliances to consider alternatives that reduce magnetic fields at a minimal cost. We feel that the risks do not warrant major and expensive redesigning of modern electrical appliances, but inexpensive modifications should be sought to reduce exposures. (...)

In summary, the NIEHS believes that there is weak evidence for possible health effects from ELF-EMF exposures, and until stronger evidence changes this opinion, inexpensive and safe reductions in exposure should be encouraged”.

(NIEHS, 1999, p. 36-38)

Californie

En Californie, bien qu'il existe un vaste programme de recherche d'information et d'intervention concernant les CEM, il n'y a actuellement pas de politique formelle sur la prévention de l'exposition aux CEM (Public Health Institute, 1998). Cependant, au niveau du ministère de l'Éducation, il existe un règlement qui stipule des distances minimales à respecter entre les nouvelles écoles et les limites des emprises. Ces distances varient de 100 à 350 pieds pour les lignes de 50 à 550 kV. Au niveau de la Commission des compagnies d'électricité de la Californie, il y a une directive qui incite les entreprises à réaliser des mesures de réduction de l'exposition peu ou pas coûteuse, lors de la construction et de la rénovation des installations. Le ministère de la

Santé de la Californie applique quant à lui un programme de recherche, d'éducation et d'assistance technique.

Suisse

Récemment, la Suisse a adopté une ordonnance sur la protection contre le rayonnement non-ionisant (Anonymous, 2000; Conseil de l'Union Européenne, 1999). Cette ordonnance s'applique aux champs de très basses fréquences comme aux radiofréquences. Elle s'applique aux lignes aériennes et lignes de câbles de transport d'énergie électrique, aux stations de transformation, aux installations électriques domestiques, aux chemins de fer, aux émetteurs et aux radars. Pour les autorités suisses, cette ordonnance est une application du principe de précaution visant à réduire l'exposition au plus bas niveau compte tenu de la faisabilité technique et économique. Cette ordonnance oblige le respect des valeurs limites d'émission de l'ICNIRP dans les endroits non sensibles. Suite à la construction de nouvelles lignes, de nouveaux postes de transformation ou de chemins de fer, le champ magnétique ne doit pas excéder 1 μ T dans les milieux sensibles, c'est-à-dire les endroits où la population séjourne de façon significative (par exemple : les résidences, les écoles, les terrains de jeu et les hôpitaux).

Québec

Au Québec, plusieurs activités reliées à la gestion de l'exposition aux CEM ont été réalisées jusqu'à maintenant. Depuis le début des années 80, plusieurs projets de nouvelles lignes électriques ont fait l'objet d'étude d'impact et la plupart d'entre eux ont été analysés par le Bureau d'audience publique sur l'environnement (BAPE) : Nicolet-Des Cantons-Nouvelle Angleterre, Radisson-Nicolet-Des Cantons, Des Cantons-Lévis, Duvernay-Anjou (Beauchamp, 1996). Plus récemment, deux projets ont fait l'objet de consultations publiques soit ceux de Aqueduc-Atwater-Viger et de Hertel-Des Cantons. Dans le cadre de ces audiences publiques, Hydro-Québec, après avoir réalisé des études d'impact détaillées, a participé à titre de promoteur. Les représentants des directions de santé publique ont été présents comme personnes-ressources et comme experts. C'est suite aux recommandations du BAPE qu'a été réalisée l'étude effectuée auprès des travailleurs de l'électricité d'Hydro-Québec, d'Hydro-Ontario et d'Électricité de France. Un comité interministériel de suivi sur les effets des CEM a aussi été mis sur pied par le MSSS.

En 1991, dans le cadre des travaux de ce comité, un bilan des connaissances sur les effets des CEM et des perspectives de santé publique pour le Québec a été publié (Levallois, Lajoie, Gauvin, 1991). Ce bilan comprenait entre autres une analyse et une discussion des différentes approches de gestion de l'exposition aux CEM, dont celle de l'évitement prudent. Récemment, le bilan a été mis à jour et diffusé aux professionnels et au public (Levallois et Lajoie, 1997).

