

# La relance d'une idée en cours : l'exploration de l'impact des radiations électromagnétiques sur la Santé Publique

Par Stephen J. Genuis, Faculté de Médecine, Université d'Alberta, 2935-66 Street, Edmonton, AB Canada 76K 4C1

**Public Health**, (2008), 122, pp. 113-124 (**Journal of the Royal Institute of Public Health**, Ed. Elsevier). Document accepté à la publication le 12 janvier 2007.

**Résumé :** Plusieurs publications dans la littérature scientifique ont mis en exergue des préoccupations concernant l'impact individuel et public des radiations non ionisantes dues à l'exposition à des champs électromagnétiques émanant de certains appareils électriques et de systèmes de communications sans fil se trouvant habituellement dans les habitations, sur les lieux de travail, dans les écoles et les communautés. Malgré les multiples tentatives destinées à établir la preuve scientifique irréfutable de nuisances et les nombreuses lacunes dans l'élucidation des mécanismes précis des nuisances, les analyses épidémiologiques continuent à suggérer un potentiel considérable de dommages et d'afflictions résultant de l'exposition à des radiations non ionisantes. Comme la santé en relation avec l'environnement, n'a pas été mise en valeur dans la formation médicale, certains cliniciens ne sont pas totalement conscients des problèmes de santé possibles en relation avec les champs électromagnétiques et il en résulte que les manifestations d'une radiation non ionisante peuvent échapper au diagnostic et être gérées inefficacement. Il est important pour les médecins et pour les responsables officiels de la Santé Publique d'être informés de la science fondamentale et des implications cliniques des champs électromagnétiques. Une revue de la littérature scientifique décrivant la relation entre les radiations électromagnétiques et la santé humaine, de plusieurs recommandations en matière de santé publique, ainsi que l'historique de quatre cas sont présentés ici en vue d'être prises en considération.

*"Une vérité scientifique ne triomphe pas en convainquant ses opposants et en leur montrant la lumière, mais plutôt parce que ses opposants éventuellement décèdent et parce qu'une nouvelle génération s'y est familiarisée" – Max Planck, Prix Nobel de Physique.*

Il y a à peine quelques dizaines d'années, des personnes faisaient la file dans les magasins de chaussures et les centres commerciaux pour visualiser leurs métatarses sous des machines à rayons X, avec l'approbation d'experts affirmant qu'une telle nouveauté était parfaitement sans danger. L'augmentation des taux de cancers chez ces clients survint comme une surprise. Alors qu'il existe une reconnaissance des dégâts potentiels aux cellules et aux tissus, associés à l'exposition aux radiations ionisantes des rayons X, les radiations électromagnétiques émanant des lignes de distribution du courant, des téléphones mobiles et des appareils électriques courants, ainsi que de certains types de machineries commencent également à attirer l'attention récente quant à des risques potentiels pour la santé.

Des informations contradictoires circulent dans la littérature médicale. Tandis que certains rapports nient les risques présentés comme associés aux champs électromagnétiques, divers corps internationaux, incluant l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.)<sup>(1)</sup> et l'Agence Internationale de Recherche sur le Cancer (I.A.R.C.)<sup>(2)</sup> ont fait appel à des recherches intensives concernant l'impact des radiations non ionisantes sur la santé humaine, en réponse aux recherches montantes suggérant une relation entre des radiations électromagnétiques nuisibles et diverses afflictions incluant des troubles de la reproduction, des cancers et des perturbations du système nerveux central.

## Survol du spectre électromagnétique et des radiations non ionisantes

Les radiations font référence à un type d'énergie qui est dégagée ou "irradiée" à partir de la source de cette énergie. Il y a différentes formes d'énergies, chacune manifestant des propriétés physiques distinctes, pouvant être mesurées et exprimées en termes de fréquences et de longueurs d'ondes. Certaines ondes ont une haute fréquence, certaines des moyennes fréquences et d'autres des basses fréquences. Le spectre électromagnétique est une dénomination utilisée pour décrire des groupes distincts de formes d'énergie émanant de diverses sources ; les énergies émises se réfèrent à des types de rayonnements électromagnétiques (fig.1). Les radiations ionisantes particulières sont les rayonnements gamma, les rayonnements X, les rayonnements ultraviolets ; les fréquences plus basses du spectre incluent les micro-ondes et les ondes radio. Les émissions de lumière qui se situent sur des fréquences médianes, sont impliquées dans la vision et dans la lumière que nous percevons. L'énergie infra-rouge permet la perception de la chaleur.

Radiations non – ionisantes					Radiations ionisantes		
Extrêmement basses fréquences	Fréquences Radio	Micro-ondes	Infra-rouge	Lumière visible	Ultraviolet	Rayons X	Rayons gamma
Non Perceptibles			Perceptible	Non Perceptibles			
Dégâts biologiques possibles à certaines fréquences				Destruction de tissus vivants			

Fig. : Le spectre électromagnétique – types de radiations

La plupart des formes d'énergie comme les rayons X, l'énergie ultraviolette et les ondes radio sont invisibles et imperceptibles pour l'être humain. Sans instruments spécifiques, la plupart des fréquences ne peuvent pas être détectées et il en résulte que les personnes n'évaluent généralement pas leur exposition à des champs d'énergie situés dans ces plages. Malgré cette absence de perception, l'exposition à des énergies de hautes fréquences incluant les rayons X est exprimée sous les termes "radiations ionisantes" et est potentiellement dommageable aux cellules humaines. En altérant la composition atomique des structures cellulaires, en brisant les liaisons moléculaires et en induisant la formation de radicaux libres, une exposition suffisante à des radiations ionisantes peut infliger des dégâts à l'ADN ou des mutations, donc augmenter le risque de cancérisation ou de mort des cellules.

### Radiations non - ionisantes

Les radiations "non - ionisantes" se référant généralement à des formes d'énergie de fréquences plus basses ont été considérées comme non nuisibles par beaucoup de scientifiques et sans effets délétères à des niveaux usuels d'exposition. Cependant, récemment, des accumulations de preuves suggèrent que quelques fréquences de la gamme des radiations non ionisantes puissent avoir la capacité de causer des nuisances biologiques. La plupart des recherches effectuées sur les effets nuisibles des champs de radiations non-ionisantes l'ont été sur :

[1] les ondes d'énergie produites et émises par des stations de distribution, par des lignes de transport du courant et par quelques équipements électriques

et sur :

[2] les fréquences radio et les micro-ondes émises par les technologies des communications sans fil, par les téléphones sans fil et par les téléphones cellulaires, ainsi que par certains matériels électriques.

Une étude en cours investigate également sur les séquelles potentielles de l'exposition intense à un champ de radiations non ionisantes résultant de tensions générées par "l'électricité sale" et par des "courants de sol".

Tout comme une eau propre peut devenir polluée lorsqu'elle circule dans un environnement contaminé, un courant électrique peut devenir de plus en plus pollué lorsqu'il vient en contact avec différents types d'équipements électroniques. L'électricité "normale" et "propre" entre dans les constructions à la fréquence de 50 / 60 Hz. Le courant devient "sale" ou pollué lorsqu'il présente des signaux à hautes fréquences résultant du contact avec des équipements tels les ordinateurs, les écrans TV à plasma, et quelques autres appareils. Les radiations non-ionisantes produites par ces courants sales peuvent rayonner et contaminer l'environnement voisin et sont considérées comme étant potentiellement nocives<sup>(3)</sup>. Les courants de sol, parfois appelés "courants vagabonds", sont de l'électricité qui n'est pas confinée dans les câblages électriques. Le courant électrique suit les voies de moindre résistance et peut s'écouler à travers toute voie disponible, y compris la terre, les fils et divers objets. En vertu de ceci, des tensions électriques peuvent circuler à travers le sol et dans les structures des constructions, via des systèmes tels que des tuyaux métalliques, ou des tiges d'équipements de plomberie, ce qui aboutit à une dispersion de radiations non-ionisantes dans l'environnement voisin<sup>(4-6)</sup>. Toutes les formes d'une radiation non ionisante n'infligent cependant des effets nuisibles que dans leur zone d'influence.

Un champ est "quelque chose" qui existe dans l'espace entourant un objet ou un appareil, la zone sur laquelle un objet exerce une certaine forme d'influence physique. Les propriétés inhérentes à l'objet ou à l'appareil produisent le champ environnant. Par exemple, un aimant crée un champ invisible qui peut attirer ou repousser certains objets endéans une certaine distance. Lorsqu'un courant électrique est produit, transmis ou utilisé, le matériel électrique et les appareils produisent des champs autour d'eux, appelés "champs électriques" et la combinaison de certains éléments dans différents appareils engendre la production simultanée d'une composante électrique et d'une composante magnétique, appelée "champ électromagnétique". Une autre manière d'exprimer ce phénomène est de considérer que les ondes ou les rayonnements d'énergie sont émis par certains matériels électriques, des émetteurs radio, des appareils électriques, mais l'intensité du champ d'exposition diminue rapidement lorsque la distance par rapport à la source s'accroît. Le blindage contre certaines fréquences d'énergie, comme la protection contre les rayons X par des feuilles de plomb est efficace. Il est cependant difficile de créer des écrans de blindage contre certaines longueurs d'ondes d'énergie incluant les champs magnétiques à extrêmement basses fréquences (E.L.F.).

