

Lignes directrices 2016 de l'EUROPAEM pour la prévention, le diagnostic et le traitement des sujets atteints de problèmes de santé et de maladies en lien avec les champs électromagnétiques

Par: European Academy for Environmental Medicine (EUROPAEM) - EMF working group:

*Auteur principal: Gerd Oberfeld, Department of Public Health, Government of Land Salzburg, Austria, E-mail: gerd.oberfeld@salzburg.gv.at Igor Belyaev: Cancer Research Institute BMC, Slovak Academy of Science, Bratislava, Slovak Republic; and Prokhorov General Physics Institute, Russian Academy of Science, Moscow, Russia Amy Dean: American Academy of Environmental Medicine, Wichita, KS, USA Horst Eger: Association of Statutory Health Insurance Physicians of Bavaria, Medical Quality Circle "Electromagnetic Fields in Medicine -Diagnostic, Therapy, Environment", no. 65143, Naila, Germany Gerhard Hubmann: Center for Holistic Medicine "MEDICUS", Vienna, Austria; and Wiener Internationale Akademie für Ganzheitsmedizin (GAMED), Vienna, Austria Reinhold Jandrisovits: Medical Association Burgenland, Environmental Medicine Department, Eisenstadt, Austria Markus Kern: Medical Quality Circle "Electromagnetic Fields in Medicine - Diagnosis, Treatment and	Environment", Kempten, Germany; and Kompetenzinitiative zum Schutz von Mensch, Umwelt u. Demokratie e.V., Kempten, Germany Michael Kundi and Hanns Moshhammer: Institute of Environmental Health, Medical University Vienna, Vienna, Austria Piero Lercher: Medical Association Vienna, Environmental Medicine Department, Vienna, Austria Kurt Müller: European Academy for Environmental Medicine, Kempten, Germany Peter Ohnsorge: European Academy for Environmental Medicine, Würzburg, Germany Peter Pelzmann: Department of electronics and computer science engineering, HTL Danube City, Vienna, Austria Claus Scheingraber: Working Group Electro-Biology (AEB), Munich, Germany and Association for Environmental- and Human-Toxicology (DGUHT), Würzburg, Germany Roby Thill: Association for Environmental Medicine (ALMEN), Beaufort, Luxembourg
---	---

L'article d'origine a été publié en anglais dans le journal *Reviews on Environmental Health*, De Gruyter Publishing House, 10.1515/reveh-2016-0011, 25 juillet 2016, sous le titre "*EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses*".

Traduit de l'anglais en collaboration entre l'ARA - Association Romande Alerte aux ondes électromagnétiques (Suisse) et Electrosensibles de France/PRIARTEM (France).

Ce texte issu d'une traduction ne doit d'aucune manière être considéré comme officiel. La seule version de cet article qui fasse foi est celle dans sa langue d'origine. La traduction devra toujours être confrontée au texte source, qui fera jurisprudence.

Date de la traduction: novembre 2016

Sommaire

Résumé.....	3
Etat de la science et débat politique autour des problèmes sanitaires liés aux CEM, à travers une perspective médicale.....	4
Introduction.....	4
Déclaration des organisations mondiales concernant les CEM.....	6
CEM et cancer.....	9
Effets génotoxiques.....	10
Effets neurologiques des CEM.....	11
Les CEM l'infertilité et la reproduction.....	14
Hypersensibilité électromagnétique (EHS).....	14
Autres maladies nécessitant une attention par rapport aux CEM.....	20
Recommandations d'action.....	21
Évidence des stratégies de traitement des maladies liées aux CEM.....	21
Réponse des médecins par rapport à ce développement.....	22
Comment procéder si des problèmes de santé liés aux CEM sont soupçonnés. .	23
Les examens médicaux et leurs résultats.....	25
Tests fonctionnels.....	25
Tests en laboratoire.....	26
Mesure de l'exposition aux CEM.....	28
Valeurs indicatives CEM.....	29
Réduction de l'exposition aux CEM - première étape.....	35
Réduction de l'exposition aux CEM - deuxième étape.....	36
Diagnostic.....	37
Traitements de médecine environnementale.....	38
Références.....	44
Supplément 1 - Informations générales sur les directives CEM.....	64
Supplément 2 - Les gammes de fréquences ELF, VLF, et RF.....	65
Supplément 3 - Caractéristiques du signal RF.....	66
Supplément 4 - Questionnaire.....	67

Résumé

Les troubles et maladies chroniques associés à des symptômes non spécifiques sont en augmentation. En plus du stress chronique lié aux environnements sociaux et professionnels, les expositions chimiques et physiques à domicile, au travail, et pendant les activités de loisirs causent ou contribuent à un stress environnemental qui mérite l'attention des médecins généralistes autant que de tous les autres membres de la communauté de santé. Il semble nécessaire désormais de prendre en considération les "nouvelles expositions" telles que les champs électromagnétiques (CEM). Les médecins sont de plus en plus confrontés à des problèmes de santé venant de causes non identifiées.

Les études, les observations empiriques et les témoignages de patients indiquent clairement des interactions entre les expositions CEM et des problèmes de santé. La susceptibilité individuelle et les facteurs environnementaux sont fréquemment négligés. Les nouvelles technologies et applications sans fil ont été introduites sans aucune certitude quant à leurs effets sur la santé, constituant de nouveaux défis pour la médecine et la société. Par exemple, la question des effets dits non thermiques et des effets potentiels à long-terme des faibles doses a été à peine étudiée avant l'introduction de ces nouvelles technologies.

Les champs électromagnétiques, ou sources CEM les plus courants sont: les rayonnements de radiofréquences (RF) (3 MHz à 300 GHz) émis par les antennes de transmission radio et TV, les points d'accès Wi-Fi, les routeurs, et les terminaux (par exemple, les smartphones, tablettes etc.), les téléphones sans fil et portables incluant leurs antennes relais, ainsi que les dispositifs Bluetooth. Les très basses fréquences électriques (VLF EF) et les champs magnétiques (VLF MF) sont rayonnés par des courants de distorsion et des fréquences harmoniques par les câblages électriques, les ampoules (ex: lampes compactes fluorescentes), et les dispositifs électroniques. D'une part, il existe une forte preuve que l'exposition à long-terme à certains champs électromagnétiques constitue un facteur de risque pour des maladies comme certains cancers, la maladie d'Alzheimer, et l'infertilité masculine. D'autre part, le phénomène émergent de l'hypersensibilité électromagnétique (EHS) est de plus en plus reconnu par les autorités sanitaires, les services administratifs d'invalidité de travail, les travailleurs sociaux, les politiciens, autant que par les tribunaux de justice.

Nous recommandons le traitement clinique de l'EHS comme partie intégrante du groupe des maladies chroniques multisystèmes (CMI) mais en reconnaissant néanmoins que la cause sous-jacente reste l'environnement. Au début, les symptômes EHS apparaissent seulement occasionnellement, mais plus le temps passe plus ils sont susceptibles d'augmenter en fréquence et en sévérité. Les symptômes courants des EHS incluent des maux de tête, des difficultés de concentration, des problèmes de sommeil, la dépression, un manque d'énergie, de la fatigue, et des symptômes grippaux. Un historique médical intégral, qui devrait inclure tous les symptômes et leurs occurrences dans des termes spatiaux et temporels et dans le contexte des expositions aux CEM, est la clé pour établir le diagnostic.

Les expositions aux CEM sont habituellement évaluées par des mesures de CEM à la maison et au travail. Certains types d'exposition aux CEM peuvent être établis par l'inventaire des sources électromagnétiques usuelles. Il est cependant très important de prendre en compte la susceptibilité individuelle. La première méthode de traitement devrait se focaliser sur la prévention ou la réduction des expositions aux CEM, qui est de réduire ou d'éliminer toutes les sources de fortes expositions aux CEM chez soi ou sur le lieu de travail. La réduction des expositions aux CEM devrait être étendue aux lieux publics, comme les écoles, les hôpitaux, les transports publics et les

bibliothèques pour permettre aux personnes EHS une utilisation sans restriction (mesures d'accessibilité). Si une exposition électromagnétique préjudiciable est réduite efficacement, le corps a une chance de récupérer et les symptômes EHS peuvent être réduits ou même disparaître. De nombreux exemples ont démontré que de telles mesures peuvent se révéler efficaces. Pour augmenter l'efficacité du traitement, la large gamme des autres facteurs environnementaux qui contribuent à la charge corporelle totale devrait également être prise en compte. Tout ce qui soutient l'homéostasie va augmenter la résilience des personnes contre les maladies et donc contre les effets néfastes des expositions aux CEM.

Il existe aujourd'hui des preuves croissantes que les expositions aux CEM ont un impact majeur sur la capacité de régulation oxydative et nitrosative des individus affectés. Ce concept peut également expliquer pourquoi le degré de sensibilité aux champs électromagnétiques peut varier d'un individu à l'autre et pourquoi la gamme de symptômes signalée dans le contexte des expositions aux CEM est si large. Selon nos connaissances actuelles, l'approche par un traitement qui minimise les effets néfastes du peroxy-nitrite - de plus en plus utilisé pour le traitement des maladies multisystème - est très efficace. Ces recommandations sur les CEM donnent un aperçu sur la connaissance actuelle concernant les risques de santé en relation avec les CEM et fournissent des recommandations pour le diagnostic, le traitement de cette maladie et les actions en faveur de l'accessibilité pour améliorer et restaurer les conditions de santé individuelle des EHS ainsi que le développement de stratégies de prévention.

Mots-Clés: accessibilité; maladie d'Alzheimer; cancer; maladie chronique systémique (CMI); diagnostic; électrique; champ magnétique (CEM); hypersensibilité électromagnétique (EHS); infertilité; leucémie; magnétique; lignes directrices médicales; stress nitrosatif; non-ionisant; stress oxydant; peroxy-nitrite; prévention; radiation; statique; thérapie; traitement.

Etat de la science et débat politique autour des problèmes sanitaires liés aux CEM, à travers une perspective médicale.

Introduction

Le projet "Environmental Burden of Disease" ("Charge de morbidité environnementale") a évalué l'influence de neuf facteurs de stress environnementaux (le benzène; les dioxines, incluant les furanes et les PCBs; le tabagisme passif; le formaldéhyde; le bruit; l'ozone; les particules fines et le radon) sur la santé de la population de six pays (Belgique, Finlande, France, Allemagne, Italie et Pays-Bas). Ces neuf facteurs de stress environnementaux ont causé 3% à 7% du taux annuel de morbidité dans les 6 pays européens (1).

L'étude BPtK en Allemagne a montré que ce sont les désordres mentaux qui augmentent le plus fortement - et tout spécialement le burn-out - comme cause d'incapacité au travail laquelle a été multipliée par 7 entre 2004 et 2011 (2). En Allemagne, 42% des départs anticipés à la retraite en 2012 ont été causés par des désordres mentaux, la dépression étant le diagnostic premier (3). En Allemagne, les médicaments psychotropes sont en 3^{ème} place en matière de prescriptions de médicaments (4).

La consommation de méthylphénidate (Ritalin, Medikinet, Concerta), un médicament psychotrope prescrit comme traitement du trouble de déficit d'attention/hyperactivité (TDAH) notamment pour les jeunes enfants et les adolescents, a augmenté de façon alarmante dans les années 1990. Selon les

statistiques de l'Institut Fédéral Allemand du Médicament et des Dispositifs Médicaux, les prescriptions ont augmenté encore plus dramatiquement depuis 2000 et ont atteint leur point culminant en 2012. En 2013, un léger déclin dans le nombre de prescriptions a été observé (5). Il est intéressant de constater que la rapide augmentation de l'utilisation du méthylphénidate coïncide avec l'énorme expansion des télécommunications mobiles et des autres technologies s'y rapportant, ouvrant une question de recherche.

En Allemagne, les cas d'incapacité professionnelle et l'absentéisme dus au problème de santé mentale, ont plus que doublé entre 1994 et 2011 (6). Dans les pays de l'OCDE (Organisation pour la Coopération et le Développement Économique), on a pu observer une grande variabilité dans la prescription des antidépresseurs avec généralement une tendance à l'augmentation. Les statuts socio-économiques et les standards thérapeutiques ne peuvent pas totalement expliquer ces observations (7). Les perturbations fonctionnelles comme les inflammations chroniques et les modifications des fonctions des neurotransmetteurs causés par l'influence environnementale ont été à peine étudiées.

Une augmentation constante de la prévalence des allergies et de l'asthme est observable globalement, avec environ 30%-40% de la population mondiale désormais affectée par au moins un de ces problèmes d'allergie ou d'asthme (8).

Les conditions environnementales telles que l'augmentation de l'exposition de la population à des champs électromagnétiques (CEM) sont suspectées de jouer un rôle causal sur les effets sanitaires attribuables à ces CEM (9-12), incluant l'exposition aux rayonnements de radiofréquences (RF), qui émanent des téléphones sans fil (DECT), des antennes-relais, et des téléphones portables (GSM, GPRS, UMTS, LTE), spécialement les smartphones, des cartes de données pour ordinateurs portables, des LAN sans fil (Wi-Fi), des compteurs communicants, mais également les expositions aux champs électriques extrêmement basses fréquences (ELF EF) et champs magnétiques (ELF MF), incluant "l'électricité sale" ("dirty electricity"), qui émane des parasites des câblages électriques, des lignes électriques, des appareils électriques, et autres équipements. Pour la société et la communauté médicale, tout cela soulève de nouveaux défis.