En regard de l'information, trois brochures ont déjà été publiées par Hydro-Québec. Un Centre d'interprétation sur l'électricité, l'Électrium, a été mis sur pied par Hydro-Québec en 1991. Le public en général et les professionnels de la santé peuvent obtenir de l'information auprès des

directions de la santé publique, du Centre de santé publique de Québec, de même que d'Hydro-Québec.

Récemment, la gestion du problème de l'exposition aux CEM a été étudiée par un comité de travail interne d'Hydro-Québec en s'attardant spécifiquement sur l'évaluation du concept d'évitement prudent. Soulignant certains aspects négatifs de ce concept pour l'entreprise, le rapport du comité de travail propose plutôt une politique de « gestion prudente » des CEM. Des analyses complémentaires ont été réalisées par Hydro-Québec en regard des pratiques actuelles de gestion dans l'ensemble des compagnies d'électricité (Hydro-Québec, 1996b) et des pratiques de conception et d'exploitation (Hydro-Québec, 1995). La politique proposée comprend 4 stratégies: le respect des normes et critères reconnus, la recherche, le suivi des connaissances et l'information (Hydro-Québec, 1996). Cette politique a été entérinée officiellement par Hydro-Québec en 1996.

4.2.3 *Critères de décision*

Bien que l'application du principe de précaution soit difficile, certaines recommandations générales ont déjà été faites sur le sujet (APHA, 1990). Pour déterminer quel degré de prudence l'on veut exercer, il n'existe pas de critères de décision faciles pour déterminer les mesures qui sont acceptables. Certains critères ont été utilisés dans d'autres situations : programmes de dépistage, détermination des stratégies de gestion des gaz à effet de serre. Deux critères ont été identifiés par Horton (1998) : les critères d'« effectiveness » et de « reasonableness ». Le présent groupe de travail a pour sa part considéré cinq critères pour évaluer les mesures préventives qui découlent du principe de précaution, soit : l'efficacité, la faisabilité technique, le coût raisonnable, l'acceptabilité sociale et la sécurité. Ces cinq critères rejoignent ceux de Horton. Ils sont définis de la façon suivante :

- Efficacité : « permet d'atteindre l'objectif visé de réduction de l'exposition aux CEM » ;
- Faisabilité technique : « techniques actuellement disponibles et facilement applicables » ;
- Coût raisonnable : « coût se rapprochant de celui d'autres mesures de prévention appliquées en santé publique » ;
- Acceptabilité sociale : « mesure avec laquelle la majorité de la population et de ses représentants sont d'accord ». Les aspects légaux peuvent être intégrés dans cette notion d'acceptabilité ;
- Sécurité : « n'implique pas d'effet indésirable pour la santé et la sécurité des individus ou la collectivité lors de l'application de ces mesures ».

4.3 *Consensus en regard de niveaux d'exposition limites pour le Québec*

L'exposition aiguë

L'approche générale suivie par l'ICNIRP en ce qui concerne la protection des travailleurs et du public est conforme à la pratique de gestion du risque dans le domaine de la santé environnementale. Une distinction est faite entre les travailleurs et le public. Dans la population générale, certains groupes d'individus peuvent avoir une durée d'exposition plus longue que les travailleurs et avoir une susceptibilité plus grande aux champs électromagnétiques. Soulignons que ces différences d'exposition et de susceptibilité sont peu documentées en ce qui concerne l'exposition aux champs électromagnétiques en comparaison avec d'autres contaminants, comme les polluants de l'air. Par exemple, il est bien documenté que les asthmatiques sont souvent des personnes plus sensibles à certains polluants de l'air comme l'anhydride sulfureux (SO₂). D'un point de vue éthique, il est également habituel de considérer que la population générale subit une exposition dite "involontaire" en comparaison avec les travailleurs.