Quasiment tout le monde, dans notre société est exposé à différents degrés, à la pollution électromagnétique et bien peu nombreux sont ceux qui ont connaissance du débat concernant les risques associés aux radiations non-ionisantes. Etant donné que la matière subatomique comprend le mouvement des électrons et que, dans les cellules humaines et dans différents processus biologiques incluant les fonctions cérébrales et la conduction cardiaque est impliquée une activité électrique mesurable, il n'est pas surprenant que des champs électriques intenses puissent exercer une influence sur le système électrique humain. Bien que ce domaine scientifique en évolution soulève bien des questions, des recherches considérables suggèrent que l'exposition à certaines fréquences de champs électromagnétiques puissent affecter des processus physiologiques avec menaces de séquelles à long terme<sup>(7,8)</sup>.

### **Champs électromagnétiques et santé humaine**

Bien que des études médicales mettant en corrélation des champs électromagnétiques avec manifestations d'effets nuisibles sur la santé, aient parfois fourni des résultats

apparemment contradictoires, des recherches récentes rapportées dans des journaux médicaux respectés, ont découvert des preuves concernant des risques potentiels. Des études concernant des dysfonctionnements de la reproduction, des possibilités de cancers et des troubles du système nerveux central apparaissent comme confirmant les suspicions antérieures tendant à considérer que l'exposition à des champs électromagnétiques puisse présenter un risque pour la santé.

### **Champs électromagnétiques et dysfonctionnements de la reproduction**

Des manifestations néfastes au cours de la grossesse, incluant les avortements, des accouchements ralentis, des accouchements avant terme, des proportions altérées de conceptions et des anomalies congénitales ont été liées à l'exposition maternelle à des champs électromagnétiques <sup>(9-13)</sup>. Par exemple, une vaste étude prospective publiée dans "*Epidemiology*" concernant une exposition en pic à des champs électromagnétiques dans la région de San Francisco de 1063 femmes enceintes. Les participantes ont porté un enregistreur de champs magnétiques et les chercheurs ont trouvé que leur taux de perte du fœtus croissait significativement avec l'augmentation des niveaux maximaux d'exposition aux champs magnétiques au cours de la vie de tous les jours <sup>(12)</sup>.

L'exposition paternelle aux champs électromagnétiques a également été mise en corrélation avec des séquelles potentielles sérieuses. Le développement d'anomalies des testicules, des spermatozoïdes atypiques, des aberrations chromosomiques et des anomalies congénitales sur des descendants ont tous été liés à l'exposition masculine à des champs électromagnétiques <sup>(14-18)</sup>. Par exemple, des travailleurs d'aires de distribution du courant, exposés à des courants électriques ont été comparés à des vendeurs et à des employés de bureau quant à leur anomalies chromosomiques. Une augmentation significative du nombre d'anomalies chromosomiques chez les travailleurs d'aires de distribution de courant <sup>(18)</sup> et une tendance augmentée quant aux malformations observées chez leurs enfants <sup>(15)</sup> ont incliné les chercheurs à soupçonner que les champs électromagnétiques puissent être un facteur d'issues négatives. Les pères employés dans des industries où règne une forte exposition moyenne à des champs électromagnétiques, ont aussi été relatés comme ayant des descendants présentant des taux plus élevés de tumeurs du cerveau et de la moelle épinière <sup>(16,17)</sup>.

### **Champs électromagnétiques et cancer**

De nombreuses études ont investigué quant à l'allégation que l'exposition intense à certaines fréquences de champs électromagnétiques puissent être cancérogènes. Par exemple, "*The International Journal of Cancer*" a publié récemment une étude importante sur la relation entre des leucémies infantiles et les champs magnétiques avec cas et sujets – témoins, basée sur une population au Japon. En évaluant les niveaux de champs magnétiques dans les chambres à coucher des enfants, les chercheurs ont confirmé qu'une exposition élevée à des champs magnétiques était associée à un risque significativement plus élevé de leucémie infantile <sup>(19)</sup>. De plus, des études récentes rapportées dans des journaux reconnus comme "*The Lancet*" et "*The International Journal of Oncology*" discutent de l'apparente relation entre l'utilisation des téléphones sans fil (DECT) et des téléphones cellulaires avec des états comme des lymphomes <sup>(20)</sup>, des tumeurs du cerveau malignes et bénignes <sup>(21-23)</sup>, ainsi que d'autres problèmes incluant des altérations de la pression sanguine <sup>(24)</sup>.

Une importante étude avec cas témoins, rapportée dans le "*British Medical Journal*" a mis au jour une relation entre les leucémies infantiles et la proximité de lignes à haute tension pendant la grossesse <sup>(25)</sup>. Comparés à des enfants dont l'habitation est au delà de 600 mètres d'une ligne à haute tension, ceux dont l'habitation se situait endéans 200 mètres avaient un risque relatif de leucémie de 1,69 et ceux dont l'habitation se situait entre 200 et 600 mètres avaient un risque relatif de 1,23 <sup>(25)</sup>. De plus, une recherche étendue par O. Johansson et

collaborateurs en Suède a récemment confirmé que les champs électromagnétiques nuisibles pouvaient induire des anomalies cutanées diverses<sup>(26)</sup> et étaient déterminants dans le développement de mélanomes malins<sup>(27, 28)</sup>, des cancers devenus de plus en plus fréquents, alors qu'ils étaient peu communs il y a environ 50 ans. Etant donné les recherches considérables entreprises en Suède sur les champs électromagnétiques, il est intéressant de noter que les autorités suédoises ont officiellement reconnu des champs électromagnétiques comme un problème et ont classé l'hypersensibilité électromagnétique comme un handicap fonctionnel<sup>(26)</sup>.

Bien que plusieurs rapports suggèrent une liaison possible entre certains types d'expositions à des champs électromagnétiques et des tumeurs malignes associées<sup>(29-37)</sup>, incluant des cancers du sein<sup>(38-41)</sup>, et des cancers infantiles<sup>(42-45)</sup>, quelques études ont rapporté des résultats divergents. Par exemple, une étude récente parue dans "*Cancer Causes Control*" nie les suspicions concernant une association entre les champs électromagnétiques et les cancers du sein chez la femme<sup>(46)</sup> et une étude sur les cancers infantiles au Royaume Uni, publiée en 1999 ne trouve pas de confirmation entre l'exposition à des champs électromagnétiques et les cancers infantiles<sup>(47)</sup>. Après avoir passé en revue les informations disponibles en relation avec le cancer, l'Agence Internationale de Recherche sur le Cancer (I.A.R.C.) a cependant avisé que l'exposition à des champs électromagnétiques pourraient être classée comme un carcinogène possible<sup>(2)</sup>.

### **Champs électromagnétiques et dysfonctionnements du système nerveux central**

Le système nerveux central apparaît comme un système d'organes - cibles potentiels pour des champs électromagnétiques nuisibles. En plus des rapports concernant des problèmes de santé en relation avec des champs électromagnétiques, comme la sclérose latérale amyotrophique<sup>(48)</sup>, la maladie d'Alzheimer<sup>(49)</sup>, les insomnies<sup>(50)</sup>, les maux de tête<sup>(51)</sup>, les dysfonctionnements sexuels<sup>(52)</sup>, la fatigue chronique<sup>(50)</sup>, les problèmes d'apprentissage et de mémorisation<sup>(53-55)</sup>, et d'autres maladies associées<sup>(33, 56)</sup>, il existe un faisceau de preuves croissantes suggérant que des problèmes neuropsychiatriques puissent également résulter de taux élevés d'exposition à des champs électromagnétiques. On a montré que des taux plus élevés de symptômes dépressifs et de suicides résultent de l'exposition à des champs électromagnétiques<sup>(48, 57-59)</sup>.

Par exemple, dans une étude épidémiologique récente, des chercheurs ont trouvé que les personnes qui vivent à proximité de lignes de transport de courant sont susceptibles de présenter plus de deux fois plus des symptômes de dépression, comparés à des sujets témoins<sup>(58)</sup>. Une preuve préliminaire a également suggéré une corrélation potentielle entre l'exposition à des champs électromagnétiques d'électricité "sale" avec des états pathologiques communs incluant les troubles de manque d'attention, les troubles de manque d'attention / d'hyperactivité, l'asthme, les diabètes et la sclérose en plaques<sup>(3, 60)</sup>. Passée en revue, beaucoup de recherches indépendantes ont découvert une liaison entre l'exposition à des champs électromagnétiques nuisibles et des affections variées impliquant divers systèmes d'organes, et particulièrement le système nerveux central.