Même si les mécanismes biophysiques et biochimiques des effets biologiques des CEM à faible dose ne sont pas totalement connus, des progrès significatifs ont été réalisés depuis les dernières décennies, et il existe de nombreuses données indiquant que ces mécanismes pourraient être communs pour expliquer les effets des ELF et des RF (13-18). Dans les sections suivantes, nous fournissons quelques informations contextuelles sur des aspects importants des effets biologiques des CEM. Cependant, ceci ne doit pas être compris comme une revue complète de la preuve. Nous ne faisons pas toujours une stricte différence entre les champs RF et ELF en raison de la mention précédente concernant la superposition des mécanismes biologiques. Il faut aussi noter que des conditions d'exposition très spécifiques peuvent déclencher des réponses biologiques chez un individu, mais pas chez d'autres. Des rapports de témoignages, par ailleurs, indiquent que telles sensibilités ou réactivités peuvent se développer au fil du temps, l'intolérance pouvant s'étendre ensuite à des conditions d'exposition très variées.

Les maladies chroniques et les troubles associés à des symptômes nonspécifiques sont en augmentation. En plus du stress chronique associé aux environnements sociaux et professionnels, les expositions chimiques et physiques à domicile au travail, et pendant les activités de loisirs causent ou contribuent à un stress environnemental qui mérite plus d'attention autant de la part des médecins généralistes que de celle de tous les autres membres de la communauté médicale. Il semble absolument nécessaire désormais de prendre en compte les "nouvelles expositions" comme

les CEM, ou comme énoncé par Hedendahl et al (19): *"Il est temps de considérer les ELF CEM et RF CEM comme des polluants environnementaux qui doivent être contrôlés"*.

Déclaration des organisations mondiales concernant les CEM

Les recommandations de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) sur les champs électriques et magnétiques ELF et les rayonnements RF, rédigées par la Commission Internationale sur la Protection des rayonnements Non-Ionisants (ICNIRP) (20, 21), sont basées sur les courants produits par induction dans le corps (ELF) et les effets thermiques (RF).

Les effets thermiques sont définis comme des effets qui se traduisent par l'élévation de la température liée à l'absorption d'énergie électromagnétique. Le taux d'absorption spécifique (DAS) est défini comme le taux d'absorption d'énergie électromagnétique dans une unité de masse d'un tissu biologique. Il est proportionnel à l'augmentation de la température dans ce tissu. En effet alors qu'une augmentation significative de la température doit être évitée étant donné qu'elle peut avoir des conséquences néfastes immédiates sur la santé (tissu nécrosé, stress cardiaque etc.) les expositions peuvent ne pas se traduire par une augmentation (mesurable) de température soit en raison d'une dissipation de la chaleur soit parce que le niveau d'exposition est trop faible pour être associé à une élévation de la chaleur. Ce dernier type d'exposition est nommé non-thermique. Les effets biologiques et sanitaires apparaissant à des niveaux non-thermiques ont été étudiés et discutés par de nombreux groupes de recherches dans le monde entier (9, 10, 22-24).

Les recommandations de l'ICNIRP ont été adoptées par l'EU dans sa Recommandation de 1999, sans considérer les effets non-thermiques à long-terme. En revanche, il doit être souligné que, durant une Conférence Internationale sur les CEM à Londres (2008), le Professeur Paolo Vecchia, président de l'ICNIRP de 2004 à 2012, définit, à propos des lignes directrices sur les expositions, "ce qu'elles ne sont pas": *"Elles ne sont pas des prescriptions obligatoires en matière de sécurité"*; *"Elles ne sont pas 'le dernier mot' sur cette question"*, et *"Elles ne sont pas des murs de défense érigés pour l'industrie ou autres"*.

Pour tous les effets nonthermiques des CEM liés aux RF, les estimations du DAS ne sont pas des mesures d'exposition appropriées. En effet, c'est à la fois l'intensité du champ et la densité de puissance (PD) combinée avec les durées d'exposition qui devraient être utilisées pour définir des normes de sécurité sanitaire (26, 14, 27). En opposition avec les lignes directrices de l'ICNIRP, les normes de sécurité russes, sont basées sur des effets nonthermiques des RF, obtenus par différents instituts de recherche dans l'ancienne Union Soviétique suite à des décennies d'études sur les expositions chroniques aux RF (28, 29).

En opposition également avec la position du siège de l'OMS à Genève, l'Agence Internationale pour la Recherche contre le Cancer (IARC), une agence affiliée à l'OMS basée à Lyon, a classé les champs magnétiques d'extrêmement basse fréquence (ELF MF) comme possiblement cancérigènes pour l'homme (Groupe 2B) en 2002 (30) et les rayonnements des radios-fréquences, en 2011 (24).

Il doit être noté que, durant les vingt dernières années, plus d'une vingtaine de prises de position et de résolutions concernant les CEM et la santé ont été adoptées par des chercheurs et des médecins spécialisés sur les CEM. Y sont inclus: la Résolution de Vienne, Autriche, 1998; le Rapport Stewart, UK, 2000; la Résolution de Salzbourg, Autriche, 2000; l'Appel de Fribourg, Allemagne, 2002; la Résolution de Catane, Italie, 2002; la Déclaration de l'Association des médecins irlandais, Irlande, 2005; l'Appel d'Helsinki, Finlande, 2005; la Résolution de Benevento, Italie, 2006; la Résolution de Venise, Italie, 2008; la Résolution de Porto Alegre, Brésil, 2009; la Résolution du Comité National Russe de Protection contre les Rayonnements Non-Ionisants, Russie, 2011; l'Appel International des Médecins, Europe, 2012; et le rapport du Comité Permanent sur la Santé, Canada, 2015 (31-34).

En Août 2007 et Décembre 2012, le groupe BioInitiative, un groupe international de 29 experts émanant de différentes disciplines, a publié deux rapports novateurs, "BioInitiative 2007/resp. 2012 - A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields (ELF and RF)" édités par Cindy Sage et David O. Carpenter, appelant à des mesures préventives contre l'exposition aux CEM basées sur les preuves scientifiques disponibles (9, 10). Le rapport BioInitiative est une étape mondiale concernant une analyse complète des effets biologiques et des effets sanitaires des rayonnements électromagnétiques à faible dose ainsi que des conclusions et recommandations données pour le public. Le Rapport BioInitiative de 2012 comprend des sections sur la preuve d'effets portant sur: l'expression des gènes et protéines, l'ADN, la fonction immunitaire, les problèmes de neurologie et de comportement, la barrière hématoencéphalique (BHE), les tumeurs du cerveau et neurinomes de l'acoustique, la leucémie infantile, la mélatonine, la maladie d'Alzheimer, le cancer du sein, la fertilité et la reproduction, les désordres fœtaux et néonataux, l'autisme, la perturbation liée à la modulation du signal, les thérapies électromagnétiques, ainsi que des sections comme: l'état de la problématique, les normes publiques d'exposition actuelles, la preuve de l'inadéquation de ces normes, le principe de précaution, des exemples de données de santé publique globales, les données-clés pour la construction des preuves scientifiques et les recommandations sur la santé publique, et le résumé pour le public et les conclusions.

Alors qu'ils sont le plus souvent négligés comme risque sanitaire, l'Agence Européenne de l'Environnement a comparé le risque des rayonnements non-ionisants (CEM) à d'autres risques environnementaux comme l'amiante, le benzène, le tabac, recommandant de manière urgente d'appliquer une approche de précaution quant aux CEM (35). Cette position a été confirmée et élaborée plus clairement dans des publications qui ont suivis en 2011 et 2013 (36, 37).

En septembre 2008, une déclaration du Parlement Européen a appelé à un réexamen des limites des CEM issues de la Recommandation du Conseil de L'UE de 1999 qui étaient basées sur les lignes directrices de l'ICNIRP, avec une référence au rapport BioInitiative (38). Ceci fut nettement renforcé dans une résolution du Parlement en avril 2009 (39).

A la réunion de novembre 2009 à Seletun en Norvège, un panel de scientifiques a adopté un "Accord de Consensus " qui recommande des actions préventives et de précaution désormais justifiées, eu égard au niveau de preuve existant d'un risque global potentiel des expositions aux CEM sur la santé (40). Outre les recommandations générales et spécifiques, c'est-à-dire pour les téléphones sans fil et mobiles, le panel a recommandé des limites d'exposition pour les champs magnétiques ELF et les rayonnements de radiofréquences. Le panel de scientifiques précisait que: *"Les limites chiffrées recommandées ici ne prennent pas encore en compte la population sensible (EHS, immunodéficients, fœtus, enfants en développement, personnes âgées, personnes sous prescriptions médicales, etc.). Une autre marge de sécurité est ainsi probablement justifiée au-dessous des limites recommandées ici pour les expositions aux CEM"*.

Depuis 2007, le Haut Conseil pour la Santé du Ministère de la Santé en Autriche a recommandé de prendre des mesures préventives en réduisant les niveaux d'exposition des dispositifs RF, susceptibles d'entraîner des expositions à long-terme sur l'homme, d'un facteur d'au moins 100 au-dessous des niveaux des valeurs prescrites par la Commission Européenne et en édictant des règles sur la manière de réduire les expositions individuelles aux rayonnements RF venant des téléphones portables (41).

En mai 2011, l'Assemblée Parlementaire du Conseil de l'Europe adopta le rapport "Les dangers

potentiels des champs électromagnétiques et leurs effets sur l'environnement" (42). L'Assemblée recommanda de nombreuses mesures préventives à l'attention des états membres du Conseil de l'Europe avec l'objectif de protéger l'homme et l'environnement, spécialement des champs électromagnétiques à hautes-fréquences, telles que: *"Prendre toutes les mesures raisonnables pour réduire l'exposition aux champs électromagnétiques, spécialement les radiofréquences des téléphones portables, et particulièrement l'exposition des enfants et des jeunes enfants qui semblent être plus vulnérables aux tumeurs cérébrales";* ou *"attacher une attention particulière aux personnes 'électrosensibles' qui souffrent d'un syndrome d'intolérance aux champs électromagnétiques et introduire des mesures spécifiques pour les protéger, comprenant la création de zones sans-onde non couvertes par les réseaux sans fil"*.

Reconnaissant que des patients peuvent être affectés de manière néfaste par l'exposition aux CEM, l'Académie Américaine de Médecine Environnementale (AAEM) a publié des recommandations sur l'exposition aux CEM en Juillet 2012. L'AAEM a demandé aux médecins de considérer l'exposition électromagnétique dans leur diagnostic et leur traitement et de reconnaître que ces expositions aux CEM *"peuvent être une cause sous-jacente du processus de maladie des patients"* (43).

Depuis 2014, le gouvernement belge a prohibé la publicité des téléphones portables pour les enfants de moins de 7 ans et a exigé que le DAS des téléphones portables soit indiqué. De plus, sur les points de vente, des avertissements visibles doivent indiquer aux utilisateurs les instructions quant à l'utilisation d'écouteurs pour réduire leur exposition (44).

En janvier 2015, le Parlement français a adopté une loi globale qui protège le grand public des expositions excessives aux ondes électromagnétiques. Entre autres choses, ont été votées l'interdiction du Wi-Fi dans les crèches et dans tous les lieux d'accueil d'enfants de moins de 3 ans et de ne permettre son activation dans les écoles primaires accueillant des enfants de moins de 11 ans seulement pour les besoins spécifiques des cours. Les lieux publics fournissant le Wi-Fi doivent clairement le signaler de façon visible. Sur les lieux de vente de téléphones portables, la valeur du DAS doit être clairement indiquée. A l'avenir, toute publicité pour des téléphones portables doit inclure des recommandations d'utilisation en vue de la réduction de l'exposition aux ondes RF, telles que l'utilisation d'écouteurs. Les données sur les niveaux d'exposition locale aux CEM seront rendues plus facilement accessibles au grand public, entre autres, à travers une carte des émetteurs à l'échelle nationale. Le gouvernement français devra également soumettre un rapport sur l'hypersensibilité électromagnétique au Parlement dans moins d'un an (45).

En février 2016, 220 scientifiques de 42 pays ont signé un Appel international, en direction des Nations-Unis (UN) et de l'OMS, appelant à une protection contre l'exposition des champs électromagnétiques non-ionisants. L'appel aborde le problème des effets scientifiquement prouvés sur la santé, de l'inadéquation des lignes directrices internationales actuelles (ICNIRP) et de leur usage par l'OMS. De plus, neuf recommandations ont été développées, incluant le fait que: *"le public devrait être pleinement informé sur les risques potentiels pour la santé de l'énergie électromagnétique et devrait être formé aux stratégies de réduction des nuisances"* et que *"les professionnels de la médecine devraient être formés sur les effets biologiques de l'énergie électromagnétique et recevoir une formation sur le traitement des patients électrosensibles"* (46).

En septembre 2015 une Déclaration Scientifique Internationale sur l'EHS et les MCS a été publiée par un comité scientifique à la suite du Congrès du 5^{ème} Appel de Paris, qui s'est tenu le 18 mai 2015 à l'Académie Royale de Médecine de Bruxelles, Belgique. Elle appelle les agences et organisations nationales et internationales à reconnaître l'EHS et l'hypersensibilité chimique comme une maladie et exhorte particulièrement l'OMS à inclure l'EHS et la MCS dans la classification internationale

des maladies. Elle appelle également les agences nationales et internationales à adopter des mesures simples de prévention, à informer le public, et à nommer des groupes d'experts réellement indépendants pour évaluer les risques de santé basés sur une objectivité scientifique, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui (47).