L'utilisation d'un facteur de sécurité basé sur la plus basse concentration ou dose produisant des effets nocifs (LOAEL) est une approche courante en ce qui concerne les effets aigus. Toutefois, il n'y a pas d'uniformité concernant la valeur du facteur de sécurité acceptable. Par exemple, l'OMS Europe a retenu des facteurs de 2 pour ce qui est des concentrations maximales de plomb et d'anhydride sulfureux recommandées dans l'air (WHO, 1987b). Par contre, l'OMS utilise un facteur de 100 dans la recommandation concernant le sulfure d'hydrogène. Le facteur de sécurité de 50 retenu par l'ICNIRP pour les CEM peut apparaître élevé compte tenu de l'absence de documentation des effets.

L'ICNIRP est un organisme international indépendant parrainé par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) dont la crédibilité, jusqu'à maintenant n'a pas été remise en question. Toutefois, à la lumière des critiques, il y a sans doute lieu d'étendre davantage cette consultation et d'identifier de façon plus précise les impacts de ces recommandations sur le terrain. Soulignons toutefois, que les recommandations de l'ICNIRP (guidelines) ne sont pas des normes et ne sont donc pas exécutoires.

Le groupe de travail n'est actuellement pas en mesure d'évaluer de façon définitive la justification scientifique des recommandations de l'ICNIRP. Le groupe de travail est d'avis qu'une période intérimaire est nécessaire avant d'entériner les recommandations de l'ICNIRP afin d'évaluer de façon approfondie la justification et la portée de ces recommandations. D'ici là, les recommandations de l'ICNIRP devraient être considérées comme des objectifs à atteindre. La communauté scientifique internationale au cours des prochains mois, révisera l'ensemble des propositions de l'ICNIRP.

L'exposition chronique

En ce qui concerne les effets chroniques liés aux CEM, 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.

Ainsi, le groupe de travail considère qu'on ne peut établir de niveau limite d'exposition ou encore préconiser une distance minimale à respecter pour les lignes de transport d'électricité. Les résultats des études scientifiques actuelles sont présentement insuffisants pour justifier un niveau ou une distance sécuritaire. Cependant, la possibilité d'un risque non négligeable pour la santé publique justifie une approche de prudence.

4.4 *Consensus en regard de scénarios de gestion prudente*

Le groupe de travail a identifié différentes mesures préventives disponibles dans le cadre d'une gestion prudente de l'exposition aux champs électromagnétiques. Des mesures générales de même que certaines mesures spécifiques sont envisageables en fonction de scénarios particuliers d'exposition.

En ce qui concerne les mesures générales, le groupe de travail est d'avis qu'elles doivent faire partie intégrante d'une approche de gestion prudente au Québec. Ces mesures générales sont l'exercice d'une vigilance active de l'évolution des connaissances scientifiques, une caractérisation et un monitoring adéquat des sources pour les travailleurs et pour le public en général de même que le suivi de la perception du public et des médias. Une assistance technique et professionnelle est aussi indispensable pour répondre aux demandes d'information du public en regard des CEM. Une information active de la population est pertinente; elle doit être cependant adaptée au niveau de préoccupation de la population. De façon générale, on doit viser à atteindre les critères et objectifs proposés au niveau international. Un effort important de recherche et de développement est aussi pertinent dans ce domaine.

En ce qui concerne les mesures spécifiques qui peuvent être mises de l'avant pour réduire l'exposition au CEM provenant des lignes électriques, le groupe de travail est d'avis qu'elles doivent être évaluées pour déterminer leur caractère raisonnable avant qu'elles soient implantées. Un nombre limité de scénarios particuliers devraient être étudiés de façon prioritaire. Le choix est basé sur la fréquence relative de ces scénarios et de leur importance en regard de l'exposition de la population, notamment des enfants. De l'avis du groupe de travail, l'évaluation devrait porter sur les trois scénarios suivants :

- 1- la construction de nouvelles lignes près des habitations;
- 2- la construction ou l'aménagement de nouvelles écoles et garderies près de lignes existantes;
- 3- et l'utilisation des emprises des lignes.