### **Mécanismes proposés pour l'impact des champs électromagnétiques**

Une étude scientifique de base du corps humain a démontré que la plupart des fonctions physiologiques des organismes vivants sont de nature électrochimique. Les cellules vivantes sont faites de molécules et d'atomes, lesquels à leur tour sont constitués d'électrons, de neutrons et de protons. Le fonctionnement intrinsèque de ces atomes et molécules avec l'homéostasie des cellules, des tissus et des organes est entièrement dépendant de l'organisation de l'activité chimique et de l'activité électrique. Une perturbation des processus intrinsèques électriques et chimiques dans les structures cellulaires a le pouvoir d'interrompre

le fonctionnement cellulaire, ce qui conduit à des dysfonctionnements de systèmes d'organes et finalement à des pathologies cliniques.

Une recherche extensive a tenté d'élucider définitivement les mécanismes par lesquels l'exposition à des champs électromagnétiques puisse interrompre la physiologie normale. Par exemple un projet de recherche à grande échelle intitulé "*EMFRAPID*" (Electric and Magnetic Fields Research and Public Information Dissemination = Diffusion de l'Information Publique sur les Recherches en Champs Electriques et Magnétiques) a consisté en un effort organisé sur un plan fédéral US de 5 ans et a été coordonné par les Instituts Nationaux US de Santé (N.I.H.) afin d'évaluer les effets des champs électromagnétiques nuisibles sur les systèmes biologiques<sup>(61)</sup>. Les résultats de ces recherches ainsi que de beaucoup d'autres initiatives ont révélé des informations significatives.

Les systèmes biologiques incluant l'organisme humain, utilisent intrinsèquement certaines fréquences de rayonnements électromagnétiques dans les fonctions et régulations cellulaires ainsi que dans les fonctions hormonales<sup>(62)</sup>. Par exemple, des ondes d'énergie ultraviolettes imperceptibles, provenant du soleil, sont utilisées dans la production de vitamine D dans le corps humain, un nutriment essentiel impliqué dans des myriades de fonctions physiologiques. Tout comme des signaux électriques externes peuvent causer des interférences avec des signaux de radio et de télévision, résultant en des parasites et des distorsions de sons et d'images, l'exposition à des fréquences électriques nuisibles peuvent interrompre le métabolisme et l'homéostasie en interférant avec la physiologie normale des fréquences requises d'énergies<sup>(62)</sup>.

### **Pathogénésie cellulaire de champs électromagnétiques nuisibles**

Bien que la pathogénésie cellulaire des dégâts provoqués par des radiations électromagnétiques ne soit pas complètement élucidée, des hypothèses basées sur les preuves préliminaires ont été proposées. On pensait auparavant que l'altération thermique due au chauffage des cellules et des tissus pouvait être le mécanisme prédominant des nuisances. Cependant, plus récemment, des preuves de plus en plus nombreuses ont indiqué l'aptitude des rayonnements électromagnétiques à induire des stress cellulaires<sup>(64)</sup> et à infliger des dégâts spécifiques à différents composants et à des mécanismes intracellulaires, et ce à des niveaux non thermiques d'exposition à des champs électromagnétiques<sup>(62)</sup>. Par exemple des vibrations moléculaires de rayonnements électromagnétiques peuvent induire la formation de radicaux libres et altérer la structure des molécules de protéines<sup>(65)</sup>. On a montré que des rayonnements électromagnétiques nuisibles affectent la synthèse de l'ADN, affaiblissent la division cellulaire et peuvent modifier la charge électrique des ions et des molécules dans les cellules<sup>(14, 62)</sup>. En affectant la charge électrique, les champs électromagnétiques peuvent également modifier les structures ioniques des éléments à l'intérieur des cellules, perturbant ainsi potentiellement l'influx et l'efflux de divers éléments incluant les ions calcium<sup>(66)</sup>.

Tout comme certaines substances chimiques toxiques peuvent induire l'expression de gènes anormaux<sup>(67)</sup>, des recherches récentes explorent les influences sur les gènes des rayonnements électromagnétiques. Par leur impact sur l'expression des gènes<sup>(68)</sup>, des champs électromagnétiques nuisibles peuvent servir d'initiateurs dans l'expression pathologique de gènes pouvant causer des maladies. De plus, des dégâts directs sur l'ADN des lymphocytes humains<sup>(69)</sup> et l'altération de la fonction de phagocytose chez des macrophages d'animaux<sup>(70)</sup> ont été confirmés récemment et peuvent être pris en compte dans les modifications des paramètres immunitaires et dans les dysfonctionnements du système immunitaire attribué aux rayonnements électromagnétiques. Avec l'altération des structures cellulaires et l'affaiblissement des fonctions cellulaires par ces divers mécanismes, il n'est pas surprenant que des perturbations dans les tissus, des dysfonctionnements d'organes et des pathologies cliniques puissent en résulter. La diminution de la sécrétion d'insuline caractéristiquement

mise en évidence dans le diabète, par exemple, peut être induite ou accentuée par l'exposition à des champs électromagnétiques nuisibles, via la distorsion de l'influx des ions calcium dans les cellules<sup>(71)</sup>.

### **Champs électromagnétiques et métabolisme de la mélatonine**

Quelques chercheurs ont exploré la perturbation électromagnétique de la perméabilité de la barrière sang-cerveau avec pour effet une susceptibilité d'introduction de substances toxiques dans le système nerveux central<sup>(56)</sup>. Cependant une attention particulière a été accordée récemment à la recherche de l'impact des champs électromagnétiques sur la physiologie de la glande pinéale (épiphyse)<sup>(72)</sup>. La glande pinéale sécrète l'hormone neuroendocrine appelée mélatonine, laquelle est synthétisée à partir du neurotransmetteur sérotonine. La mélatonine est impliquée dans la régulation de myriades de processus physiologiques incluant les processus du sommeil<sup>(73)</sup>, le métabolisme des radicaux libres<sup>(74)</sup>, le contrôle de la pression sanguine<sup>(75)</sup>, la physiologie des oxydes d'azote<sup>(76)</sup>, le métabolisme des lipides<sup>(62)</sup>, le fonctionnement du système immunitaire<sup>(77)</sup>, et l'activité des hormones sexuelles comme les oestrogènes<sup>(78)</sup>. La liaison potentielle entre la physiologie perturbée de la mélatonine et le développement de tumeurs cancéreuses a émergé comme un domaine prioritaire d'investigation<sup>(79)</sup>, particulièrement dans les cancers du sein et de la prostate, dans les mélanomes, dans les cancers du colon, dans les cancers du poumon et dans les leucémies<sup>(72)</sup>.

L'exposition à des champs électromagnétiques nuisibles peut avoir un impact direct sur le fonctionnement de la glande pinéale en interférant avec la production et le métabolisme de la mélatonine<sup>(80, 81)</sup>. On a pu observer des taux diminués de mélatonine, aussi bien dans le cancer, que dans les états non malins incluant les maladies des artères coronaires du cœur<sup>(82)</sup>, des douleurs chroniques<sup>(83)</sup>, et divers états psychiatriques incluant la maladie d'Alzheimer<sup>(84)</sup> et la schizophrénie<sup>(85)</sup>. Bien que l'exposition aux rayonnements électromagnétiques réduise la production de mélatonine<sup>(62, 80, 86)</sup> les preuves concluantes des séquelles cliniques directes du dysfonctionnement de la glande pinéale en relation avec des rayonnements électromagnétiques spécifiques restent à établir.

### **Limites et défis de la recherche**

Bien que des preuves préliminaires sur des pathogénésies de maladies comme la dysrégulation de la mélatonine, des modifications des gènes, des ruptures de filaments d'ADN, et le stress cellulaire soient importants pour poursuivre les études, des recherches destinées à établir un lien définitif entre les rayonnements électromagnétiques et des séquelles cliniques sur la santé, butent sur divers obstacles. Au sein de la communauté scientifique, des études expérimentales telles que des essais randomisés contrôlés où les sujets sont manipulés selon le protocole de l'étude restent la norme en or pour établir la relation de cause à effet d'une maladie ainsi que l'efficacité des interventions. De telles études expérimentales sont cependant contre-indiquées dans les recherches basées sur les expositions.

### **Limites des recherches basées sur les expositions**

Tout comme il serait judicieux de réaliser des essais cliniques sur l'efficacité d'un parachute en répartissant les parachutistes en groupes randomisés où certains utiliseraient un parachute, d'autres non<sup>(87)</sup>, il n'est pas possible sur un plan éthique, de réaliser des essais randomisés contrôlés concernant des problèmes environnementaux, en soumettant certains participants de l'étude à des expositions potentiellement dangereuses et en comparant les résultats avec un groupe témoin non exposé. Il en résulte que des études d'observations plus encombrantes et plus lentes incluant des études épidémiologiques de cohortes et moins de recherches avec cas et sujets témoins sont utilisées pour explorer l'étiologie des maux.