CEM et cancer

A l'exception de quelques recherches dans des situations professionnelles, la recherche épidémiologique sur les CEM a réellement commencé en 1979 quand Wertheimer et Leeper ont publié leur étude sur la relation entre la proximité de pylônes en fin de ligne (champs magnétiques ELF) et la survenue de cancers d'enfants (spécialement les leucémies et les tumeurs du cerveau) (48). A la même période, Robinette et *al.* ont étudié la mortalité au sein d'une cohorte de vétérans de la Guerre de Corée qui avaient été formés sur les radars militaires au début des années 50. Les deux études ont trouvé des éléments indiquant une augmentation des risques et ont initié un nouveau domaine d'études sanitaires sur les effets de l'exposition aux CEM.

ELF MF

Dans les années qui ont suivi, un grand nombre d'investigations concernant la corrélation entre les leucémies infantiles et les champs d'extrêmement basses fréquences (ELF) ont été publiées. Cependant, les résultats semblaient inconsistants jusqu'à ce que, en 2000, deux méta-analyses ont été conduites (50, 51), fournissant une légère avancée par rapport aux résultats inconsistants et démontrant une augmentation du risque de leucémie en fonction de l'augmentation des niveaux d'exposition moyens, augmentation significative pour les niveaux compris entre 0.3 et 0.4 μT et relative pour les niveaux en-dessous de 0.1 μT mais sans indication de seuil. En se basant sur ces résultats, l'Agence Internationale pour la Recherche contre le Cancer (IARC) a classé les ELF et MF en 2002 dans le Groupe 2B (possiblement) cancérigènes (30). Dans cette catégorie sont classés, entre autres, le plomb, le DDT, les vapeurs de soudure et le tétrachlorure de carbone.

Depuis, de nouvelles études épidémiologiques ont été conduites qui ont donné tendanciellement les mêmes résultats (52, 53). La seule étude aujourd'hui qui ait porté sur l'interaction entre la génétique et l'environnement en relation avec les champs magnétiques liés à la fréquence du réseau/secteur a montré un effet accru statistiquement significatif pour les enfants présentant un polymorphisme dans un gène de réparation de l'ADN (54). Dans une revue sur les leucémies infantiles et les extrêmement basses fréquences, Kundi conclut qu'il existe une preuve suffisante venant des études épidémiologiques d'un accroissement du risque de leucémie pour les enfants exposés aux champs magnétiques liés au réseau électrique qui ne peut pas être attribué au hasard, au biais ni aux facteurs de confusion. A partir de là, conformément aux règles du IARC, de telles expositions devraient être classées dans le Groupe 1, cancérigène avéré (55).

Le rapport BioInitiative de 2012 conclut: "*Les enfants atteints d'une leucémie et convalescents ont des chances de survie plus faibles si leur exposition aux ELF à domicile (ou sur le lieu de leur convalescence) est comprise entre 1mG [0.1 T] et 2mG [0.2 μT], dans une étude et au-delà de 3mG [0.3 μT] dans une autre étude.*" (56).

RF

Il y a plusieurs mécanismes identifiés qui peuvent être à l'origine des effets cancérigènes des RF (23). Peu d'études épidémiologiques des RF ont été réalisées avant l'augmentation générale de l'exposition due aux installations de télécommunications mobiles et seulement un petit nombre d'études ont été conduites à proximité des relais d'émission radio, des stations radar, pour des expositions professionnelles et sur des radios amateurs. Après l'introduction de la téléphonie mobile

numérique, le nombre d'utilisateurs des téléphones portables a augmenté de façon très importante et il a été recommandé dans les années 70 de lancer des études épidémiologiques en se focalisant sur les tumeurs intracrâniennes. Depuis les premières publications, en 1999, du groupe suédois du Professeur Lennart Hardell (57) environ quarante études ont été publiées. La majorité de ces études ont porté sur les tumeurs du cerveau. Cependant les tumeurs des glandes salivaires, le mélanome de l'œil, le mélanome malin de la peau, les tumeurs de la gaine nerveuse, le cancer des testicules et le lymphome ont également été étudiés. Nombre de ces études sont non-conclusives car les durées d'exposition sont trop courtes, cependant, deux séries de recherches, l'étude internationale Interphone conduite dans 13 pays et les études suédoises du groupe Hardell, ont disposé d'une proportion significative d'utilisateurs de longue durée et pouvaient en principe être utilisées pour une évaluation du risque. En 2011 le CIRC a classé les radiofréquences dans le groupe 2B de cancérogénicité en se basant sur des preuves émanant des études épidémiologiques et des études expérimentales menées sur les animaux (24). Depuis, de nouvelles études ont corroboré l'affirmation d'une relation causale entre l'utilisation des téléphones portables et le cancer (58-60). Hardell et Carlberg (61) ont conclu que les radiofréquences devraient être classés dans le groupe 1, cancérogène avéré pour l'homme. La preuve d'un lien de causalité entre l'usage à long-terme du téléphone mobile ou sans fil et le risque de gliome s'est largement renforcée: en 2014, une étude de Carlberg et Hardell (62) a montré des taux de survie significativement plus bas chez les patients atteints d'un gliome multiforme (astrocytome, phase IV) et l'usage d'un téléphone sans fil et en 2015, une autre étude cas-témoin menée par Hardell et Carlberg (63) a inclus des périodes de latence supérieures à 25 ans.

D'autres tumeurs ont pu être reliées aux expositions aux CEM à partir de l'observation de femmes qui portaient leur téléphone dans leur soutien-gorge durant une période prolongée et qui ont plus tard développé un cancer du sein sur cette zone (64).

La Cour Suprême italienne a confirmé la décision de la Cour civile d'appel de Brescia (no. 614 du 10 décembre 2009) qui jugeait que l'Institut National d'Indemnisation des Accidents du Travail devait dédommager un travailleur qui avait développé une tumeur de la tête associée à un usage intensif et à long-terme d'un téléphone portable dans le cadre professionnel. Le cas était un neurinome ipsilatéral du nerf trijumeau d'un sujet qui avait subi une exposition professionnelle durant plus de 10 ans et avec une exposition de plus 15 000 heures de téléphone mobile ou sans fil. La Cour a reconnu *"qu'il était probable que les radiofréquences aient joué un rôle ou au moins aient contribué au développement de la tumeur"* (65).

De nombreux appareils modernes émettent simultanément des CEM dans des fréquences différentes. Par exemple, les téléphones mobiles créent des champs électromagnétiques pour les gammes de fréquences CEM en RF, VLF et ELF et ainsi qu'un champ magnétique statique (pour une revue, voir Belyaev, 2015). Il est important dès lors de considérer la combinaison des expositions pour une évaluation des effets sanitaires.

Effets génotoxiques

Les effets génotoxiques des CEM comprenant des dommages à l'ADN, des mutations, de la structure chromosomique, et de la réparation de l'ADN ont été examinés par Henri Lai dans le rapport BioInitiative (66) et par le groupe de travail du CIRC dans l'évaluation de la carcinogénicité des radiofréquences. En général, environ la moitié des études disponibles ont démontré de la génotoxicité (résultats positifs), alors que d'autres n'en montraient pas (résultats négatifs) (23). À noter, un ratio similaire entre études positives et négatives a été rapporté sur d'autres effets biologiques concernant les radiofréquences (67-69). La raison évidente de ces résultats apparemment contradictoires est la forte dépendance des effets des CEM à un nombre de

paramètres physiques et biologiques qui varient significativement entre les études. Ceci est vrai pour les ELF (70-72) aussi bien que pour les radiofréquences (24-27).

Entre autres, il a été montré une variabilité individuelle dans la réponse de la chromatine de lymphocytes humains exposés aux ELF, ce qui pourrait suggérer une réponse plus forte dans les cellules des individus EHS (72). Le même groupe de recherche a lancé des études comparatives de génotoxicité avec des cellules d'EHS et des sujets contrôle soigneusement sélectionnés (73-75). La réponse des lymphocytes aux radiofréquences des téléphones mobiles GSM (915 Hz) et à des champs magnétiques d'extrêmement basses fréquences (50Hz) a été étudiée (73). La protéine 53BP1 qui participe à la formation des foyers de réparation de l'ADN au niveau des cassures double-brins (DSB) a été analysée par immunocoloration in situ. Dans les deux cas, une exposition à 915MHz ou à 50Hz provoquait une condensation significative de la chromatine et inhibait la formation de foyers de réparation. La réponse des lymphocytes induite par l'exposition était similaire chez les sujets sains et chez les personnes EHS mais pas identique à la réponse induite par un choc thermique. Les effets de l'exposition au GSM sur la chromatine et les foyers de réparation de l'ADN des lymphocytes ont été confirmés par d'autres études sur les personnes EHS (74-75). Bien qu'une variabilité individuelle soit observée, les effets des RF émanant des téléphones mobiles dépendent fortement de la fréquence de la porteuse/fréquence du canal (74-77). Indépendamment du type de cellules (lymphocytes humains, fibroblastes ou cellules souches) les effets d'une porteuse de 905 MHz/GSM canal 74 sur la réparation de l'ADN et sur la chromatine sont considérablement plus faibles que ceux d'une porteuse 915MHz/GSM canal 124. Les données ont également indiqué des effets plus importants des radiofréquences émanant d'un téléphone mobile UMTS à une fréquence de 1947,4 MHz. Ces données ont apporté la preuve que différents canaux et différents types de technologies mobiles devraient être testés séparément dans des études de provocation chez les EHS. En dépit de très petites différences, des effets très similaires entre ELF et RF ont été observés dans des cellules d'EHS et de sujets contrôles sélectionnés. Il semblerait que des réactions de compensation à un niveau plus complexe d'organisation biologique comme les réactions des tissus, des organes et des systèmes organiques sont moins efficaces chez les personnes EHS, procurant de fait un support biologique pour expliquer les symptômes d'hypersensibilité au niveau cellulaire.

Effets neurologiques des CEM

Les effets neurologiques et comportementaux ont été parmi les premiers domaines de recherches développés sur les effets potentiellement néfastes des ELF aussi bien que des RF (78-79). Concernant la preuve épidémiologique, plus de dix ans avant la publication de Wertheimer et Leeper (48), Haynal et Regli ont rapporté, en 1965, une prévalence environ quatre fois plus élevée des métiers d'ingénieurs-électriciens chez les patients atteints d'une sclérose latérale amyotrophique par rapport aux sujets contrôles (80).

Les modifications fonctionnelles, morphologiques, et biochimiques au niveau cellulaire, du tissu et de l'organisme, aussi bien que les modifications comportementales, ont été étudiées dans des conditions expérimentales et l'épidémiologie a montré l'association entre une exposition professionnelle et résidentielle aux CEM et des maladies neuro-dégénératives aussi bien que des symptômes neurologiques. Une recherche a montré que les CEM (RF et ELF) ont des effets délétères sur les neurones du cerveau et sur le fonctionnement du cerveau (81). Une recherche épidémiologique a aussi montré un accroissement des risques d'Alzheimer et de démence lié aux expositions professionnelles et résidentielles aux ELF.

Effets neurologiques des rayonnements des radiofréquences

Les premières études sur les radiofréquences sont difficiles à évaluer car les descriptions des conditions d'exposition sont souvent insuffisantes pour en déduire des données dosimétriques. Dès 1932, Schliephake a rapporté des effets qu'il a considérés comme nonthermiques: *"Apparaît un phénomène que nous sommes habitués à observer chez les neurasthéniques: une fatigue prononcée durant le jour, et pourtant, un sommeil agité, au départ, une sensation étrange de tension dans le front et sur le cuir chevelu et ensuite des maux de tête qui s'accroissent jusqu'aux limites du tolérable. En plus, une tendance à l'humeur dépressive et à l'agitation"*. De tels symptômes, similaires à ceux décrits plus tard comme le syndrome des micro-ondes ou ondes radio, ont été observés en Union Soviétique chez un pourcentage substantiel de travailleurs exposés (83) et également chez des individus présentant une électrohypersensibilité (voir plus loin).

La recherche expérimentale sur les humains était rare avant l'avènement de la téléphonie mobile digitale. Depuis les études les plus anciennes (84,85) sur l'activité électrique du cerveau, une large base de preuves a été recensée qui indique de subtiles modifications du fonctionnement du SNC, après et pendant l'exposition à court-terme à différents types de radiofréquences. Les recherches expérimentales ont porté principalement sur la puissance spectrale de l'EEG (par ex. 86-96), les effets potentiels évoqués (par ex. 97-104), le sommeil (par ex. 105-119), et les fonctions cognitives (par ex. 120-131). Peu de recherches ont traité des effets sur le métabolisme du glucose (132, 133) et sur la circulation sanguine dans les différentes régions cérébrales (134, 135), en utilisant l'imagerie PET scan. Les études animales ont couvert une large variété d'aspects comportementaux, allant de l'apprentissage et la mémoire (par ex. 136-141) au comportement d'anxiété (142).