En ce qui concerne la construction de nouvelles lignes, les mesures préventives potentielles suivantes devraient être évaluées soit l'élargissement des emprises, l'enfouissement et

l'optimisation des lignes. Pour la construction ou l'aménagement de nouvelles écoles et garderies près de lignes existantes, les mesures potentielles suivantes devraient être évaluées : limitation des permis, optimisation des lignes. Pour ce qui est de l'utilisation des emprises, les mesures préventives potentielles suivantes devraient être évaluées : interdictions d'usage spécifiques, avertissement du public. La pertinence et la justification de ces mesures spécifiques devraient être évalués sur la base des cinq critères de décision qui ont été énoncés précédemment. De plus, cette évaluation devrait prendre en compte les avantages et les inconvénients possibles de ces mesures.

L'évaluation des trois scénarios identifiés et des mesures concernées devrait être réalisée par un groupe de travail élargi mis sur pied spécifiquement à cette fin. Ce groupe de travail devrait comprendre des représentants des ministères concernés, des milieux municipal et scolaire, du public et des autres organismes pertinents. Ce groupe de travail devrait proposer au gouvernement du Québec et à ses partenaires, notamment Hydro-Québec, les éléments d'une politique de gestion des sources de champs électromagnétiques à très basses fréquences basée sur les principes de santé publique et tenant compte des incidences sociales et économiques. Ce groupe de travail devrait identifier et décrire les impacts potentiels de ces mesures, consulter Hydro-Québec et les autres entreprises concernées, les organismes publics et privés concernés de même que le public et proposer le modèle de gestion le plus approprié.

5 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Face à la résurgence de débats quant aux risques potentiels liés aux champs électromagnétiques émis par les lignes à haute tension, le ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec a mis sur pied un groupe de travail provincial afin d'établir un consensus sur le sujet. Le mandat du groupe était de mettre à jour l'information scientifique sur les risques associés aux champs électromagnétiques émis par les lignes à haute tension; tirer une conclusion sur ces risques en fonction de l'état actuel des connaissances scientifiques; décider de la pertinence de recommander des niveaux-limites d'exposition aux champs électromagnétiques d'extrêmes basses fréquences, générés par les lignes à haute tension, en tenant compte des autres sources d'émission de ces types de champs; préciser les scénarios de gestion prudente qui devraient faire l'objet d'une évaluation approfondie.

Pour remplir ce mandat, le groupe de travail a revu les principaux rapports et articles scientifiques récents et s'est de plus réuni à plusieurs reprises afin d'évaluer les divers aspects de cette problématique. Les conclusions et recommandations du groupe de travail sont les suivantes :

Les effets aigus associés à l'exposition aux CEM d'extrêmes basses fréquences sont bien documentés. Toutefois, le risque d'effet à la santé lié à l'exposition chronique demeure incertain. Le groupe de travail, après analyse de la preuve scientifique, considère que le lien causal entre l'exposition chronique aux CEM et l'apparition de cancers (leucémie chez l'enfant et chez l'adulte) n'est pas établi. Néanmoins, compte tenu de l'absence d'explication évidente des

résultats inconstants des études épidémiologiques, on ne peut exclure l'existence d'un tel risque. De plus, si le risque à la santé lié aux CEM était réel, il demeurerait néanmoins faible ($RR < 2$). Dans l'hypothèse où le risque était réel ($RR 1.5$), si l'on considère toutes les sources de CEM, environ 10% des cas de leucémie chez les 0-14 ans pourraient être expliqués par l'exposition aux CEM. Si l'on considère les lignes à haute tension seules, le pourcentage de cas relié aux CEM serait de moins de 1%. Le groupe de travail considère que l'impact de l'exposition aux CEM provenant de toutes sources est toutefois non négligeable compte tenu du type de problème de santé et de la clientèle concernés.