Cependant, ceci présente des difficultés, étant donné que dans les études épidémiologiques avec cas et sujets témoins, les évaluations des expositions environnementales sont parfois empêtrées dans des facteurs de confusions comme la prise de conscience d'une révélation d'expositions inconnues antérieurement ainsi que des interactions d'expositions multiples. Par exemple, en complète contradiction avec d'autres rapports, une étude récente financée par l'industrie des télécommunications, concernant l'utilisation des téléphones cellulaires au Danemark a conclu qu'il n'y a pas de liaison avec le développement de tumeurs du cerveau<sup>(88)</sup>. Dans cette étude, cependant, la comparaison avec la cohorte de la population générale incluait de nombreux usagers de téléphones sans fil (DECT) lesquels avaient été impliqués récemment dans des risques électromagnétiques potentiels<sup>(20-23)</sup>, un déterminant qui n'avait pas été totalement pris en compte au début de l'étude épidémiologique et un facteur de confusion qui réduisait potentiellement à néant les résultats rapportés. De nombreuses préoccupations relatives à la méthodologie et aux biais avaient également empoisonné cette étude danoise<sup>(89)</sup>.

De nombreuses expositions concomitantes sont un autre facteur de confusion majeur dans certaines recherches environnementales. La synergie et l'interaction de multiples expositions à diverses substances chimiques, à des facteurs électriques ou à des maladies infectieuses peuvent créer des confusions dans les résultats des recherches. Par exemple, certains cliniciens ont observé que des patients chargés de différents toxiques chimiques accumulés peuvent être plus sensibles à l'influence des rayonnements électromagnétiques à cause de la perte de tolérance ou "propagation"<sup>(90)</sup>, un phénomène où les individus affectés par un type d'exposition environnementale devient plus sensible à d'autres expositions<sup>(91, 92)</sup>. D'autres difficultés embrouillent les recherches d'observations sur les expositions. Avec de longs délais entre l'exposition et la maladie, par exemple des études qui ont une période courte de suivi ne fournissent pas l'opportunité à la maladie de se manifester et les conclusions peuvent en être erronées. De plus, une sensibilité individuelle unique d'un hôte, à une exposition basée sur un état de santé distinct et à un génome complet représente un défi pour interpréter les données quantitatives. Le résultat est que les études sur les rayonnements électromagnétiques présentent une probabilité élevée de sous-estimation significative des risques d'effets nuisibles pour la santé<sup>(93)</sup>.

Dans le passage en revue, une étude épidémiologique d'expositions nuisibles n'établit généralement pas de preuve indiscutable pour ou contre une hypothèse de relation de cause à effet. Dans la recherche environnementale par observations, le poids d'une preuve liant des séquelles de santé à une exposition est fourni et l'accroissement des risques doit être interprété dans le contexte. Une interprétation crédible des découvertes est établie lorsque des scientifiques qualifiés ne présentant pas d'études biaisées et examinent les preuves avec un esprit ouvert. Une conclusion est alors calculée, selon la question fondamentale : "Y a-t'il une autre manière d'expliquer les découvertes ; y a-t'il une autre réponse plus vraisemblable qu'une relation de cause à effet ?". Lorsqu'une conclusion est obtenue, l'impact sur la santé publique est pris en compte et des stratégies de protection sont modifiées si nécessaire. Cependant, cette approche imprécise rend en routine la science de l'évaluation de l'exposition humaine et la médecine environnementale vulnérables aux critiques et aux controverses ; une vulnérabilité qui a constamment été exploitée par des groupes d'intérêts.

### **Recherche sur l'exposition et intérêts acquis**

Etant donné la compréhension incomplète des mécanismes pathogénétiques et l'incrédulité intransigeante de certains chercheurs au verbe haut, beaucoup de scientifiques ont été rapides pour nier tout risque allégué en relation avec l'exposition aux champs électromagnétiques. Cependant, l'histoire de la médecine confirme que la controverse est coutumière lorsque des questions environnementales ont des implications économiques de

taille et des conséquences en matière de santé. Havas, un pionnier en recherche sur les rayonnements électromagnétiques, a noté qu'en dépit de preuves considérables, l'amiante, le plomb, les pluies acides, la fumée de tabac, le DDT et les PCB furent tous des sujets de controverses et ont été débattus pendant des dizaines d'années dans des publications scientifiques et dans la presse populaire avant que leurs effets sur la santé et les mécanismes responsables furent compris<sup>(14)</sup>. Comme dans les exemples précédents, il existe de puissantes raisons politiques et économiques pour vouloir que l'exposition aux champs électromagnétiques ne provoque pas de séquelles nuisibles<sup>(94)</sup>. Des intérêts acquis ont été effectifs pour retarder la mise en place d'une législation restrictive concernant les champs électromagnétiques, en introduisant la confusion et le doute dans le débat scientifique, en focalisant sur les incertitudes et en détournant l'attention du potentiel de nuisances<sup>(95, 96)</sup>.

De nombreux exemples ont été discutés dans la littérature scientifique où des plaintes concernant des nuisances environnementales ont été contredites par des chercheurs qui ont évité de révéler leurs attaches cachées avec l'industrie<sup>(96)</sup>. L'influence des intérêts économiques sur les journaux médicaux a également été largement discutée dans des publications récentes<sup>(97, 98)</sup>, avec des exemples de certains éditeurs et des cadres de journaux qui ont supprimé des publications de résultats scientifiques opposés aux intérêts de l'industrie<sup>(96, 99)</sup>. Dans le domaine de l'exposition aux champs électromagnétiques nuisibles, et des téléphones cellulaires, par exemple, on a suggéré que les résultats des études indépendantes diffèrent considérablement de ceux des études financées par l'industrie<sup>(89)</sup>. Après avoir passé en revue de manière extensive les recherches sur les radiations électromagnétiques, la Commission Internationale de Sécurité Electromagnétique a conclu en 2006 que les sources présentes de financement des études sur les champs électromagnétiques *"biaisent l'analyse et l'interprétation des recherches dans le sens du rejet des preuves de relations possibles avec la santé publique"*<sup>(100)</sup>. Comment agit le grand public pour répondre à des messages mélangés et à une incertitude de la communauté scientifique ?

Avec cet énorme potentiel de produire de la désinformation, la publication de sciences imprécises a influencé profondément les esprits académiques et sociaux<sup>(96)</sup>. En réponse à des allégations scientifiques contradictoires, les législateurs et le public en général se sentent dans une position inconfortable et sont incapables de déterminer la légitimité dans le débat scientifique<sup>(14)</sup>. Lorsque doute et confusion sont introduits, le public est souvent rapide à se montrer indifférent à des données qui se révèlent perturbatrices et malvenues. L'issue typique à court terme est "la paralysie par l'analyse", suite à l'introduction d'informations contradictoires et de recommandations pour des études ultérieures. Une législation restrictive est ainsi effectivement écartée pour des années ou même pour des dizaines d'années. Si l'exposition environnementale en question est éventuellement prouvée comme étant dangereuse, comme cela a été historiquement souvent le cas, la santé individuelle et publique est dans l'entre-temps compromise.

### **Quo vadis ?**

L'étude de la médecine environnementale et la relation entre les expositions humaines et les effets nuisibles pour la santé n'a pas encore été intégrée dans la plupart des programmes d'éducation médicale<sup>(101)</sup>. Cependant, dans le même temps, de nouveaux rapports de plus en plus nombreux de préoccupations concernant les perturbations de la reproduction chez des enseignants travaillant à proximité de lignes de transport du courant et des séquelles neurologiques chez des personnes vivant à proximité d'antennes relais de téléphonie mobile ont suscité une prise de conscience de la contamination électromagnétique et d'un problème émergent de santé environnementale. Il en est résulté que des médecins généralistes sont de plus en plus interrogés à propos des risques pour la santé en relation avec les champs

électromagnétiques <sup>(102)</sup>. En conséquence, il appartient à la communauté médicale de concevoir une réponse crédible à ce problème plein d'avenir.

La plupart accepteraient le fait que l'habitation, l'école, le lieu de travail et la communauté soient exempts d'expositions dangereuses et que les personnes soient informées du rapport risques / avantages des expositions électromagnétiques. Plusieurs recommandations ont été suggérées par des groupes de santé environnementale et des organisations scientifiques étudiant les préoccupations concernant les champs électromagnétiques. Le point de vue scientifique généralement soutenu est qu'une connaissance incomplète des champs électromagnétiques pointe du doigt des recherches continues non biaisées, ne niant pas les résultats <sup>(103)</sup>. L'Organisation Mondiale de la Santé a recommandé des recherches intensives <sup>(65)</sup> et divers scientifiques ont appelé à une commission scientifique internationale pour gérer ce danger émergent <sup>(100)</sup>. D'autres recommandations et d'autres idées sont présentées pour être prises en considération.

### **Recommandations en matière de santé publique**

- Pour s'assurer d'une politique effective de santé publique, l'intégrité et la fiabilité parmi les chercheurs, les publications médicales, les lignes directrices officielles et les institutions académiques doivent être établies pour assurer des recherches crédibles et la diffusion des résultats <sup>(96, 104)</sup>.