La réaction du SNC aux RF ne se réduit pas à la période d'exposition mais persiste quelque temps après, rendant les études à court-terme non informatives. La localisation de l'exposition peut être importante dans certaines circonstances, mais souvent les effets sont bilatéraux après une exposition unilatérale, suggérant un problème au niveau des structures subcorticales. Les effets sur le sommeil pouvant dépendre de caractéristiques individuelles, des résultats contradictoires ne peuvent pas par conséquent constituer une preuve robuste de l'absence d'effet (113). Les radiofréquences pulsées ont plus d'effet que les ondes continues mais il y a quelques preuves de l'importance des caractéristiques de l'exposition incluant le site de couplage des champs radiofréquences et leur modulation.

Lors de la mise à jour du rapport BioInitiative en 2012, Henri Lai résumait la preuve expérimentale comme suit (143): *"La plupart des études animales ont rapporté des effets alors que les études humaines sont plus nombreuses à ne rapporter aucun effet. Ceci peut être causé par plusieurs facteurs possibles: a) les humains sont moins sensibles aux effets des radiofréquences que les rongeurs; b) il peut être plus difficile de faire des expériences sur les humains que sur les animaux, ainsi il est généralement plus facile de contrôler les variables et les facteurs de confusion sur une expérience animale; c) dans les études animales la durée d'exposition cumulée est généralement plus longue et les études ont été poursuivies après l'exposition, alors que dans les études humaines les expositions ont été faites une fois et le test a eu lieu pendant l'exposition. Ceci soulève la question suivante: dans quelle mesure les effets des radiofréquences sont-ils cumulatifs?"*

Effets neurologiques des extrêmement basses fréquences (ELF CEM)

Les recherches neurophysiologiques sur les extrêmement basses fréquences ont été conduites dès les années 1970. Des études sur le tissu cérébral du poulet et du chat (144-146) ont révélé des effets à de faibles niveaux d'exposition d'ELF et d'ELF modulées en radiofréquences qui dépendaient de l'intensité et de la fréquence (appelés aussi effets fenêtre). Adey a proposé en 1981 (147) l'hypothèse

selon laquelle les effets sont dus à une interaction primaire des CEM sur la surface de la membrane cellulaire induisant une cascade de processus intracellulaires. Cette première intuition a été confirmée par des études récentes sur divers récepteurs-transmetteurs dans le cerveau tels que les récepteurs N-méthyl-D-aspartate, la dopamine, et la sérotonine (par ex. 148-151). Quelques unes de ces études récentes ont rapporté des effets fenêtrés en fréquence, aussi bien que des effets fenêtrés en intensité sur le neuro-développement du rat (152).

Les effets des ELF sur le comportement ont été étudiés à des niveaux relativement élevés dans les années 1970 et 1980, alors que les récentes études incluent des expositions à faible dose et rapportent des effets sur le comportement à différents niveaux de complexité. Elles incluent: des modifications dans l'activité locomotrice (par ex. 148, 149, 155, 156), des effets sur l'anxiété (par ex. 157-159), sur les comportements de type dépressif (160-161). *"Le fait que différents effets sur le comportement aient été observés dans différentes conditions d'exposition, sur diverses espèces animales, en testant différents paradigmes, procure une très grande robustesse de la preuve de l'impact des ELF sur le système nerveux"* (Lai, 2012 Rapport BioInitiative, section 9, *Evidence relative aux effets neurologiques et comportementaux*, 143). Chez l'homme également, des effets ont été rapportés à de faibles niveaux (par ex. 162-164).

Les maladies neurodégénératives

La plus fréquente des maladies neurodégénératives est la maladie d'Alzheimer avec une estimation de 45 millions de patients au niveau mondial en 2015, suivie de la maladie de Parkinson, la maladie d'Huntington, la sclérose latérale amyotrophique (SLA) et les autres maladies neuromotrices (MND). Aujourd'hui, la physiopathologie de ces maladies est incomplètement connue. Dans nombre d'entre elles, des groupes de protéines atypiques, un dysfonctionnement mitochondrial et la mort cellulaire programmée jouent un rôle et quelques modifications génétiques ont été détectées. Comme de telles modifications pourraient être la conséquence d'un stress oxydant (voir ci-dessous), d'une perturbation de l'homéostasie du calcium, de troubles des voies de signalisation intracellulaires, il existe une possibilité théorique que les CEM puissent contribuer à l'apparition de ces maladies. Depuis les années 1980 plus de 30 études épidémiologiques ont étudié la relation potentielle entre l'exposition aux ELF et les maladies neurodégénératives. Dans les dernières années, plusieurs méta-analyses ont été publiées. Concernant la maladie de Parkinson il existe une preuve limitée d'une association (165). Concernant la sclérose latérale amyotrophique, Zhou et al. (166) résument leurs résultats comme suit: *"Malgré certaines limites dues à de possibles biais de sélection, erreurs de classification des expositions ou facteurs confondants dans les études regroupées dans cette méta-analyse, nos données suggèrent une augmentation faible mais significative du risque de SLA des personnes dont le métier est associé à des expositions aux ELF potentiellement fortes"*. Une revue réalisée par Verguara et al., 2013 est arrivée à une autre conclusion: *"Nos résultats ne soutiennent pas l'idée que les champs magnétiques pourraient être l'explication des associations observées entre les titres professionnels et les maladies neuromotrices"*. Cette contradiction peut être résolue par une analyse plus fine des méthodes utilisées pour l'évaluation des risques (incidence, prévalence ou données de mortalité) et la prise en considération d'une possible mauvaise classification due à la variation des sources d'exposition utilisées. Si ces facteurs sont pris en compte, il existe une relation consistante entre l'exposition professionnelle aux ELF et l'apparition de la SLA et des maladies neuromotrices. A cela s'ajoute le fait que les quelques études portant sur une exposition résidentielle vont, elles aussi, dans le sens d'un accroissement du risque lié à l'exposition aux MF (168).

La barrière hématoencéphalique

Tous les échanges entre le sang et le cerveau sont strictement régulés par la barrière hématoencéphalique (BHE). La BHE évite le passage de molécules variées du sang vers le cerveau et vice-versa. L'augmentation d'une perméabilité normalement faible de la BHE aux molécules hydrophiles et chargées, peut être préjudiciable. Alors que les données sur les effets des ELF sont éparses, plusieurs groupes de recherches ont travaillé sur les effets des radiofréquences affectant la BHE. Ces données ont récemment fait l'objet d'une revue (169-171). Certaines études ont conclu à l'absence d'effet tandis que d'autres, incluant des répliques d'études sur le rat du groupe suédois de Leif Slafor et Bertil Persson, ont suggéré que les radiofréquences des téléphones portables peuvent affecter la BHE sous certaines conditions d'exposition (171). Des études plus récentes montrant des effets des champs électromagnétiques sous certaines conditions d'exposition (150, 172, 173) et ne montrant pas d'effet dans d'autres conditions (174), vont dans le sens de cette proposition.

Les CEM l'infertilité et la reproduction

Les problèmes d'infertilité et de reproduction sont en augmentation. En se basant sur le rapport BioInitiative 2012 (175) il pourrait être conclu que les hommes qui utilisent - et particulièrement ceux qui portent un téléphone portable ou un assistant numérique ou un bipeur à leur ceinture ou dans leur poche - souffrent d'effets négatifs sur la qualité du sperme, sa motilité, et ses pathologies. L'usage des téléphones mobiles, l'exposition aux rayonnements d'un téléphone mobile ou le port d'un téléphone mobile à proximité des testicules masculins affecte le nombre de spermatozoïdes, leur motilité, leur viabilité, et leur structure (176 à 184).

Des études sur les animaux ont démontré un dommage oxydatif et à l'ADN, des modifications pathologiques des testicules, une réduction de la mobilité et de la viabilité des spermatozoïdes, et autres dommages délétères sur les lignées germinales des mâles (182, 185-188).

Il existe également des études sur les effets néfastes sur la grossesse des femmes exposées. Une étude cas-contrôle (189) et une étude de cohorte prospective (190) réalisée en Californie ont montré une association entre les fausses couches et la valeur maximum d'exposition mesurée par un dosimètre corporel mesurant les champs magnétiques sur 24h.

Hypersensibilité électromagnétique (EHS)

De plus en plus de personnes sont continuellement exposées au quotidien à des niveaux croissants d'une combinaison de champs statiques, ELF, VLF (très basses fréquences, entre 3KHz et 3 MHz en général et entre 3KHz et 330KHz plus précisément) en champ électrique et en champ magnétique ainsi que des champs électromagnétiques RF. Ces expositions relèvent de modèles de signaux différents, d'intensités différentes et d'applications techniques diverses pour des durées variables. Tous ces champs sont résumés sous le terme de CEM et constituent ce qu'on appelle familièrement "l'électrosmog". Des exemples historiques d'EHS dès 1932 (82, 83) sont donnés dans le chapitre "Effets neurologiques des rayonnements des radiofréquences". Dans une enquête par questionnaire, en Suisse, en 2001, adressée aux personnes qui attribuaient leur problèmes de santé spécifiques aux expositions CEM, sur les 394 répondants, 58% se plaignaient de troubles du sommeil, 41% de maux de tête, 19% de nervosité, 18% de fatigue et 16% de difficultés de concentration. Les répondants ont attribué leurs symptômes aux antennes-relais (74%), aux téléphones portables (36%), aux téléphones sans fil (29%), et aux lignes à très haute tension (27%). Deux tiers des répondants avaient pris des mesures pour réduire leurs symptômes, le plus souvent en évitant de s'exposer (191).

En 2001, 63 personnes qui attribuaient leurs problèmes de santé à une exposition environnementale ont été incluses dans un projet pilote de Médecine environnementale interdisciplinaire, à Bâle. Une équipe d'experts interdisciplinaire a évalué les symptômes individuels à l'aide d'un examen psychologique et psychiatrique et d'une enquête environnementale à domicile incluant des visites et des mesures environnementales. Parmi 25 personnes EHS, l'équipe d'experts attesta du fait que pour un tiers d'entre elles au moins un symptôme pouvait être relié à l'électrosmog, bien que l'exposition aux CEM respectât les valeurs limites suisses. Ils ont conclu que les patients EHS devaient être conseillés sur le plan médical, psychologique et environnemental (192-193).

Une étude par questionnaire auprès de finlandais (n=206) disant souffrir d'EHS a révélé que les symptômes les plus communs sont liés au système nerveux: stress (60%), troubles du sommeil (59%), et fatigue (57%). Les sources les plus souvent évoquées comme ayant déclenché l'EHS sont: les ordinateurs personnels (51%) et les téléphones mobiles (47%). Pour 76% des participants la réduction ou l'évitement de l'exposition aux champs électromagnétiques a contribué à un rétablissement entier ou partiel (194).

Un sondage par téléphone représentatif (n = 2028; âge supérieur à 14 ans) mené en Suisse en 2004, a identifié un taux de 5% (95% CI 4% à 6%) de la population souffrant de symptômes attribués à l'électrosmog, syndrome appelé EHS. Chez ces 107 EHS, les symptômes les plus communs étaient les problèmes de sommeil (43%), les maux de tête (34 %) et les difficultés de concentration (10%). Étonnamment, seulement 13% ont consulté leur médecin de famille. La mesure de protection par suppression de la source est citée trois fois plus par les personnes ayant eu par le passé des symptômes attribués aux CEM que par les personnes ayant encore des symptômes.

Dans une étude par questionnaire adressée aux médecins généralistes en 2005, deux tiers d'entre eux ont répondu avoir été consultés au moins 2 fois dans l'année pour des symptômes attribués aux CEM. Cinquante pour cent des médecins évaluent cette relation comme possible. Les médecins dans ce questionnaire réclamaient plus d'informations générales sur les CEM et la santé et des recommandations sur la façon de traiter les EHS (196).

Dans une autre étude par questionnaire initiée également par le gouvernement suisse et menée par l'Université de Berne en 2004, les médecins suisses travaillant à l'aide d'outils de diagnostic et thérapeutiques complémentaires ont rapporté que 71% de leurs consultations étaient liés aux CEM. Remarquablement, non seulement les patients mais encore plus les médecins suspectaient une possible relation entre la maladie et les CEM. La réduction ou l'élimination des sources environnementales constituait le principal instrument thérapeutique des symptômes lié aux CEM (197).

Une étude par questionnaire de médecins autrichiens a abouti à des résultats similaires. Dans cette étude les divergences entre les opinions des médecins et les évaluations des risques sanitaires établies au niveau national et international étaient remarquables, 96% des médecins croyaient à un certain degré ou étaient totalement convaincus du rôle sanitaire significatif des champs électromagnétiques environnementaux (198).

Dans un sondage conduit en 2009 au Japon dans un groupe d'entraide EHS et MCS (n=75) 45% des répondants souffraient d'EHS reconnue par un diagnostic médical et 49% se reconnaissaient eux-mêmes comme EHS. Les principaux symptômes relatés par les EHS étaient la fatigue, les maux de tête, les problèmes de concentration, les problèmes de sommeil et de vertiges. Les causes les plus fréquentes incluaient les antennes-relais, les téléphones portables des autres personnes, les PC, les

lignes à très haute tension, la télévision, leur propre téléphone portable, les transports publics, les téléphones sans fil, l'air conditionné, les voitures. Les sources suspectées d'avoir déclenché les symptômes d'EHS étaient: les antennes-relais, les ordinateurs PC, les installations électriques domestiques, les équipements médicaux, les téléphones portables, les lignes à très haute tension et les plaques à induction (199).