Relativement au risque lié à l'exposition aiguë aux CEM, l'ICNIRP a recommandé de nouvelles valeurs limites d'exposition visant à prévenir la possibilité d'effets aigus chez les travailleurs et dans la population générale. Au Québec, l'application des recommandations de l'ICNIRP a des implications majeures, autant pour les travailleurs que pour le public en général. Le groupe de travail constate que la procédure de consultation utilisée par l'ICNIRP est critiquée par plusieurs organismes importants et pose des problèmes d'applicabilité. Le groupe de travail n'est actuellement pas en mesure d'évaluer de façon approfondie le raisonnement scientifique de ces recommandations et est d'avis qu'une période intérimaire est nécessaire pour évaluer la justification et la portée de ces recommandations. Le groupe de travail considère qu'il y a lieu d'attendre l'avis définitif de la communauté scientifique et de l'ICNIRP sur ces recommandations et que d'ici là, Hydro-Québec doit identifier et évaluer les impacts de ces nouvelles valeurs limites recommandées.

En regard des effets chroniques des CEM, le groupe de travail considère qu'on ne peut présentement établir de niveau limite d'exposition ou encore préconiser une distance minimale à respecter des lignes de transport d'électricité. Les arguments scientifiques basés sur les données actuelles sont présentement insuffisants pour l'établissement de telles limites.

Néanmoins, le groupe de travail est d'avis qu'une certaine prudence est justifiée pour réduire l'exposition de la population aux CEM. L'application du principe de précaution est pertinente. Toutefois, le groupe de travail est d'avis que les mesures retenues doivent être raisonnables compte tenu du niveau d'incertitude et des impacts socio-économiques.

Face aux risques potentiels des CEM sur la santé, diverses stratégies de gestion prudente sont proposées dans divers pays. Certaines mesures sont générales : vigilance active, caractérisation des sources d'exposition, information, assistance technique, respect des normes, recherche et développement. Des mesures spécifiques visent la réduction des niveaux de CEM d'extrêmes basses fréquences lorsque des actions à coûts raisonnables peuvent être entreprises. Le groupe de travail propose cinq critères permettant d'évaluer les mesures préventives qui découlent du principe de précaution soit : l'efficacité, la faisabilité technique, le coût raisonnable, l'acceptabilité sociale et la sécurité.

Recommandations

Compte tenu de l'importance relative de l'exposition aux CEM provenant de toutes sources, et celle reliée aux lignes à haute tension, suite au consensus sur l'évaluation et la gestion du risque, le groupe de travail fait les recommandations suivantes :

1. 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 champs électromagnétiques (CEM) provenant des lignes électriques à haute tension.
2. Que le ministère de la santé et des Services sociaux s'assure de l'application des mesures générales de prudence suivantes :
 - a. Vigilance sur l'évolution des connaissances : en s'assurant qu'un suivi régulier de la littérature scientifique sur les effets des champs électrique et magnétique soit effectué autant en regard des expositions aiguës que chroniques;
 - b. Caractérisation des sources d'exposition : autant en regard des expositions résidentielles que professionnelles. Cette caractérisation devrait s'attarder tout autant aux sources d'expositions résidentielles qu'aux lignes à haute tension et aux milieux de travail autres qu'Hydro-Québec;
 - c. Information du public : par la mise au point de documents destinés au grand public mais aussi aux professionnels de la santé qui jouent un rôle fondamental dans l'information du public concernant les connaissances actuelles des risques associés aux CEM;
 - d. Respect des recommandations : En attendant la position de la communauté scientifique, les recommandations internationales de l'ICNIRP et de l'ACGIH représentent des objectifs à atteindre;
 - e. Recherche et développement : en favorisant la recherche en regard des effets des CEM sur la santé humaine, en particulier sur le cancer et d'autres effets peu étudiés tels que les effets neuropsychiques et cardiaques. Et en favorisant aussi le développement de méthodes visant à réduire les expositions aux CEM en milieux résidentiels et professionnels.
3. 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 qu'une évaluation des mesures de réduction possibles des niveaux de champs émis par les lignes d'électricité soit effectuée par rapport aux scénarios particuliers suivants : construction d'une nouvelle ligne près des habitations, localisation de nouvelles écoles et garderies près de lignes existantes et

utilisation des emprises à des fins communautaires. Une évaluation du caractère raisonnable des mesures de réduction possibles doit être faite à l'aide des cinq critères suivants : efficacité, faisabilité technique, coût raisonnable, acceptabilité sociale et sécurité. Cette évaluation devra aussi tenir compte des avantages et des inconvénients des mesures.