- Des méthodologies de mesures des champs électromagnétiques nuisibles facilement accessibles sont requises. Aussi bien les gauss-mètres pour mesurer les champs magnétiques en extrêmement basses fréquences et les fréquences radio ; par exemple des appareils de mesure de fréquences parasites destinés à détecter les "courants sales" ont été introduits <sup>(60)</sup>. Des nouvelles technologies doivent être évaluées promptement et intégrées si elles sont crédibles.

- L'impact biologique nuisible a été décrit pour des niveaux bien en deçà des normes et recommandations des champs électromagnétiques en cours. Des niveaux acceptables devraient être adoptés pour apporter une protection réelle de la santé publique <sup>(62)</sup>.

- Des recherches épidémiologiques continues et la surveillance des effets sur la santé des populations exposées à des rayonnements électromagnétiques devraient être entreprises et sujettes à rapports. Une commission indépendante dénuée de tout conflit d'intérêt devrait superviser de tels travaux.

- Des réglementations pour réduire l'exposition à des champs électromagnétiques nuisibles devraient être renforcées par les gouvernements et les autorités de l'énergie.

- Les fréquences radio potentiellement nocives issues des technologies des télécommunications devraient être évaluées et régulées par les autorités. Par exemple, en réponse aux plaintes des citoyens à Bruxelles, à propos des troubles du sommeil consécutives à l'installation d'antennes relais de téléphonie mobile, à proximité de leur maison, les autorités belges ont récemment approuvé une loi pour diminuer l'exposition aux rayonnements électromagnétiques <sup>(105)</sup>.

- Des équipements de protection récemment diffusés devraient être évalués indépendamment et mis en œuvre si nécessaire. Les filtres *Graham-Stetzer*, par exemple, réduisent prétendument l'électricité sale et procureraient par conséquent des bénéfices pour la santé s'ils sont installés correctement <sup>(3, 60)</sup>. De tels rapports devraient être explorés scientifiquement et les résultats devraient être diffusés.

- Tandis que la recherche se poursuit, une stratégie d'évitement prudent devrait être prise en considération <sup>(100, 106)</sup>. L'introduction d'écouteurs de protection avec tampon d'air pour l'utilisation des téléphones cellulaires et la création de zones sans radiations de micro-ondes dans des lieux publics comme des zones hospitalières occupées par des patients ainsi que les écoles <sup>(100)</sup> pourraient être favorables.

- La formation des professionnels de la santé et des agents officiels de santé publique concernant les problèmes de santé liés aux champs électromagnétiques serait un pas important dans la direction de ce défi.

- Les médecins devraient prendre en considération la mise en œuvre de l'évitement prudent chez des patients pris individuellement <sup>(106)</sup>. Des patients atteints de pathologies chroniques exposés à des rayonnements électromagnétiques devraient bénéficier de l'évitement d'un brouillard électromagnétique important. Quatre cas appliquant une approche de précaution sont présentés ici à titre indicatif.

### **Rapports de cas impliquant l'exposition à des champs électromagnétiques**

Dans chacun des cas suivants, l'amélioration fut obtenue lorsque l'exposition à des champs électromagnétiques fut réduite. Comme pour la plupart des rapports de cas d'expositions environnementales, il est cependant impossible de prouver de manière conclusive que ni la cause de l'affliction, ni le bénéfice obtenu aient été exclusivement en relation avec l'exposition environnementale et l'intervention subséquente.

Sans exposer à nouveau les patients tout en surveillant les séquelles, les résultats d'améliorations obtenues peuvent être suggestifs mais la preuve absolue de la causalité et du bénéfice sont inaccessibles.

#### **Historique du cas n° 1**

Une dame âgée de 66 ans en généralement bonne santé de plaignait d'une histoire de 9 ans de maux de tête quotidiens débilissants et de vertiges intermittents. Des vérifications neurologiques se sont révélées négatives et une tomographie par scanner, une imagerie par résonance magnétique ainsi qu'un électroencéphalogramme étaient normaux. A la clinique de la douleur, la patiente a reçu des analgésiques narcotiques et un diagnostic de "troubles de douleur primaire" fut posé. Un historique étiologique détaillé fut non concluant sinon que la patiente utilisait une brosse à dents électrique six fois par jour afin de protéger méticuleusement une dentition fragile. Des mesures de champs magnétiques ont révélé des niveaux élevés inhabituels issus de la brosse à dents (plus de 200 milligauss = plus de 20  $\mu$ T). Endéans les 6 semaines d'abandon de l'utilisation de la brosse à dents électrique, les maux de tête se sont apaisés et elle fut capable de surmonter rapidement sa dépendance aux prescriptions d'analgésiques.

#### **Historique du cas n° 2**

Une dame âgée de 33 ans souhaitant avoir une grande famille se plaignait de six avortements successifs. Après deux grossesses sans complication, avec délivrance par voie normale, la patiente a changé de résidence et a été victime dans la suite de trois avortements au premier trimestre de grossesse. Après évaluation par le médecin de famille, par un gynécologue, par un spécialiste de la stérilité et par une unité de soins spécialisée en reproduction, la patiente a subi dans la suite, trois avortements au deuxième trimestre malgré des traitements comprenant du clomiphène, des injections de gonadotrophine chorionique humaine, une supplémentation en progestérone et des conseils. A partir de l'historique du cas, il n'apparaissait pas de déterminant potentiel ayant pu modifier la situation à partir des deux grossesses à terme, sinon son travail comme couturière pendant 6 heures par jour dans le sous-sol de sa nouvelle résidence, dans un environnement avec des plafonds bas et des tubes fluorescents. En utilisant un appareil de mesure des champs magnétiques, on a pu montrer que la patiente subissait des niveaux élevés de champs magnétiques (plus de 140 mG = plus de 14  $\mu$ T) à proximité de sa tête lorsque l'éclairage fluorescent était allumé sur son poste de travail et des niveaux élevés de champs magnétiques (~ 180 milligauss) près de sa machine à coudre. En suivant le conseil de diminuer son exposition aux rayonnements électromagnétiques, en

évitant les éclairages fluorescents et en réduisant l'usage de sa machine à coudre, la patiente a rapidement conçu un bébé et a mené sa grossesse à terme.

### **Historique du cas n° 3**

Un garçon âgé de 17 ans ayant vécu une histoire de 3 ans de pensées envahissantes en relation avec des thèmes religieux, croyait qu'il avait commis des péchés impardonnables ; il était convaincu que le diable l'emmènerait directement en enfer. Alors qu'il présentait des symptômes dépressifs s'aggravant, l'adolescent se montrait de plus en plus agressif vis-à-vis de ses parents. Les parents très religieux soumièrent leur fils à un entretien religieux sans aucun résultat. Le diagnostic psychiatrique indiquait un trouble mental. Les médicaments psychotropes n'ont pas eu d'effet sur la symptomatologie mais causèrent de nombreux effets indésirables. L'évaluation de l'exposition aux champs magnétiques a mis en évidence un niveau élevé de champ magnétique (plus de 200 milligauss) à la tête du lit de l'adolescent, étant donné que le câble d'arrivée du courant électrique de la maison était contigu à la chambre à coucher, juste du côté droit de son lit. En le changeant de chambre, toutes les autres sources d'exposition aux champs électromagnétiques furent réduites. Endéans 12 semaines, les pensées envahissantes diminuèrent considérablement, les symptômes de mauvaise humeur se résorbèrent, les médicaments furent arrêtés et les parents indiquèrent que leur fils était devenu un garçon gentil et motivé. Un épisode d'aggravation des symptômes se manifesta immédiatement à la suite d'un travail de 4 heures dans un laboratoire d'ordinateurs d'une école d'enseignement supérieur ; les symptômes s'atténuèrent endéans 72 heures d'évitement volontaire des champs électromagnétiques. Tous les symptômes nuisibles ont complètement disparu endéans 6 mois et le bien-être s'est maintenu au cours des deux années qui ont suivi c'est-à-dire jusqu'à la date de rédaction de ce rapport.

### **Historique du cas n° 4**

Un monsieur âgé de 51 ans, en généralement bonne santé, se plaint d'insomnies chroniques. Bien qu'il ne rencontre aucun problème pour s'endormir, depuis ces dernières 17 années, il s'éveillait de façon routinière à environ 2 h 30, après 4 heures de sommeil et il était incapable de retrouver le sommeil. Suite à sa privation de sommeil, il éprouvait une fatigue constante et il s'endormait souvent à différents moments durant la journée. Tandis que durant les vacances, dans son mobile home, le patient jouissait d'un meilleur sommeil, ce qui amena son médecin à attribuer ses insomnies au stress lié au travail. De nombreux traitements ont été sans succès ; ils comprenaient des conseils, des techniques de relaxation, des médicaments contenant des benzodiazépines, de l'acupuncture et divers suppléments diététiques. L'évaluation des fréquences parasites de courant sale dans la chambre du patient ont révélé des vagues atteignant 1600 unités GS (= unités Graham Stezer) (les niveaux considérés comme sains doivent être en deçà de 30 unités GS). L'élimination de l'électricité sale par filtrage a diminué les niveaux en deçà de 30 unités GS et le patient a indiqué une impressionnante et constante amélioration de ses problèmes de sommeil endéans une semaine.