En 2010, Khurana et al., ont rapporté que 8 des 10 enquêtes épidémiologique qui évaluaient les effets sanitaires des stations de base avaient conclu à un accroissement de la prévalence des symptômes neuro-comportementaux ou de cancer chez les populations vivant à des distances inférieures à 500 mètres des antennes-relais. Aucune de ces études n'avait rapporté des niveaux d'exposition supérieurs aux normes internationales acceptées suggérant que les standards actuels utilisés pouvaient être inadéquats pour assurer la santé des populations (200).

Carpenter a rapporté en 2015 (201) plusieurs cas de personnes en bonne santé ayant développé une électrosensibilité après une exposition brève mais de très haute intensité à des rayonnements de micro-ondes. Les symptômes typiques incluaient des maux de tête chroniques, l'irritabilité, et l'instabilité émotionnelle, une diminution de la libido, des problèmes de mémoire, qui persistaient des années chez un certain nombre de patients.

Hedenhal et al., (19) ont rapporté que deux collégiens âgés de 15 ans et une enseignante âgée de 47 ans ont été atteints de troubles de la santé comme des maux de tête, des difficultés de concentration, de la tachycardie, une mémoire faible, ou des vertiges lorsqu'ils étaient exposés au Wi-Fi à l'école. Cet exemple est mentionné pour pointer spécifiquement l'impact sanitaire potentiel de l'augmentation des expositions aux radiofréquences des élèves et des professeurs par le Wi-Fi.

La question de savoir si l'EHS est associée de manière causale à l'exposition aux CEM est un sujet controversé. D'une part, les médecins considèrent comme plausible une association causale avec l'exposition aux CEM fondée sur des cas rapportés, d'autre part, les évaluations nationales et internationales déclarent pour la plupart qu'il n'existe pas une telle association, parce que les études de provocation en aveugle ont échoué à démontrer des effets. Cependant, ces études souffrent de grosses lacunes qui doivent être soulignées: les séquences des conditions d'exposition sont souvent contiguës négligeant les effets postérieurs à l'exposition, la durée de l'exposition et les effets examinés se font sur du court terme, l'exposition fictive (sham) s'opère fréquemment dans des conditions susceptibles de provoquer une réponse chez les individus sensibles; le délai de réalisation néglige les conditions temporelles d'apparition ou de disparition du symptôme et/ou le recrutement des personnes présentant une électrosensibilité n'est pas évalué médicalement.

L'OMS ne considère pas l'EHS comme un diagnostic et recommande aux médecins que le traitement des individus atteints soit focalisé sur les symptômes et le tableau clinique, et non sur le besoin perçu par la personne de réduire ou éliminer les CEM sur son lieu de travail ou à domicile (202). Fondée uniquement sur l'approche médicale classique et sur les éléments de preuve avérés, cette façon de voir ignore une approche causale (voir aussi 203).

L'article "Hypersensibilité électromagnétique: faits ou fiction" de Genius et Lipp (204) offre une revue instructive des études sur les dernières décennies concernant l'EHS incluant les étapes historiques importantes, les revues, la pathogenèse, les marqueurs biochimiques, le management thérapeutique aussi bien que le débat sur la légitimité de l'EHS.

Dans les échantillons de peau faciale de personnes électrosensibles, une augmentation importante de mastocytes a été trouvée (205). Dans cette étude et dans des études plus récentes, dans le cas où

L'EHS se manifeste par des réactions aux CEM des tubes cathodiques (CRT), il devenait clair que le nombre de mastocytes de l'épiderme supérieur est augmenté dans le groupe EHS. Une différence dans la distribution des mastocytes est apparue également dans le groupe EHS. Finalement dans le groupe EHS, les granules cytoplasmiques étaient distribuées plus densément et étaient plus fortement colorées que dans le groupe contrôle, et la taille des mastocytes infiltrant étaient généralement plus grosse dans le groupe EHS. Il doit être souligné que des augmentations de nature similaire ont été plus tard démontrées dans une situation expérimentale employant des volontaires en bonne santé face à des tubes cathodiques (CRT) dont des modèles de télévision domestique ordinaire (206).

Une recherche française du groupe piloté par Belpomme (207) étudiait depuis 2009 des cas de EHS et/ou de MCS autorapportés dans le but d'établir des critères de diagnostic objectif et d'élucider les aspects pathophysiologiques de ces deux maladies. Basée sur 727 cas, la recherche a mis en évidence un nombre de nouvelles conceptions importantes tels que:

- (a) Aucun des biomarqueurs étudié jusque là n'est spécifique ni à l'EHS ni à la MCS.
- (b) Plusieurs biomarqueurs tels que l'histamine, la nitrotyrosine et les anticorps circulant anti-O-myéline sont en augmentation. Le ratio mélatonine/créatinine dans l'urine de 24 h est en décroissance.
- (c) EHS et MCS sont des entités pathologiques d'origine somatique.
- (d) Sous l'influence des CEM et/ou des agents chimiques peut apparaître une neuroinflammation liée à l'hypoperfusion cérébrale/hypoxie.
- (e) Les patients EHS et/ou MCS peuvent être potentiellement des personnes à risque pour des maladies neurodégénératives chroniques et pour le cancer.

Alors qu'une étude de Regel et al. (208) n'avait décrit aucun effet, deux études de provocation sur des individus électrosensibles et sur des sujets-contrôles concernant une exposition aux signaux rayonnés par les antennes-relais (GSM, UMTS, ou les deux) a trouvé une réduction significative dans le bien-être après une exposition à l'UMTS chez les individus rapportant une sensibilité (209, 210).

La plupart des études de provocation chez les EHS ne montrent pas d'effets. Cependant toutes ces études ont utilisé un nombre très limité de conditions d'exposition et souffrent de faiblesses méthodologiques. Étant donnée la forte dépendance des effets des CEM à de nombreux facteurs physiques et biologiques (27), les études de provocation disponibles sont scientifiquement difficiles à interpréter et, de fait, ne sont pas appropriées pour démontrer la preuve de la causalité. Il existe une preuve croissante dans la littérature d'altérations physiologiques objectives et subjectives variées, par exemple la variabilité du rythme cardiaque (HRV) qui apparaît chez certaines personnes EHS qui déclarent en souffrir après une exposition à certaines fréquences des RF telles que DECT ou WI-Fi (211 à 215). L'analyse des données disponibles des personnes vivant près d'antennes-relais, a clairement mis en évidence des effets néfastes sur la santé tels que fatigue, dépression, difficultés de concentration, maux de tête, vertiges, etc (216 à 220). Une synthèse de 30 études sur les antennes-relais est fournie dans le document "Leitfaden Senderbau" (221).

Les expositions résidentielles dans la gamme de fréquences VLF sont souvent intitulées "dirty electricity" ("électricité sale") provenant des perturbations du voltage et/ou du courant émanant de diverses sources comme les équipements électroniques pour les TV, les moniteurs, les PC, entraînements motorisés, les onduleurs, les variateurs, les lampes fluocompactes (LFC), les dispositifs de contrôle de phase aussi bien que les étincelles et les arcs électriques provenant des interrupteurs et aussi les moteurs électriques avec balais. Les ondes kHz parasites qui transitent le long des câbles et des systèmes de mise à la terre et les rayonnements des champs électriques et/ou

magnétiques entraînent des expositions pour les personnes vivant à proximité. Une première preuve épidémiologique fait le lien entre la "dirty electricity" et la plupart des grandes maladies de civilisation incluant le cancer, les maladies cardio-vasculaires, le suicide, le déficit d'attention et hyperactivité (222).

Alors que la dépendance des effets des ELF au champ magnétique local a été rapportée par plusieurs groupes de recherches, il existe aussi un petit nombre d'études qui suggèrent que les effets des radiofréquences sont également dépendants de changements minimes dans le champ magnétique statique local. Dans une revue réalisée par Belyaev, un mécanisme physique a été suggéré pour rendre compte de tels effets (225). On constate une adéquation entre les prédictions du modèle développé par Binhi (226) concernant le mécanisme d'interférence ionique et les effets biologiques induits par les modifications minimes ($<10 \mu\text{T}$) du champ magnétique statique, lesquelles peuvent être rencontrées dans les bureaux et maisons du fait de la présence d'objets ferromagnétiques.

Le 8 juillet 2015, un tribunal de Toulouse a jugé en faveur d'une femme présentant un diagnostic de syndrome d'hypersensibilité aux rayonnements électromagnétiques et a évalué son handicap à 85% avec des restrictions substantielles et durables concernant l'accès à un emploi (227).

En France, également, la première zone de faible exposition a été établie dans la Drôme en juillet 2009 (228). En Autriche la construction d'un habitat familial groupé a été planifiée en 2015. Il doit être conçu par une équipe d'architectes, de professionnels de la construction formés à la biologie, et de professionnels de la médecine environnementale pour aboutir à un environnement de vie saine et durable. Les environnements extérieurs et intérieurs ont été explicitement choisis ou conçus pour satisfaire aux exigences de faible exposition aux CEM (229). La réalisation de zones à faible rayonnement pour les individus électrosensibles est poursuivie dans de nombreux pays. La réalisation de tels projets dépend grandement de la compréhension, de la connaissance et de la tolérance des membres de la communauté locale.

Les mécanismes possibles de l'EHS

En se fondant sur la littérature scientifique qui s'intéresse aux interactions des CEM avec les systèmes biologiques, on peut considérer comme possibles plusieurs mécanismes d'interactions (14,13, 22, 26). Par exemple, l'interaction via la formation de radicaux libres ou de stress oxydant ou nitrosatif est un mécanisme possible au niveau intracellulaire et intercellulaire (230-238). Il a été montré, dans de nombreux résultats passés en revue par Georgiu (15), que les ROS (espèces réactives de l'oxygène) peuvent être impliqués dans les réactions radicalaires, en conséquence, les paires de radicaux peuvent être considérées comme l'un des mécanismes de la transduction capable d'initier un stress oxydatif induit par les CEM. Par ailleurs, nombre de modifications observées dans les cellules exposées aux radiofréquences sont prévenues par des (pré-)traitements riches en antioxydants et en inhibiteurs/scavengers de radicaux libres (24). Alors que les données provenant de plusieurs études devraient être interprétées avec prudence au vu des variations des paramètres physiques et biologiques, une majorité d'études a montré des effets des ELF et des RF sur le stress oxydant (239). La monographie de l'IARC déclare que: "*même de faibles effets sur la concentration en radicaux peuvent potentiellement affecter de multiples fonctions biologiques*", p 103 (24).

Yakymenko et al (238) ont synthétisé l'état actuel de la preuve: "*L'analyse de la littérature scientifique revue par les pairs disponible révèle des effets moléculaires induits par de faibles niveaux d'intensité de radiofréquences dans les cellules vivantes; cela inclut l'activation significative des voies-clés génératrices de ROS, l'activation de la peroxydation, les dommages oxydatifs à l'ADN et des perturbations de l'activité d'enzymes antioxydantes. Elle indique que sur*

100 études revues par les pairs disponibles relatives aux effets oxydants des RF de faible intensité, en général, 93 confirment que les RF induisent des effets oxydants dans les systèmes biologiques. Un large éventail d'effets biologiques/sanitaires des RF de faible intensité, incluant le cancer et des pathologies noncancéreuses, peut s'expliquer par le large potentiel pathogène des ROS ainsi générés et leur rôle dans les voies de signalisation cellulaire."

Les revues réalisées par Pall (12, 16, 240) apportent des preuves concernant l'interaction directe entre les champs électriques statiques et variables dans le temps, les champs magnétiques statiques et variables dans le temps, et les rayonnements électromagnétiques avec les canaux calcium voltage-dépendants (VGCCs). L'augmentation du Ca^{2+} intracellulaire produite par l'activation des VGCCs peut conduire à de multiples réponses adaptatives, dont l'augmentation des niveaux d'oxyde nitrique produit par l'action des deux oxyde nitrique synthétases Ca^{2+} /calmoduline-dépendantes, nNOS et eNOS. Dans la plupart des contextes pathologiques, l'oxyde nitrique réagit avec le superoxyde pour former du peroxynitrite, un puissant oxydant non radicalaire, qui peut produire des radicaux dont les radicaux hydroxyles et NO_2 .

Le peroxynitrite est de loin la molécule la plus dommageable produite au cours du métabolisme dans l'organisme. Bien que ce ne soit pas un radical, le peroxynitrite est bien plus réactif que le NO et O_2^- , ses molécules parentes. La demi-vie du peroxynitrite est relativement longue (10-20ms), ce qui est suffisant pour lui permettre de passer les membranes, diffuser sur des distances de l'ordre d'une à deux cellules et permettre des interactions significatives avec des biomolécules et structures cruciales (membranes cellulaires, noyau d'ADN, ADN mitochondrial, organites cellulaires) ainsi qu'avec de nombreux processus métaboliques essentiels (225). Des forts taux de monoxyde d'azote, la formation de peroxynitrite et l'induction d'un stress oxydant peuvent être associés à une inflammation chronique, des dommages aux fonctions et structures des mitochondries, ainsi qu'à une perte d'énergie, par exemple, via la diminution de l'adénosine triphosphate (ATP).