4. Qu'à cette fin, un groupe de travail élargi soit mis sur pied. Ce groupe élargi devrait être constitué de représentants des principaux ministères, organismes et partenaires impliqués au niveau de la gestion prudente ainsi que du public. Suite à une consultation, le groupe de travail devrait proposer un modèle de gestion approprié comprenant les mesures raisonnables de réduction.
5. D'ici à ce que la communauté scientifique statue de façon définitive sur les limites d'exposition de l'ICNIRP, que les entreprises dont les opérations entraînent des expositions importantes des travailleurs ou du public aux CEM identifient de façon précise toutes les situations où les niveaux limites d'exposition seraient dépassés. De plus, ces entreprises, notamment Hydro-Québec, devraient participer à la réalisation d'études environnementales et médicales appropriées, les effets potentiels de ces situations au niveau des travailleurs et du public en général. De plus, ces entreprises devraient évaluer les impacts techniques et économiques de l'application des nouvelles recommandations de l'ICNIRP.

RÉFÉRENCES

- American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH). *1998-1999 Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices*. Cincinnati OH, 1999 : 142-145.
- American Public Health Association (APHA). Public health policy making in the presence of incomplete evidence. APHA Technical Report. *Am J Public Health*, 1990 ; 80(6) : 746-750.
- Anonymous. Draft NCRP report seeks strong action to curb EMFs. *Microwave News*, 1995 ; XV(4).
- Anonymous. Switzerland adopts strict limits for cell towers and power lines – 10 mG standard for new sources of EMFs. *Microwave News*, 2000 ;XX(1).
- Bailey WH. ICNIRP recommendation for limiting public exposure to 4-Hz-1-kHz electric and magnetic fields - need for peer review. *Health Phys*, 1999 ;77(1) : 97-98.
- Beauchamp A. *L'électricité est-elle à vendre? Les champs électriques et la santé humaine*. Bellarmin Ed, 1996.
- Bodansky D. Scientific uncertainty and the precautionary principle. *Environment*, 1991 ;33 : 4-5 : 43-44.
- Bonham CH. The management of imperfect evidence. *Can J Public Health*, 1994 : 365-366.
- Bradford HA. The environment and disease : Association or causation? *Proceedings of the royal Society of Medicine*, 1965 ;58 : 295-300.
- Carrier G. *Champs électromagnétiques et effets sur la santé humaine : revue des mécanismes d'action*. Dans : Levallois P et Lajoie P (sous la direction de), Pollution atmosphérique et champs électromagnétiques. Les Presses de l'Université Laval, 1997 : 101-33.
- Comité fédéral-provincial – territorial de la radioprotection (CFPTR). *Champs électriques et magnétiques de fréquence extrêmement basse (50/60 Hz) : effets sur la santé et lignes directrices concernant l'exposition*. Aperçu. Rédigé par un groupe de travail du CFPTR, Canada, 1998.
- Conseil de l'Union Européenne. *Recommandation du conseil du 12 juillet 1999 relative à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (de 0 Hz à 300 GHz)*. Journal officiel des Communautés européennes, 1999 : L 199/59-L199/70.