### **Réflexions conclusives**

Malgré des perspectives divergentes concernant la gravité de l'impact, il y a une recherche irrésistible suggérant que les rayonnements électromagnétiques ont le pouvoir de constituer un effet nuisible sur les cellules et les tissus. Commentant ses recherches et celles de ses collaborateurs <sup>(107)</sup>, Trosko a fait récemment la somme des sentiments dominants : *"jusqu'à présent, le poids des preuves théoriques et expérimentales a suggéré que [les champs électromagnétiques à extrêmement basses fréquences] n'avaient pas la capacité d'interagir avec le matériel génétique pour l'endommager"* mais des études récentes montrent *"qu'il y a un effet biologique de l'énergie communiquée aux systèmes vivants par les champs*

*électromagnétiques à extrêmement basses fréquences*". Cependant des conclusions définitives sur l'étendue des dégâts résultants restent difficiles à établir de manière compréhensible, étant donné que des essais contrôlés avec exposition de cohortes à des influences potentiellement toxiques ne sont pas éthiquement possibles. De plus les allégations indiquant que les études financées par l'industrie tendent à fournir des résultats désirés par l'industrie, compliquent l'aptitude à établir la vérité sur ce problème.

Il est donc difficile de séparer les faits de la fiction parmi les nombreuses plaintes relatives à l'impact des radiations électromagnétiques sur les personnes ainsi que sur l'environnement. Alors que certains auteurs ont discuté des effets nuisibles des rayonnements électromagnétiques sur des plantes et des arbres <sup>(8, 108)</sup>, et que beaucoup de recherches suggèrent des troubles de santé et des anomalies de comportement chez les animaux exposés à des champs électromagnétiques nuisibles <sup>(109-111)</sup>, l'importance de l'impact sur la santé humaine reste un sujet de bien des débats. Avec la multiplicité des points de vue, les priorités potentiellement en compétition, incluant le confort, la commodité, les intérêts financiers, la nécessité de la santé et de la technologie, un consensus sur le rapport risques / bénéfiques de l'exposition aux champs électromagnétiques, doivent se défier pour atteindre le futur proche. Cependant, en ce début du 21<sup>ème</sup> siècle, avec un grand pourcentage de personnes, baignant dans un brouillard de champs électromagnétiques résultant du séjour, du travail, et des loisirs à proximité étroite d'appareils électriques, de réseaux sans fil, d'antennes relais de téléphonie mobile, de lignes de transport du courant, d'émetteurs de radio et de TV, d'éclairages fluorescents et de courants sales ainsi que de l'utilisation omniprésente des téléphones sans fil et cellulaires, des sièges de voitures, des brosses à dents électriques, des rasoirs électriques, des sèche-cheveux etc., une réponse de la communauté médicale et de la santé publique s'indique.

La question morale et politique survient afin de savoir si la politique de santé publique doit être basée sur "*la preuve de la sécurité*" ou sur "*la preuve de la nocivité*". En relation avec les problèmes de santé environnementale, une approche de "l'innocent jusqu'à ce qu'il soit reconnu coupable" a généralement été adoptée en ce que les initiatives de santé publique ne commencent que lorsque la preuve de la nocivité est établie de manière conclusive <sup>(112)</sup>. L'histoire médicale a démontré de manière répétitive que malgré de fortes suspicions et des preuves préliminaires, divers agents et appareils toxiques restent en usage pendant des années avant la disponibilité de preuves définitives de nocivité; l'évitement prudent n'est généralement pas appliqué. Il en résulte que l'on continue à construire des écoles et des résidences à proximité immédiate de lignes à haute tension émettant un immense rayonnement électromagnétique, à exposer des femmes inconscientes à des rayonnements électromagnétiques dans diverses occupations, à laisser des adolescents passer des temps inconsidérés attachés à leur téléphone cellulaire, et à placer des antennes relais de téléphonie mobile dans les communautés, près des résidences, des écoles, des jardins d'enfants, des hôpitaux et des lieux de travail.

La maladie est souvent la conséquence d'une interaction entre un agent causal et un hôte sensible, un rayonnement électromagnétique se révèle être tel un agent causal. Etant donné les preuves de plus en plus nombreuses liant une exposition significative à des champs électromagnétiques à des séquelles néfastes de santé et étant donné l'intensité croissante de la pollution électronique résultant des technologies sans fil et de l'électricité sale, il pourrait être prudent de prendre en considération l'égarement à côté de la prudence. Considérant le danger potentiel à long terme, les médecins et les officiels de santé publique devraient alerter les patients individuels et le public concernant ce problème et fournir continuellement des informations sur les précautions afin de diminuer le risque potentiel associé à l'exposition aux champs électromagnétiques.

## References

- Repacholi MH, Ahlbom A. Link between electromagnetic fields and childhood cancer unresolved. *Lancet* 1999;354:1918-9.
- International Organization for Research on Cancer. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Non-ionizing radiation, Part I: static and extremely low-frequency electric and magnetic fields. Vol. 80. Lyon: IARC; 2002.
- Havas M. Electromagnetic hypersensitivity: biological effects of dirty electricity with emphasis on diabetes and multiple sclerosis. *Electromagn Biol Med* 2006;25:259-68.
- Wertheimer N, Savitz DA, Leeper E. Childhood cancer in relation to indicators of magnetic fields from ground current sources. *Bioelectromagnetics* 1995;16:86-96.
- Kavet R, Zaffanella LE, Daigle JP, Ebi KL. The possible role of contact current in cancer risk associated with residential magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 2000;21:538-53.
- Marks TA, Ratke CC, English WO. Stray voltage and developmental, reproductive and other toxicology problems in dogs, cats and cows: a discussion. *Vet Hum Toxicol* 1995;37:163-72.
- Frey AH, editor. *On the nature of electromagnetic field interactions with biological systems*. Austin: R.G. Landes Co; 1994.
- Levitt BB. *Electromagnetic fields*. Orlando: Harcourt, Brace & Company; 1995.
- Larsen AI, Olsen J, Svane O. Gender-specific reproductive outcome and exposure to high-frequency electromagnetic radiation among physiotherapists. *Scand J Work Environ Health* 1991;17:324-9.
- Savitz DA, Olshan AF, Gallagher K. Maternal occupation and pregnancy outcome. *Epidemiology* 1996;7:269-74.
- Ouellet-Hellstrom R, Stewart WF. Miscarriages among female physical therapists who report using radio- and microwave-frequency electromagnetic radiation. *Am J Epidemiol* 1993;138:775-86.
- Li DK, Odouli R, Wi S, et al. A population-based prospective cohort study of personal exposure to magnetic fields during pregnancy and the risk of miscarriage. *Epidemiology* 2002;13:9-20.
- Goldhaber MK, Polen MR, Hiatt RA. The risk of miscarriage and birth defects among women who use visual display terminals during pregnancy. *Am J Ind Med* 1988;13:695-706.
- Havas M. Biological effects of non-ionizing electromagnetic energy: a critical review of the reports by the US National Research Council and the US National Institute of Environmental Health Sciences as they relate to the broad realm of EMF bioeffects. *Environ Rev* 2000;8:173-253.
- Nordstrom S, Birke E, Gustavsson L. Reproductive hazards among workers at high voltage substations. *Bioelectromagnetics* 1983;4:91-101.
- Wilkins 3rd, JR, Koutras RA. Paternal occupation and brain cancer in offspring: a mortality-based case-control study. *Am J Ind Med* 1988;14:299-318.
- Johnson CC, Spitz MR. Childhood nervous system tumours: an assessment of risk associated with paternal occupations involving use, repair or manufacture of electrical and electronic equipment. *Int J Epidemiol* 1989;18:756-62.
- Nordenson I, Hansson MK, Nordstrom S, Sweins A, Birke E. Clastogenic effects in human lymphocytes of power frequency electric fields: in vivo and in vitro studies. *Radiat Environ Biophys* 1984;23:191-201.
- Kabuto M, Nitta H, Yamamoto S, et al. Childhood leukemia and magnetic fields in Japan: a case-control study of childhood leukemia and residential power-frequency magnetic fields in Japan. *Int J Cancer* 2006;119:643-50.
- Hardell L, Eriksson M, Carlberg M, Sundstrom C, Mild KH. Use of cellular or cordless telephones and the risk for non-Hodgkin's lymphoma. *Int Arch Occup Environ Health* 2005;78:625-32.
- Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. Pooled analysis of two case-control studies on use of cellular and cordless telephones and the risk for malignant brain tumours diagnosed in 1997-2003. *Int Arch Occup Environ Health* 2006;79:630-9.
- Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. Pooled analysis of two case-control studies on the use of cellular and cordless telephones and the risk of benign brain tumours diagnosed during 1997-2003. *Int J Oncol* 2006;28:509-18.
- Hardell L, Carlberg M, Mild KH. Case-control study of the association between the use of cellular and cordless telephones and malignant brain tumors diagnosed during 2000-2003. *Environ Res* 2006;100:232-41.
- Braune S, Wrocklage C, Raczek J, Gailus T, Lucking CH. Resting blood pressure increase during exposure to a radio-frequency electromagnetic field. *Lancet* 1998;351:1857-8.
- Draper G, Vincent T, Kroll ME, Swanson J. Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study. *Br Med J* 2005;330:1290.
- Johansson O. Electrohypersensitivity: state-of-the-art of a functional impairment. *Electromagn Biol Med* 2006;25:245-58.
- Hallberg O, Johansson O. Malignant melanoma of the skin—not a sunshine story!. *Med Sci Monit* 2004;10:CR336-40.
- Hallberg O, Johansson O. Melanoma incidence and frequency modulation (FM) broadcasting. *Arch Environ Health* 2002;57:32-40.
- Hayes RB, Brown LM, Pottern LM, et al. Occupation and risk for testicular cancer: a case-control study. *Int J Epidemiol* 1990;19:825-31.
- Preston-Martin S, Lewis S, Winkelmann R, Borman B, Auld J, Pearce N. Descriptive epidemiology of primary cancer of the brain, cranial nerves, and cranial meninges in New Zealand, 1948-88. *Cancer Causes Control* 1993;4:529-38.
- De Guire L, Theriault G, Iturra H, Provencher S, Cyr D, Case BW. Increased incidence of malignant melanoma of the skin in workers in a telecommunications industry. *Br J Ind Med* 1988;45:824-8.
- Goldsmith JR. TV broadcast towers and cancer: the end of innocence for radiofrequency exposures. *Am J Ind Med* 1997;32:689-92.
- Neutra RR, DelPizzo V, Lee GM. *An evaluation of the possible risks from electric and magnetic fields (EMFs) from power lines, internal wiring, electrical occupations, and appliances. Final report*. California: EMF Program; 2002.
- Szmigielski S. Cancer morbidity in subjects occupationally exposed to high frequency (radiofrequency and microwave) electromagnetic radiation. *Sci Total Environ* 1996;180:9-17.
- Neutra RR. Panel exploring pro and con arguments as to whether EMFs cause childhood brain cancer. *Bioelectromagnetics* 2001(Suppl 5):S144-9.
- Kheifets LI, Greenberg RS, Neutra RR, Hester GL, et al. Electric and magnetic fields and cancer: case study. *Am J Epidemiol* 2001;154:S50-9.
- Hardell L, Holmberg B, Malmer H, Paulsson LE. Exposure to extremely low frequency electromagnetic fields and the risk of malignant diseases—an evaluation of epidemiological and experimental findings. *Eur J Cancer Prev* 1995;4(Suppl 1):3-107.