Une augmentation significative de la 3-nitrotyrosine a été observée dans le foie de rats Wistar exposés à des ELF, suggérant un effet délétère sur les protéines cellulaires du à une possible formation de peroxynitrite (241). Dans une étude sur 259 personnes EHS, une augmentation de la nitrotyrosine ($> 0,9 \mu\text{g/ml}$) a été constatée dans 30% des cas (207).

De Luca et al. dans une étude menée sur 153 EHS et 132 témoins, en 2014, a montré chez les EHS des altérations pro-oxydantes/pro-inflammatoires telles qu'une diminution de l'activité de la glutathion S-transférase érythrocytaire (GST), une diminution des taux de glutathion (GSH), une augmentation de l'activité de la glutathion peroxydase érythrocytaire (GPX), une augmentation du ratio CoQ10 oxydée/CoQ10 plasmatique et une augmentation d'un facteur 10 du risque associé à l'EHS de posséder les variants glutathion S-transférase haplotype (null) GSTT1+ (null) GSTM1 pour les enzymes détoxifiantes (242).

L'importance de l'ATP a été montrée dans le syndrome de fatigue chronique (SFC) (243) et dans la régulation du stress (244). Ces patients décrivent des symptômes semblables à ceux atteints de maladies multisystèmes (CMI). Cela pourrait indiquer des similarités dans leurs mécanismes pathologiques. Des perturbations de l'expression des neurotransmetteurs similaires ont été décrites aussi bien suite à l'exposition chronique aux CEM (245) que chez les patients atteints de maladies multisystèmes (CMI) (232, 246).

Une étude (247) a proposé d'explorer une possible association entre l'exposition aux RF et l'intégrité de la myéline via des marqueurs en immunohistochimie classique sur de la myéline saine ou détériorée et sur des cellules de Schwann en général.

Les plaintes exprimées par les patients atteints de syndrome de fatigue chronique (SFC), de fibromyalgie (FM), de sensibilité chimique multiple (MCS) de syndrome post-traumatique ou de syndrome de la guerre du Golfe sont presque les mêmes. En même temps, elles sont résumées sous le terme de maladie chronique multisystèmes (CMI) (246). Dans chacune d'elles, plusieurs perturbations des cycles fonctionnels ont été découvertes: activation de l'oxyde d'azote et du peroxy-nitrite, inflammation chronique par l'activation des NF-kBB, IFN- γ , IL-1, IL-6, et l'interaction avec l'expression des neurotransmetteurs (232, 246, 248). Nous recommandons de classer l'EHS en tant que maladie chronique multisystèmes (CMI) (232, 249), en reconnaissant toutefois que les causes sous-jacentes restent l'environnement (voir figure 1).

Autres maladies nécessitant une attention par rapport aux CEM

Basées sur l'interaction entre l'exposition aux CEM et la réponse biologique qui par exemple mène à la perturbation de l'homéostasie oxydative/nitrosative, une variété de maladies sont possibles et même attendues. Quelques exemples sont donnés ici.

Havas a rapporté en 2008 (250): *"Les champs électromagnétiques transitoires (électricité sale), dans la plage des kilohertz sur le réseau électrique, peuvent contribuer à des niveaux élevés de sucre dans le sang chez les diabétiques et les prédiabétiques. En suivant de près les niveaux de glucose plasmatique de quatre diabétiques types 1 et 2, nous constatons qu'ils répondent directement à la quantité d'électricité sale dans leur environnement."*

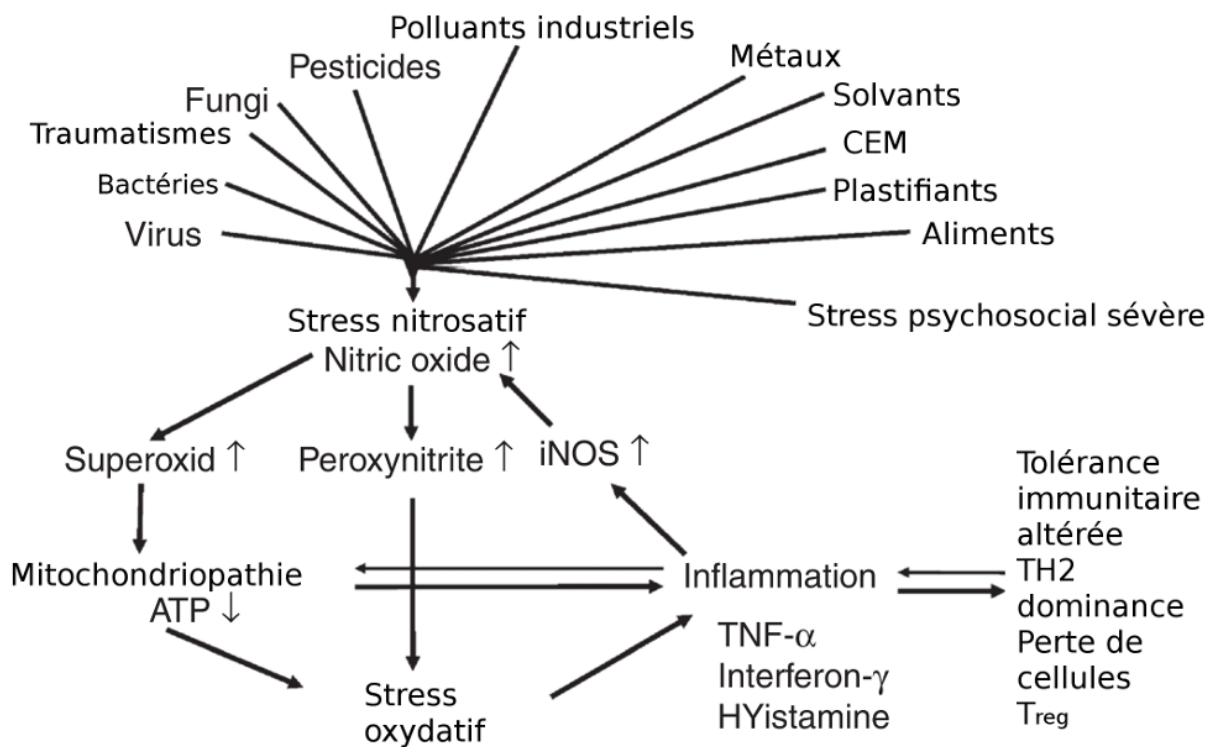


Figure 1: Pathogenèse de l'inflammation, mitochondriopathie et le stress nitrosant en raison de l'exposition à des facteurs déclenchants (248).

Dans un environnement électromagnétique propre, les diabétiques de type 1 ont besoin de moins d'insuline et ceux de type 2 ont des niveaux inférieurs de glucose dans le plasma. L'électricité sale, générée par les équipements électroniques et les appareils sans fil, est omniprésente dans

l'environnement. De l'exercice sur un tapis roulant, produisant de l'électricité sale, augmente le glucose plasmatique. Ces résultats peuvent expliquer pourquoi les diabétiques fragiles ont des difficultés à réguler la glycémie. Sur la base des estimations des personnes souffrant de symptômes d'hypersensibilité électrique (3% à 35%), 5-60 millions de personnes diabétiques dans le monde entier peuvent être touchés".

Concernant l'exposition aux CEM, de fœtus et de jeunes enfants, Sage dans le rapport BioInitiative 2012 (56) souligne: *"L'exposition au rayonnement du téléphone cellulaire et les technologies sans fil en général des fœtus (in utero) et des jeunes enfants peut être un facteur de risque pour l'hyperactivité, les troubles d'apprentissage et des problèmes de comportement à l'école." [&] "Des mesures de bon sens s'imposent pour limiter l'exposition à la fois aux CEM ELF et aux CEM RF de ces populations, notamment concernant les expositions évitables comme celles des couveuses artificielles qui peuvent être modifiées; et par l'éducation de la femme enceinte par rapport aux ordinateurs portables, aux téléphones mobiles et autres sources de pollution électromagnétique ELF et RF".*

Dans une étude de 2013, Herbert et Sage (251, 252) ont rapporté des similitudes remarquables entre les phénomènes physiopathologiques trouvés dans les conditions du spectre autistique (CSA) et les impacts physiologiques des champs ELF MF/RF, tels que le stress oxydatif, les dommages dus aux radicaux libres, le dysfonctionnement des membranes, le dysfonctionnement mitochondrial, les problèmes inflammatoires, la perturbation neuropathologique et dérèglement électrophysiologique, des protéines de stress cellulaire et les carences en antioxydants tels que le glutathion. Dans une étude de 6 ans, certains niveaux d'hormones sanguines ont été étudiés chez des volontaires. L'utilisation du téléphone mobile ainsi que la proximité des stations de base de téléphonie mobile ont été associées à une diminution du taux de testostérone chez les hommes, ainsi qu'une réduction de l'ACTH, du cortisol, et des niveaux de T3 et T4 chez hommes et femmes (253).

Recommandations d'action

EUROPAEM a élaboré des lignes directrices pour le diagnostic différentiel et le traitement potentiel des problèmes de santé liés aux CEM dans le but d'améliorer/restaurer les conditions individuelles de santé et de proposer des stratégies de prévention. Ces recommandations sont présentées ci-dessous. Ces recommandations provisoires, bien que basées sur l'ensemble des évidences puisées dans l'expérience de l'équipe, ne peuvent pas en tout détail être strictement considérées comme fondées sur des preuves.

Évidence des stratégies de traitement des maladies liées aux CEM

Il n'y a que peu d'études évaluant des approches thérapeutiques par rapport à l'EHS. Le conseil d'étude interdisciplinaire de l'EHS dans le projet pilote environnemental suisse réalisée en 2001 a constaté, lors d'entretiens d'évaluation six mois après consultation, que 45% des personnes atteintes d'EHS avaient bénéficié de la mise en application de certains conseils, par exemple modifier la chambre à coucher (192, 193).

Dans une enquête basée sur un questionnaire de 2005 destiné aux médecins suisses travaillant avec des outils thérapeutiques complémentaires, les deux tiers ont choisi la réduction d'exposition comme outil principal, alors que les thérapies complémentaires ont été choisies seulement comme complément (197).

Depuis 2008, l'association suisse des Médecins en Faveur de l'Environnement (MFE) a exploité une petite structure de conseil en médecine environnementale interdisciplinaire pour les patients EHS,

intégrée dans la pratique quotidienne d'un bureau de coordination et consultation centralisé ainsi qu'un réseau de médecins généralistes intéressés par la médecine environnementale, qui effectuent des évaluations et des consultations basées sur un protocole standard de médecine environnementale. En cas de nécessité, les experts environnementaux sont consultés et des inspections à domicile sont effectuées. L'objectif de ces évaluations est de détecter ou d'exclure les maladies courantes et d'analyser l'impact des atteintes environnementales présumées basées sur les plaintes, afin de trouver des approches thérapeutiques individuelles.

Le principal instrument l'évaluation est un historique médical et psychosocial détaillé complété par un historique environnemental, y compris un questionnaire systématique comprenant des questions-clé.

Dans les premières années, le projet a été évalué scientifiquement. Dans un questionnaire une année après le début de consultation, 70% des personnes recommandaient la structure de conseil interdisciplinaire et 32% d'entre eux considéraient le conseil utile. En conclusion, un modèle interdisciplinaire similaire appliqué d'une manière holistique et durable par le médecin de famille semble prometteur pour une approche thérapeutique de l'EHS, comprenant également des mesures adaptées à l'environnement réel (254).

En Finlande, la psychothérapie est la thérapie officiellement recommandée pour l'EHS. Dans une étude basée sur un questionnaire adressé aux personnes EHS en Finlande, les symptômes, les sources perçues et les traitements, l'efficacité perçue des médecines non conventionnelles concernant l'EHS a été évaluée par questions à choix multiples. Selon 76% des 157 interrogés, la réduction ou l'évitement des CEM ont contribué à leur rétablissement complet ou partiel. Les meilleurs traitements pour l'EHS ont été quantifiés selon leurs effets: changement de régime alimentaire (69,4%), suppléments alimentaires (67,8%), et une augmentation d'activité physique (61,6%). Les recommandations de traitement officielles par psychothérapie (2,6%) n'ont pas été significativement utiles, ou celles pour les médicaments (-4,2%), même préjudiciables. L'évitement des rayonnements électromagnétiques a efficacement éliminé ou atténué les symptômes chez les personnes EHS (194, 255).

Réponse des médecins par rapport à ce développement

Si des problèmes de santé non spécifiques (voir Questionnaire) pour lesquels aucune cause identifiable ne peut être trouvée - l'exposition aux CEM doit en principe être pris en considération comme une cause ou cofacteur potentiel en plus d'autres facteurs comme les produits chimiques, les métaux nonphysiologiques, les moisissures, etc. et particulièrement si la personne concernée le soupçonne.

Une approche principale pour l'attribution causale des symptômes est l'évaluation de la variation des problèmes de santé en fonction du temps et l'emplacement de la personne sensible, ce qui est particulièrement pertinent pour déterminer les causes environnementales telles que l'exposition aux CEM.

En ce qui concerne des troubles tels que l'infertilité masculine, une fausse couche, la maladie d'Alzheimer, la SLA, les fluctuations de sucre dans le sang, le diabète, le cancer, l'hyperactivité, les troubles d'apprentissage et les problèmes de comportement à l'école, il serait important d'examiner un éventuel lien avec l'exposition aux CEM. Certaines personnes atteintes d'EHS peuvent être mal diagnostiquées avec la sclérose en plaques (SEP) car la plupart des symptômes sont similaires. Ceci permet d'influencer le cours causal de la maladie.