- Cox RAF *et al.* *Fitness for work. The medical aspects*, 2nd edition. A publication of the Faculty of Occupational Medicine of the Royal College of Physicians. Oxford University Press, 1995.
- Davis LD *et al.* Rethinking breast cancer risk and the environment : the case for the precautionary principle. *Environ Health Perspectives*, 1998 ; 106 : 523-529.
- Feychting *et al.* Occupational and residential magnetic field exposure and leukemia and central nervous system tumors. *Epidemiology*, 1997 ;8 : 384-89.
- Gauvin D, Levallois P, Lajoie P. *Les champs électromagnétiques –Le rôle du réseau de santé publique au Québec*. Dans : Levallois P et Lajoie P (sous la direction de), *Pollution atmosphérique et champs électromagnétiques*. Les Presses de l'Université Laval, 1997 : 219-224.
- Green *et al.* A case-control study of childhood leukemia in southern Ontario, Canada, and exposure to magnetic fields in residences. *Int. J. Cancer*, 1999 ;82 : 161-170.
- Greenland S *et al.* A pooled analysis of magnetic fields, wire codes,, and childhood leukemia. *Am J Epidemiol*, 1999 ;149(11 suppl) : S57, abstract 227.
- Hydro-Québec. *Gestion des champs électriques et magnétiques*, Rapport du Comité de travail d'Hydro-Québec (Volume 1), avril 1996.
- Hydro-Québec. *Gestion des champs électriques et magnétiques : Balisage*. Rapport d'entreprise, mars 1996b.
- Hydro-Québec. *Gestion des champs électriques et magnétiques : Pratiques de conception et d'exploitation*. Rapport d'entreprise, août 1995.
- Hydro-Québec, *Effets des champs électrique et magnétique sur la santé et l'environnement. Renseignements complémentaires aux études d'impact*. Vice-Présidence Environnement, mai 1991.
- Horton R. The new public health of risk and radical engagement (Editorial). *The Lancet*, 1998 ;352(9124) : 251-252.
- ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, *Health Phys*, 1998;74 : 494-522.

- INIRC-IRPA. Interim guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields. International Non-ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association. *Health Phys*, 1990 ;58(1) : 113-22.
- Juutilainen J *et al.* Possible cocarcinogenic effects of ELF electromagnetic fields may require repeated long-term interaction with known carcinogenic factors. *Bioelectromagnetics*, 2000 ;21 : 122-128
- Kheifets *et al.* Occupational electric and magnetic field exposure and leukemia. *JOEM*, 1997 ;39(11) : 1074-91.
- Levallois P et Gauvin D. Management in the context of incomplete evidence. *Can J Public Health*, 1995 ;86 : 169.
- Levallois P, Gauvin D, Lajoie P et Saint-Laurent. *Bilan des normes et recommandations d'exposition aux champs électromagnétiques (0 à 300 GHz) et au rayonnement ultraviolet.* Rapport de l'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST), B-047, juillet 1996.
- Levallois P, Lajoie P et Gauvin D. Doit-on encore s'inquiéter des effets des champs électromagnétiques sur la santé ? *BISE*, 1998 ;9 .
- Levallois P, Lajoie P et Gauvin D. Les effets des champs électromagnétiques de 50/60 Hz sur la santé : bilan et perspectives de santé publique pour le Québec. Service santé et environnement, Département de santé communautaire, Centre Hospitalier de l'Université Laval, 1991.
- Levallois P. et Lajoie P. *Pollution atmosphérique et champs.* Les Presses de l'Université Laval, 1997.
- Linnet *et al.* Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children. *N Engl J Med*, 1997 ;337-1-7.
- London *et al.* Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia. *Am J Epidemiol*, 1991 ;134 : 923-937.
- Mandeville R *et al.* Evaluation of the potential promoting effect of 60 Hz magnetic fields on N-ethyl-N-nitrosourea induced neurogenic tumors in female F344 rats. *Bioelectromagnetics*, 2000 ;21(2) : 84-93.
- Mandeville R *et al.* Evaluation of the potential carcinogenicity of 60 Hz linear sinusoidal continuous-wave magnetic fields in Fischer F344 rats. *FASEB J*, 1997 ; 11 : 1127-1136.