38. Coogan PF, Clapp RW, Newcomb PA, et al. Occupational exposure to 60-hertz magnetic fields and risk of breast cancer in women. *Epidemiology* 1996;7:459-64.
39. Loomis DP, Savitz DA, Ananth CV. Breast cancer mortality among female electrical workers in the United States. *J Natl Cancer Inst* 1994;86:921-5.
40. Cherry N. *World conference on breast cancer—Ottawa, Canada 26–31 July, 1999*. Lincoln: New Zealand Lincoln University; 2002. Available at: Cherry Environmental Health Consulting website <[http://www.neilcherry.com/cart/Specific+Health+Effect+Reviews?mode=show\\_category](http://www.neilcherry.com/cart/Specific+Health+Effect+Reviews?mode=show_category)> (accessed 10 January 2007).
41. Beniashvili D, Avinoach'm I, Baasov D, Zusman I. The role of household electromagnetic fields in the development of mammary tumors in women: clinical case-record observations. *Med Sci Monit* 2005;11:CR10-3.
42. Tomenius L. 50-Hz electromagnetic environment and the incidence of childhood tumors in Stockholm County. *Bioelectromagnetics* 1986;7:191-207.
43. Savitz DA, Chen JH. Parental occupation and childhood cancer: review of epidemiologic studies. *Environ Health Perspect* 1990;88:325-37.
44. Cherry N. *The causal relationship between residential electromagnetic field exposures and childhood cancer*. Lincoln: New Zealand Lincoln University; 2003. Available at: Cherry Environmental Health Consulting website <[http://www.neilcherry.com/cart/ELF+Health+Effects?mode=show\\_category](http://www.neilcherry.com/cart/ELF+Health+Effects?mode=show_category)> [accessed 10 January 2007].
45. Savitz DA, John EM, Kleckner RC. Magnetic field exposure from electric appliances and childhood cancer. *Am J Epidemiol* 1990;131:763-73.
46. Feychting M, Forssen U. Electromagnetic fields and female breast cancer. *Cancer Causes Control* 2006;17:553-8.
47. Investigators UKCCS. Exposure to power-frequency magnetic fields and the risk of childhood cancer. UK Childhood Cancer Study Investigators. *Lancet* 1999;354:1925-31.
48. Ahlbom A. Neurodegenerative diseases, suicide and depressive symptoms in relation to EMF. *Bioelectromagnetics* 2001(Suppl 5):S132-43.
49. Sobel E, Dunn M, Davanipour Z, Qian Z, Chui HC. Elevated risk of Alzheimer's disease among workers with likely electromagnetic field exposure. *Neurology* 1996;47:1477-81.
50. Altpeter ES, Krebs T, Pfluger DH, von Kanel J, Blattmann R, et al. *Study of health effects of shortwave transmitter station of Schwarzenburg*. Berne, Switzerland: Berne University of Berne, Institute for Social and Preventive Medicine; 1995.
51. Frey AH. Headaches from cellular telephones: are they real and what are the implications? *Environ Health Perspect* 1998;106:101-3.
52. Lancranjan I, Maicanescu M, Rafaila E, Klepsch I, Popescu HI. Gonadic function in workmen with long-term exposure to microwaves. *Health Phys* 1975;29:381-3.
53. Kolodynski AA, Kolodynska VV. Motor and psychological functions of school children living in the area of the Skrunnda Radio Location Station in Latvia. *Sci Total Environ* 1996;180:87-93.
54. Mann K, Roschke J. Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on human sleep. *Neuropsychobiology* 1996;33:41-7.
55. Chiang H, Yao GD, Fang QS, Wang KQ, Lu DZ, Zhou YK. Health effects of environmental electromagnetic fields. *J Bioelectricity* 1989;8:127-31.
56. Cherry N. *Potential and actual adverse effects of radio-frequency and microwave radiation at levels near and below 2 microW/cm<sup>2</sup>*. Lincoln: New Zealand Lincoln University; 1998. Available at: Cherry Environmental Health Consulting website <<http://www.neilcherry.com/cart/>> [accessed 8 January 2007].
57. Verkasalo PK, Kaprio J, Varjonen J, Romanov K, Heikkila K, Koskenvuo M. Magnetic fields of transmission lines and depression. *Am J Epidemiol* 1997;146:1037-45.
58. Poole C, Kavet R, Funch DP, Donelan K, Chary JM, Dreyer NA. Depressive symptoms and headaches in relation to proximity of residence to an alternating-current transmission line right-of-way. *Am J Epidemiol* 1993;137:318-30.
59. van Wijngaarden E, Savitz DA, Kleckner RC, Cai J, Loomis D. Exposure to electromagnetic fields and suicide among electric utility workers: a nested case-control study. *Occup Environ Med* 2000;57:258-63.
60. Havas M, Stetzer D. *Dirty electricity and electrical hypersensitivity: five case studies*. World Health Organization workshop on Electrical Hypersensitivity. Prague, Czech Republic; October 25-26, 2004. Available at: Graham-Stetzer Research website <[http://www.stetzerelectric.com/filters/research/Havas\\_Stetzer\\_WHO04.pdf](http://www.stetzerelectric.com/filters/research/Havas_Stetzer_WHO04.pdf)> [accessed 11 January 2007].
61. The National Institute of Environmental Health Sciences. EMFRAPID: Electric and magnetic fields research and public information dissemination program. 1992. Available at: <<http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/html/resinfo.htm>> [accessed 21 January 2007].
62. Cherry N. *Criticism of the health assessment in the ICNIRP guidelines for radiofrequency and microwave radiation (100 kHz–300 GHz)*. Lincoln: New Zealand Lincoln University; 2002. Available at: Cherry Environmental Health Consulting website <[http://www.neilcherry.com/cart/Major+Evidence+Reviews?mode=show\\_category](http://www.neilcherry.com/cart/Major+Evidence+Reviews?mode=show_category)> [accessed 10 January 2007].
63. Holick MF. The cutaneous photosynthesis of previtamin D3: a unique photoendocrine system. *J Invest Dermatol* 1981;77:51-8.
64. Blank M, Goodman R. Comment: a biological guide for electromagnetic safety: the stress response. *Bioelectromagnetics* 2004;25:642-6.
65. World Health Organization. *2006 WHO research agenda for radio frequency fields*. Geneva: World Health Organization; 2006. pp. 1-10.
66. Blackman CF. ELF effects on calcium homeostasis. In: Wilson BW, Stevens RG, Anderson LE, editors. *Extremely low frequency electromagnetic fields: the question of cancer*. Columbus: Battelle Press; 1990. p. 187-208.
67. Crews D, McLachlan JA. Epigenetics, evolution, endocrine disruption, health, and disease. *Endocrinology* 2006;147(Suppl):S4-S10.
68. Blank M, Goodman R. Initial interactions in electromagnetic field-induced biosynthesis. *J Cell Physiol* 2004;199:359-63.
69. Delimaris J, Tsilimigaki S, Messini-Nicolaki N, Ziros E, Piperakis SM. Effects of pulsed electric fields on DNA of human lymphocytes. *Cell Biol Toxicol* 2006;22:409-15.
70. Frahm J, Lantow M, Lupke M, Weiss DG, Simko M. Alteration in cellular functions in mouse macrophages after exposure to 50 Hz magnetic fields. *J Cell Biochem* 2006;99:168-77.
71. Sakurai T, Satake A, Sumi S, Inoue K, Miyakoshi J. An extremely low frequency magnetic field attenuates insulin secretion from the insulinoma cell line, RIN-m. *Bioelectromagnetics* 2004;25:160-6.
72. Ravindra T, Lakshmi NK, Ahuja YR. Melatonin in pathogenesis and therapy of cancer. *Indian J Med Sci* 2006;60:523-35.