Comment procéder si des problèmes de santé liés aux CEM sont soupçonnés

L'approche recommandée pour le diagnostic et le traitement est conçue comme une aide et devrait, bien entendu, être modifiée pour répondre aux besoins de chaque cas particulier (voir figure 2).

1. Historique des problèmes de santé et exposition aux CEM
2. Examens médicaux et résultats de ceux-ci
3. Mesure de l'exposition aux CEM
1. Prévention et réduction de l'exposition aux CEM
2. Diagnostic
3. Traitement du patient, y compris l'environnement

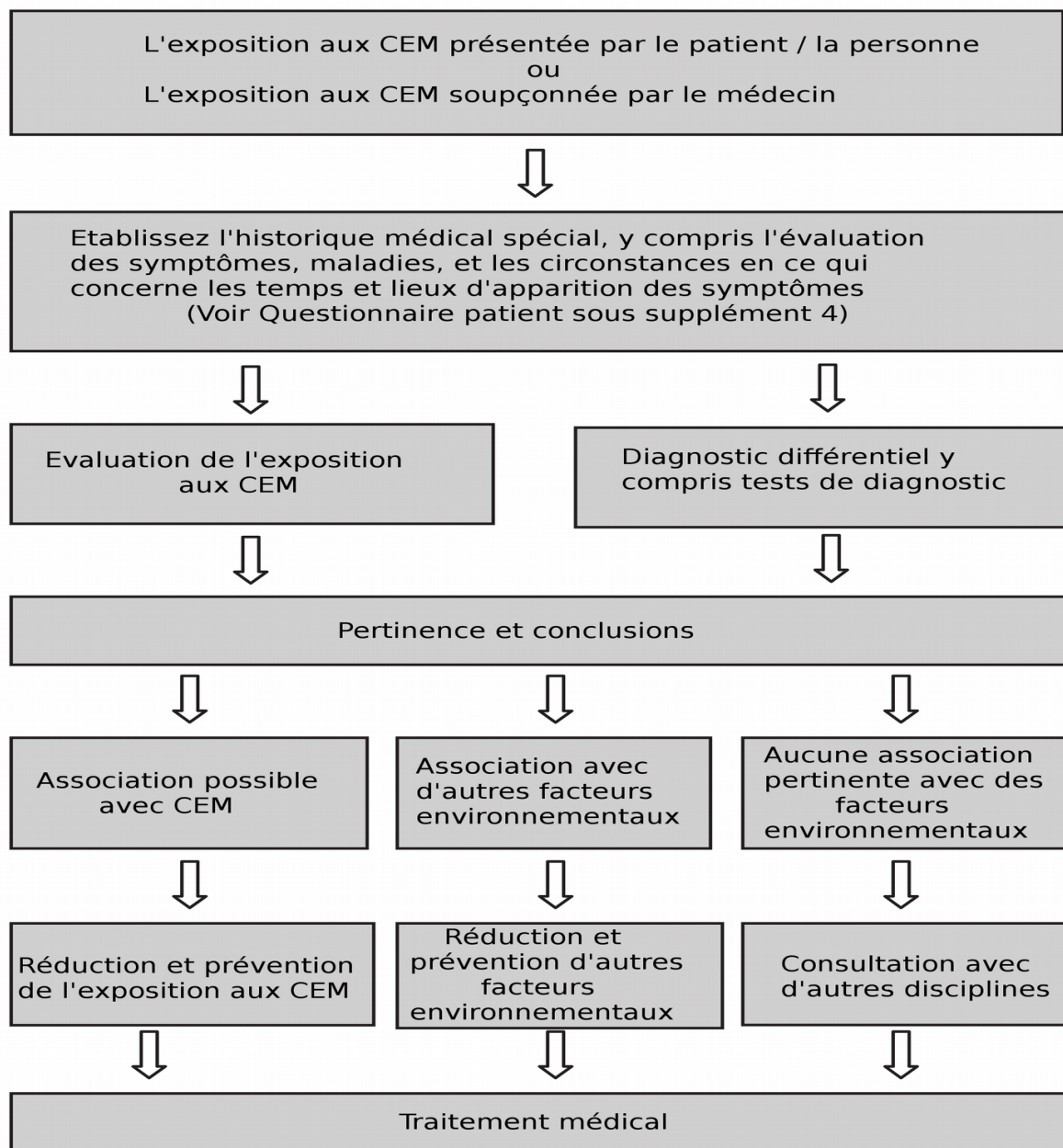


Figure 2: Logigramme pour le traitement des problèmes liés aux CEM

Historique des problèmes de santé et exposition aux CEM

Afin de situer plus tard les résultats dans un contexte plus large, un historique médical général est nécessaire. Une partie de cet historique devrait inclure:

- Traumatisme électrique: multiples décharges, électrisation, foudroiement
- Traumatisme chimique: exposition aux pesticides, métaux, hydrocarbures chlorés (PCB, DDT, etc.)
- Traumatisme biologique sous forme d'une grande charge de parasites, infections fongiques, infections virales, etc.
- Traumatisme physique du système nerveux central sous forme de coup du lapin, autres accidents, problèmes de colonne vertébrale
- maladies auto-immunes

Dans les prochaines étapes, nous nous concentrons uniquement sur les effets sanitaires liés au CEM. Un questionnaire pour l'établissement d'un historique systématique des problèmes de santé et de l'exposition aux CEM, compilé par le Groupe de travail EMF EUROPAEM, se trouve en annexe (supplément 4) de ces directives. Le questionnaire se compose de trois sections:

- (a) Liste des symptômes
- (b) Variation des problèmes de santé en fonction du temps, du lieu et des circonstances
- (c) L'évaluation de l'exposition à certaines sources de CEM qui peut être évaluée par questionnaire

La liste des symptômes dans le questionnaire sert à quantifier systématiquement des problèmes de santé, indépendamment de leurs causes. Il comprend également des questions quant à des problèmes de santé antérieurs. La plupart des symptômes liés aux CEM sont non-spécifiques et entrent dans le cadre des problèmes de santé en raison d'une régulation inadéquate (décompensation), par exemple troubles du sommeil, fatigue, épuisement, manque d'énergie, agitation, palpitations cardiaques, problèmes de pression artérielle, douleurs musculaires et articulaires, maux de tête, risque accru d'infections, dépression, difficultés de concentration, troubles de coordination, oublis, anxiété, urgence urinaire, anémie (la difficulté à trouver les mots), vertiges, acouphènes et sensations de pression dans la tête et les oreilles.

Les problèmes de santé peuvent varier en sévérité de symptômes temporaires bénins, tels que par exemple de légers maux de tête ou une paresthésie autour de l'oreille après usage d'un téléphone mobile, ou des symptômes pseudo-grippaux après quelques heures d'exposition aux champs électromagnétiques du corps entier, à sévère, avec des symptômes débilissants qui nuisent considérablement à la santé physique et mentale. Il convient de souligner que, selon l'état individuel de sensibilité, les symptômes EHS se produisent souvent seulement de temps en temps, mais au fil du temps, ils peuvent augmenter en fréquence et en gravité. D'autre part, si une exposition aux CEM nuisible est suffisamment réduite, le corps a une chance de récupérer et les symptômes de l'EHS seront réduits ou disparaîtront.

Variation des problèmes de santé en fonction du temps, du lieu et des circonstances

Les réponses aux questions de savoir quand et où les problèmes de santé se produisent ou s'atténuent, et quand et où les symptômes augmentent ou sont particulièrement évidents, ne fournissent que des indications. Ils doivent être interprétés par l'enquêteur (par exemple en ce qui concerne l'attribution correcte entre les emplacements/sources des CEM et les problèmes de santé). Une attention particulière doit être attirée sur les lieux de repos, en raison de la durée de l'influence

et le rôle vital du sommeil pour la régénération.

L'évaluation de l'exposition à certains CEM qui peut être déterminée par le questionnaire

L'évaluation de l'exposition aux CEM commence généralement par certaines questions sur les sources de CEM habituelles. Peu importe si oui ou non le patient soupçonne l'exposition aux CEM en tant que cause, ces questions devraient être utilisées pour évaluer le niveau d'exposition existante, au moins comme une estimation approximative. Il est important de noter que seuls certains types d'exposition aux CEM peuvent être évalués au moyen de questions, telles que l'utilisation de lampes fluocompactes, de téléphones mobiles et de téléphones sans fil. La détection d'autres types d'exposition aux CEM, par exemple générés par des sites d'émetteurs de RF ou les champs électriques ou magnétiques générés par le câblage électrique, nécessite généralement des mesures. En principe, on devrait poser des questions pour évaluer l'exposition aux CEM à la maison, au travail et en vacances et ainsi de suite, en gardant à l'esprit que le degré d'exposition aux CEM peut varier selon les moments.

Les examens médicaux et leurs résultats

Nous ne disposons pas encore des résultats cliniques spécifiques aux CEM, ce qui rend le diagnostic positif et le diagnostic différentiel particulièrement difficile. Une méthode qui a fait ses preuves est d'utiliser les résultats obtenus quant au stress pour le diagnostic et le suivi et de les évaluer sur un schéma synoptique. En premier lieu les tests de diagnostic de base doivent être effectués, suivis par des mesures d'exposition aux CEM dans un second temps. Le diagnostic de base devrait se centrer sur les analyses de la production d'oxyde nitrique (nitrotyrosine), la recherche d'une maladie mitochondriale (ATP intracellulaire), la recherche d'une peroxydation lipidique liée au stress oxydatif (MDA-LDL), de l'inflammation [TNF-alpha, IFN-gamma inducible protéine 10 (IP-10), IL-1b, histamine], et l'état de la mélatonine (24 h urine rapport mélatonine/créatinine). Seulement ensuite, d'autres examens complémentaires peuvent être envisagés. En raison des différences constatées entre les labos dans les limites de la normale et en fonction des diverses pratiques de laboratoire, nous ne fournissons pas de seuils considérés comme pertinents pour l'EHS. Il est recommandé de les interpréter dans leur contexte, en ne mettant pas seulement l'accent sur les valeurs inhabituelles. Par exemple, lorsque plusieurs paramètres sont simultanément près des limites normales, cela pourrait être instructif pour se forger une opinion thérapeutique ou diagnostique.

Tests fonctionnels

Diagnostic de base

- Pression artérielle et fréquence cardiaque (dans tous les cas fréquence cardiaque au repos le matin avant le lever), y compris l'autosurveillance, peut-être plusieurs fois par jour, par exemple à des endroits différents et avec enregistrement quotidien du bien-être subjectif pendant une semaine.

Diagnostics supplémentaires

- Surveillance de la pression artérielle pendant 24 h (absence de baisse nocturne)
- Électrocardiogramme 24 h, ECG, (cœur, diagnostic du rythme)
- Variabilité du rythme cardiaque 24 h, VRC, (diagnostic du système nerveux autonome)
- Ergométrie lors de stress physique
- EEG du sommeil à domicile

Tests en laboratoire

Diagnostic de base

- Sang
 - ACTH
 - Bilirubine
 - Numération sanguine, comptage différentiel
 - Urée sanguine
 - Cholestérol, LDL, HDL, triglycérides
 - Ratio Coenzyme Q10 - CoQ10 oxydée / total-CoQ10
 - Kinases de la créatinine (CK-MB, CK-MM)
 - Protéine C-réactive ultrasensible (CRPus)
 - Cystatine C (débit de filtration glomérulaire)
 - Electrolytes/ionogramme
 - Glycémie à jeun
 - Ferritine
 - Glutathione S-transférase (GST)
 - Glutathion réduit (GSH)
 - Glutathion peroxydase (GPX)
 - HBA 1c
 - Histamine et diaminoxidase (DAO)
 - IFN-gamma inductible protéine 10 (IP-10)
 - Interleukine-1 (par exemple, IL-1a, IL-1b)
 - ATP intracellulaire
 - Enzymes hépatiques (par exemple ALT, AST, GGT, LDH, AP)
 - Magnésium (sang total)
 - Malondialdehyde (MDA) - Cholestérol
 - Nitrotyrosine (NTT)
 - Potassium (sang total)
 - Prolactine
 - Sélénium (sang total)
 - Testostérone
 - TSH
 - T3, T4
 - Facteur de nécrose tumorale alpha (TNFa)
 - Vitamine D3
 - Zinc (sang total)
- Urine standard
 - Leucocytes, érythrocytes, albumine, urobilinogène, pH, bactéries, glucose, microalbumine
- Deuxième urine du matin
 - Adrénaline
 - Dopamine
 - Noradrénaline
 - Ratio Noradrénaline / Adrénaline
 - Sérotonine

- Beta-phenylethylamine (PEA)
- Urine 24 h
 - 6-OH sulfate de mélatonine
 - Créatinine
 - Ratio 6-OH sulfate de mélatonine / créatinine
- Salive
 - Cortisol (08 h, 12 h et 20 h)

Diagnostics supplémentaires

- Urine
 - Les métaux (selon l'historique du cas, par exemple mercure, cadmium, plomb, arsenic, aluminium)
- Deuxième urine du matin
 - Acide gamma-aminobutyrique (GABA)
 - Glutamate
 - Cryptopyrrole
- Salive
 - Déhydroépiandrostérone DHEA (08 h et 20 h)
 - Alpha-amylase
- Sang
 - 8 hydroxydésoxyguanosine (oxydation de l'ADN)
 - Biotine
 - Profil lipidique différentiel
 - Folate
 - Holotranscobolamine
 - Homocystéine
 - L'interféron-gamma (IFN-γ)
 - L'interleukine-10 (IL-10)
 - L'interleukine-17 (IL-17)
 - Interleukine-6 (IL-6)
 - Interleukine-8 (IL-8)
 - Glutathion intracellulaire (balance redox)
 - Lactate, pyruvate incl. Ratio
 - Lipase
 - NF-kappa B
 - Vitamine B6 (sang total)

Tests de provocation

Équipements spéciaux avec l'utilisation d'une variété de signaux, par exemple exposition au DECT ou au Wi-Fi (disons 20 à 60 minutes, en fonction de la capacité de régulation individuelle, la sensibilité et la réponse observée)

- Variabilité du rythme cardiaque (VRC) (diagnostic du système nerveux autonome)
- Microcirculation
- Stress oxydatif (peroxydation lipidique, malondialdéhyde, oxo-LDL)
- Pour les diabétiques, la glycémie

- Tests sanguins (agrégation des globules rouges sous forme de rouleaux, viscosité du sang, activité des macrophages, lyse de la membrane des globules rouges)
- Pour les personnes ayant des problèmes neurologiques et de coordination motrice précise ou globale, un enregistrement vidéo de leur marche avant et après la provocation et une analyse d'un enregistrement de l'écriture, avant et après la provocation.