- McBride ML *et al.* Power-frequency electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia in Canada. *Am J Epidemiol*, 1999 ;149(9) : 831-42.
- McCann J *et al.* Cancer risk assessment of extremely low frequency electric and magnetic fields : a critical review of methodology. *Environ Health Perspect*, 1998 ;106 : 707-717.
- McManus T. The response of member states and the European Commission to the Council recommendation on limiting public exposure to electromagnetic fields adopted on 12 July 1999. Presented to the Canadian Electrical Association meeting, Toronto, 10 March 2000.
- Monson RR. *Occupational epidemiology*. Boca Raton, FL : CRC Press, Inc, 1980.
- Morgan G. *Power-frequency electric and magnetic fields : issues of risk management and risk communication*. Biological effects of electric and magnetic fields. D.O. Carpenter. S. Ayrapetyan Editors. San Diego, Academic Press, 1994.
- Nair I, Morgan MG and Florig HK. *Biological effects of power frequency electric and magnetic fields*. Background Paper. U.S. Congress. Office of Technology Assessment. OTA-BP-E-53. Washington. DC, U.S. Government Printing Office, 1989.
- National Radiological Protection Board (NRPB). *Advice on the 1998 ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*. Documents of the National Radiological Protection Board, 1999 ;10(2).
- National Research Council. *Possible health effects of exposure to residential electric and magnetic fields*. Committee on the possible effects of electromagnetic fields on biological systems. National Academy Press, 1997.
- NIEHS. *Health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields*. National Institute of Environmental Health Sciences/National Institutes of Health, NIH publication No. 99-4493, 1999.
- Osepchuk. JM Excessive safety factor in 1998 ICNIRP guidelines reflects lack of participation of all stakeholders in the ICNIRP process. *Health phys*, 1999 ; 76(5) : 567.
- Portier CJ, Wolfe MS. *Assessment of Health Effects from Exposure to Power-Line Frequency Electric and Magnetic Fields*. Working group report, National Institute of Environmental Health Sciences/National Institutes of Health, August 1998.
- Power M and McCarty L. *A comparative analysis of environmental risk assessment / risk management frameworks*. Environmental Science Technology, 1998, 224A-231A.

- Public Health Institute, California Department of Health Sciences. *Electric and magnetic fields : measurements and possible efforts on human health*. Factsheet, 1998.
- Repacholi MH and Ahlbom A. Link between electromagnetic fields and childhood cancer unresolved (Commentary). *The Lancet*, 1999 ; 354 : 1918-1919.
- Ricketts MN. Creutzfeld – Jacob disease transmitted in blood? Is the absence of evidence of risk evidence of the absence of risk? (Editorial). *Can Med Assoc J*, 1997 ; 157(10) : 1367-1369.
- Savitz *et al.* Case-control study of childhood cancer and exposure to 60-Hz magnetic fields. *Am J Epidemiol*, 1988 ; 128 : 21-38.
- Swedish National Board of Occupational Safety and Health (SNBOSH). *Low-frequency electrical and magnetic fields : The precautionary principle for national authorities – Guidance for decision-makers*. 1996.
- Thériault G. *Champs électromagnétiques et cancer : bilan des études réalisées en milieu de travail*. Dans : Levallois P et Lajoie P (sous la direction de), Pollution atmosphérique et champs électromagnétiques. Les Presses de l'Université Laval, 1997 : 163-88.
- UK Childhood Cancer Study Investigators. Exposure to power-frequency magnetic fields and the risk of childhood cancer. *The Lancet* 1999; 354: 1925-31.
- Wartenberg D. Residential magnetic fields and childhood leukemia : a meta-analysis. *Am J Public Health*, 1998 ; 88 : 1787-1794.
- Wertheimer et Leeper. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidemiol*, 1979 ; 109 : 273-284.
- World Health Organisation (WHO). *Environmental health criteria 69: Magnetic fields*. Genève, 1987.
- World Health Organisation (WHO). *Air quality guidelines for Europe*. WHO regional publications, European Series No. 23, 1987b.