73. Pandi-Perumal SR, Srinivasan V, Maestroni GJ, Cardinali DP, Poeggeler B, Hardeland R. Melatonin: nature's most versatile biological signal? *FEBS J* 2006;273:2813–38.
74. Poeggeler B, Saarela S, Reiter RJ, et al. Melatonin—a highly potent endogenous radical scavenger and electron donor: new aspects of the oxidation chemistry of this indole accessed in vitro. *Ann N Y Acad Sci* 1994;738: 419–20.
75. Cagnacci A, Cannoletta M, Renzi A, Baldassari F, Arangino S, Volpe A. Prolonged melatonin administration decreases nocturnal blood pressure in women. *Am J Hyperten* 2005; 18:1614–8.
76. Pozo D, Reiter RJ, Calvo JR, Guerrero JM. Physiological concentrations of melatonin inhibit nitric oxide synthase in rat cerebellum. *Life Sci* 1994;55:PL455–60.
77. Waliczek J. Electromagnetic field effects on cells of the immune system: the role of calcium signaling. *Faseb J* 1992;6:3177–85.
78. Adriaens I, Jacquet P, Cortvrindt R, Janssen K, Smitz J. Melatonin has dose-dependent effects on folliculogenesis, oocyte maturation capacity and steroidogenesis. *Toxicology* 2006;228:333–43.
79. Jung B, Ahmad N. Melatonin in cancer management: progress and promise. *Cancer Res* 2006;66:9789–93.
80. Rosen LA, Barber I, Lyle DB. A 0.5 G, 60 Hz magnetic field suppresses melatonin production in pinealocytes. *Bioelectromagnetics* 1998;19:123–7.
81. Reiter RJ, Robinson J. *Melatonin: your body's natural wonder drug*. New York: Bantam Books; 1995.
82. Brugger P, Marktl W, Herold M. Impaired nocturnal secretion of melatonin in coronary heart disease. *Lancet* 1995;345:1408.
83. Almay BG, von Knorring L, Wetterberg L. Melatonin in serum and urine in patients with idiopathic pain syndromes. *Psychiatry Res* 1987;22:179–91.
84. Mishima K, Tozawa T, Satoh K, Matsumoto Y, Hishikawa Y, Okawa M. Melatonin secretion rhythm disorders in patients with senile dementia of Alzheimer's type with disturbed sleep-waking. *Biol Psychiatry* 1999;45:417–21.
85. Fanget F, Claustrat B, Dalery J, et al. Nocturnal plasma melatonin levels in schizophrenic patients. *Biol Psychiatry* 1989;25:499–501.
86. Reiter RJ. Melatonin suppression by static and extremely low frequency electromagnetic fields: relationship to the reported increased incidence of cancer. *Rev Environ Health* 1994;10:171–86.
87. Smith GC, Pell JP. Parachute use to prevent death and major trauma related to gravitational challenge: systematic review of randomised controlled trials. *BMJ* 2003;327:1459–61.
88. Schuz J, Jacobsen R, Olsen JH, Boice Jr. JD, McLaughlin JK, Johansen C. Cellular telephone use and cancer risk: update of a nationwide Danish cohort. *J Natl Cancer Inst* 2006; 98:1707–13.
89. Carlo GL. *The latest reassurance ruse about cell phones and cancer*. Science and Public Policy Institute; 2006. Available at: <<http://www.safewireless.org/Portals/2/Documents/danishrev.pdf>> [accessed 11 January 2007].
90. Rea WJ. *Chemical sensitivity (Volume 1). Tools of diagnosis and methods of treatment*. Boca Raton: CRC Press; 1992.
91. Rea WJ, Pan Y, Fenyves EJ, Sujisawa I, Suyama N, Ross GH. Electromagnetic field sensitivity. *J Bioelectricity* 1991;10: 241–56.
92. Rea WJ. *Chemical sensitivity (Volume 4). Tools of diagnosis and methods of treatment*. Boca Raton: Lewis Publishers; 1997.
93. Cherry N. *Epidemiological principles for ELF/EMR studies*. Lincoln: New Zealand Lincoln University; 2002. Available at: Cherry Environmental Health Consulting website <[http://www.neilcherry.com/cart/Principles?mode=show\\_category](http://www.neilcherry.com/cart/Principles?mode=show_category)> [accessed 15 January 2007].
94. Goldsmith J. Epidemiological evidence of radiofrequency radiation effects on health in military, broadcasting, and occupation studies. *Int J Occ Environ Health* 1995;1:47–57.
95. Friedman L, Richter ED. Conflicts of interest and scientific integrity. *Int J Occup Environ Health* 2005;11:205–6.
96. Hardell L, Walker MJ, Walhjalt B, Friedman LS, Richter ED. Secret ties to industry and conflicting interests in cancer research. *Am J Ind Med* 2007;50(3):227–33.
97. Angell M. Is academic medicine for sale? *N Engl J Med* 2000;342:1516–8.
98. Genuis SK, Genuis SJ. Exploring the continuum: medical information to effective clinical practice. Paper 1. The translation of knowledge into clinical practice. *J Eval Clin Pract* 2006;12:49–62.
99. Smith R. Medical journals are an extension of the marketing arm of pharmaceutical companies. *PLoS Med* 2005;2:e138.
100. The International Commission for Electromagnetic Safety: Benevento R. *The precautionary EMF approach: rationale, legislation and implementation*. International conference, Benevento, Italy, 22–24 February 2006.
101. Merritt EF. Human health and the environment: are physician educators lagging behind? *JAMA* 1999;281:1661.
102. Huss A, Roosli M. Consultations in primary care for symptoms attributed to electromagnetic fields—a survey among general practitioners. *BMC Public Health* 2006; 6:267.
103. The International Commission for Electromagnetic Safety: Catania R. *State of the research on electromagnetic fields—scientific and legal issues*. International conference, Catania, Italy, 13–14 September 2002.
104. Genuis SJ. The proliferation of clinical practice guidelines: professional development or medicine by numbers? *J Am Board Fam Pract* 2005;18:419–25.
105. Tighter laws on mobile phone antenna. Expatica. 16 February 2007. Available at [http://www.expatica.com/actual/article.asp?subchannel\\_id=48&story\\_36647](http://www.expatica.com/actual/article.asp?subchannel_id=48&story_36647) [Accessed May 30, 2007].
106. *Wingspread statement on the precautionary principle*. 1998. Available at: <<http://www.gdrc.org/u-gov/precaution-3.html>> [accessed 25 August 2005].
107. Chen G, Upham BL, Sun W, et al. Effect of electromagnetic field exposure on chemically induced differentiation of friend erythroleukemia cells. *Environ Health Perspect* 2000;108:967–72.
108. Schmitz P, Siegenthaler J, Stager C, Tarjan D, Bucher J. Long-term exposure of young spruce and beech trees to 2450-MHz microwave radiation. *Sci Total Environ* 1996; 180:43–8.
109. Löscher W, Käs G. Conspicuous behavioural abnormalities in a dairy cow herd near a TV and radio transmitting antenna. *Prakt Tierarzt* 1998;79:437–44.
110. Tanner J, Romero-Sierra C. Beneficial and harmful accelerated growth induced by the action of nonionizing radiation. *Ann N Y Acad Sci* 1974;238:171–5.
111. Kondra R, Hamid M, Hodgson G. Effects of microwave radiation on growth and reproduction of the stocks of chickens. *Can J Animal Sci* 1972;52:317–20.
112. Genuis SJ. The chemical erosion of human health: adverse environmental exposure and in-utero pollution—determinants of congenital disorders and chronic disease. *J Perinat Med* 2006;34:185–95.

\*\*\*\*\*