Sensibilité individuelle

- Sang (paramètres génétiques et fonction réelle)
 - Glutathion S transférase M1 (GSTM1) - désintoxication
 - Glutathion S transférase T1 (GSTT1) - désintoxication
 - Superoxyde dismutase 2 (SOD2) - protection des mitochondries
 - Catéchol-O-méthyltransférase (COMT) - contrôle du stress

Mesure de l'exposition aux CEM

L'évolution de l'espèce humaine s'est produite en présence du spectre électromagnétique naturel (champ magnétique terrestre, champ électrique de la Terre, parasites atmosphériques, résonance de Schumann). Ces influences font partie de notre biosphère comme la teneur en oxygène dans l'air ou le spectre de la lumière visible, et ils ont été intégrés dans les fonctions biologiques (14). A l'heure actuelle, presque toutes les fréquences non-ionisantes du spectre électromagnétique sont remplies de sources artificielles, d'origine technique CEM en raison de l'électrification et des technologies de communication sans fil, mais très rarement trouvées dans la nature (voir Figure 3). Les mesures des CEM et/ou des dommages causés par l'exposition ne sont généralement pas couverts par l'assurance maladie obligatoire. En général, une large variété de types d'exposition aux CEM (Champs statiques, ELF, VLF, et RF) devrait être prise en considération.

- Les champs magnétiques ELF peuvent provenir de plusieurs sources, par exemple des transformateurs 12V, des postes de transformation, des courants du réseau sur le câblage électrique, des conduites d'eau et d'autres matériaux conducteurs, des appareils de chauffage infrarouge, des couvertures chauffantes et des différents types de lignes électriques aériennes.
- Les champs électriques ELF peuvent provenir, par exemple, du câblage électrique et des lampes et appareils électriques.
- Les champs VLF magnétiques ("*courant sale*") et/ou VLF champs électriques ("*électricité sale*") peuvent être émis à partir d'appareils électroniques comme l'éclairage économe en énergie, les transformateurs électroniques, les cuisinières à induction, les variateurs de fréquence/varianteurs de vitesse, les variateurs d'intensité d'éclairage et le courant porteur en ligne (CPL) connecté au réseau électrique. Ces dispositifs utilisent du courant et/ou une tension en impulsions courtes qui pourraient produire des phénomènes harmoniques et transitoires VLF sur les circuits électriques, les matériaux mis à terre et sur le sol.
- Les sources de rayonnement RF typiques comprennent, par exemple, les téléphones sans fil (DECT), l'accès à Internet sans fil (Wi-Fi), les téléphones mobiles et leurs stations de base, les antennes de radio et de télédiffusion, le radar (militaire, aéroport, marine, et prévision météorologique), Bluetooth, et les fours à micro-ondes.

Les lieux d'exposition les plus importants à analyser sont ceux à proximité de la tête et du torse dans les chambres à coucher, suivis par tout autre endroit de séjour prolongé ou d'exposition potentiellement élevée. Les mesures de CEM doivent être planifiées et effectuées par des spécialistes formés et expérimentés et toujours en conformité avec les normes pertinentes, par

exemple les directives VDB de l'Association allemande des professionnels du bâtiment biologique (257). En plus des résultats de mesure, le rapport devrait également inclure des suggestions sur des options pour réduire éventuellement l'exposition aux CEM. Afin de clarifier certaines questions, des dosimètres personnels avec fonction d'enregistrement des données sont disponibles pour mesurer les champs magnétiques ELF et le rayonnement RF. Après que les mesures aient été réalisées, les résultats devraient être discutés avec un médecin familier de la problématique CEM.

Spectre électromagnétique - Les sources naturelles et artificielles

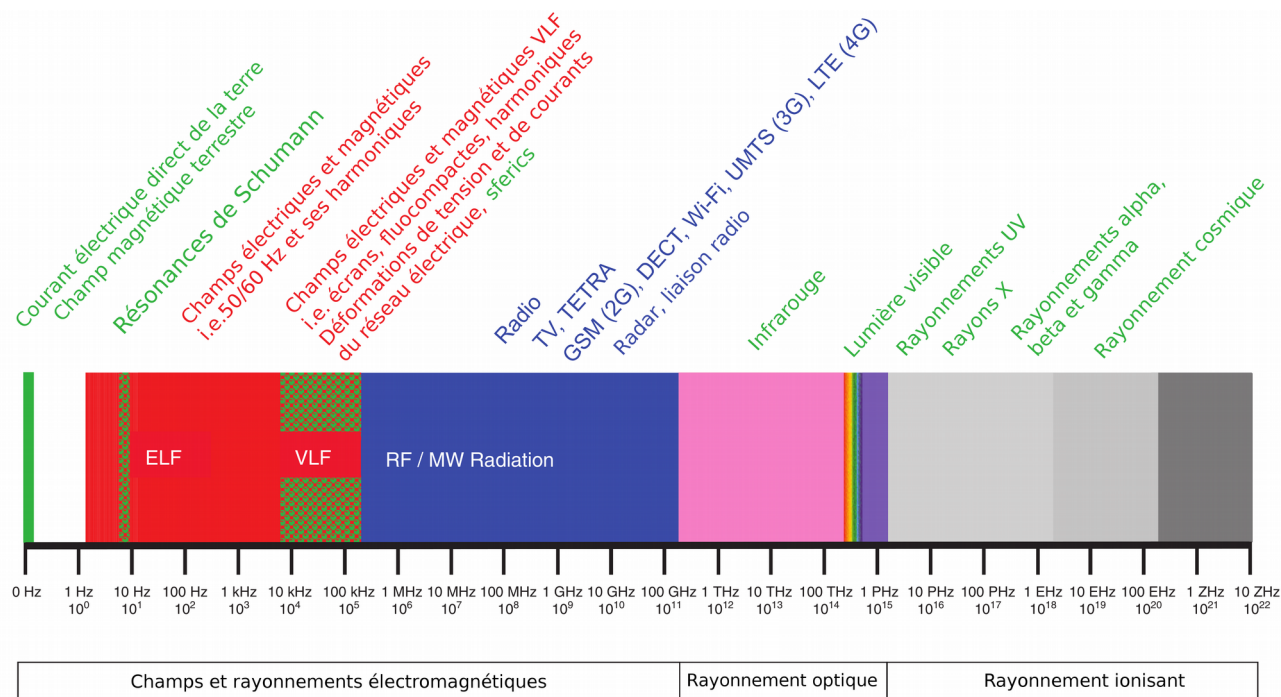


Figure 3: Exemples de sources de champs électromagnétiques d'origine naturelle (en vert) et de celles d'origine artificielle (en rouge et bleu) le long du spectre électromagnétique (256).

Valeurs indicatives CEM

Dans chaque cas, les aspects suivants devraient être pris en compte individuellement lors de l'évaluation des résultats de mesures CEM (27, 26):

- Susceptibilité individuelle de la personne qui, par exemple, peut être déterminée sur la base d'antécédents traumatiques (électrique, chimique, biologique et physique)
- Charge corporelle totale d'une personne (par exemple, exposition au bruit, produits chimiques comme les neurotoxines)
- Durée de l'exposition aux CEM
- Exposition aux CEM pendant la nuit et le jour
- Exposition multiple à différentes sources de CEM
- Intensité du signal: watt/m² (W/m²), volt/m (V/m), ampère/m (A/m)
- Caractéristiques du signal prises en compte dans la détermination des valeurs indicatives CEM - voir le Supplément 3 (258)
 - La fréquence
 - Le temps de montée (ΔT) des rafales, fluctuations périodiques, etc.
 - La fréquence et périodicité des rafales, par exemple certaines stations de base GSM (8.3 Hz), les réseaux Wi-Fi (10 Hz), les téléphones sans fil DECT (100 Hz)

- Le type de modulation (modulation de fréquence, modulation d'amplitude, modulation de phase).

Quelles que soient les recommandations de l'ICNIRP concernant les effets aigus spécifiques, les valeurs indicatives suivantes (tableaux 1 à 3, 5 et 6) sont applicables à des lieux sensibles à une exposition à longue durée de plus de 20 heures par semaine (259). Elles sont basées sur des études épidémiologiques (9, 10, 27, 221, 260 à 262), des observations empiriques et des mesures pertinentes dans la pratique (258, 263), ainsi que les recommandations de la Déclaration de Seletun (40) et l'Assemblée parlementaire du Conseil de l'Europe (42). Les valeurs indicatives proposées sont basées sur des données scientifiques, y compris un élément préventif et visent à aider à rétablir la santé et le bien-être des patients déjà affectés. Tous les niveaux représentent l'énergie incidente et l'exposition du corps entier.

Les champs magnétiques ELF (fréquences extrêmement basses) (ELF MF)

Spécifications des mesures

Gamme de fréquences: 50/60 Hz du réseau électrique jusqu'à 2 kHz. 16.7 Hz réseaux ferroviaires en Autriche, Allemagne, Suisse, Suède et Norvège, 400 Hz sur les avions

Type de mesures: induction magnétique ou densité de flux [T; mT; μ T; nT]

Type de sonde: sonde des champs magnétiques isotrope (trois axes orthogonaux)

Mode de détecteur: RMS (moyenne quadratique)

Endroits à mesurer: lit: mesures instantanées sur toute la surface du lit. Lieu de travail: des mesures instantanées sur l'ensemble de la zone de travail (par exemple la position assise). Les mesures à long terme: par exemple l'endroit proche de la tête/du torse au lit ou sur le lieu de travail

Période d'évaluation: mesures instantanées pour identifier les sources des champs. Les mesures à long terme au cours du sommeil et sur le poste de travail

Base d'évaluation: mesures à long terme: maximale (MAX) et moyenne arithmétique (AVG)

Valeurs indicatives de précaution

Dans les zones où les gens passent des périodes prolongées (> 4 h par jour), réduire l'exposition aux champs magnétiques ELF à des niveaux aussi bas que possible ou en-dessous des valeurs indicatives de précaution indiquées ci-après.

Tableau 1: Valeurs indicatives de précaution pour les champs magnétiques ELF.

ELF magnétiques	champs	Exposition de jour	Exposition de nuit	Populations sensibles
Moyenne arithmétique (AVG)		100 nT (1 mG) ^{1), 2), 3)}	100 nT (1 mG) ^{1), 2), 3)}	30 nT (0,3 mG) ⁵⁾
Maximum (MAX)		1000 nT (10 mG) ^{2), 4)}	1000 nT (10 mG) ^{2), 4)}	300 nT (3 mG) ⁵⁾

Basé sur: ¹⁾BioInitiative (9, 10); ²⁾Oberfeld (262); ³⁾Déclaration de Seletun (40), ⁴⁾NISV (264); ⁵⁾Principe de précaution par un facteur 3 (intensité du champ). Voir aussi le IARC 2002 (30), Blank et Goodman (17), et le développement TCO (265).

Directives d'évaluation spécialement pour les zones du lit

Des fréquences plus élevées que le réseau électrique à 50/60 Hz et leurs harmoniques doivent être sujettes à une évaluation plus critique. Voir aussi les valeurs indicatives de précaution pour la gamme de fréquences VLF plus loin. Le cas échéant, le courant secteur (50/60 Hz) et le courant de

traction (16,7 Hz) doivent être évaluées séparément, mais cumulées (moyenne au carré). Les mesures de longue durée doivent être effectuées en particulier pendant la nuit, mais au moins pendant 24 h.

Champs électriques ELF (fréquences extrêmement basses) (ELF EF)

Spécifications des mesures

Gamme de fréquences: 50/60 Hz du réseau électrique, jusqu'à 2 kHz. 16.7 Hz réseaux ferroviaires en Autriche, Allemagne, Suisse, Suède et Norvège

Type de mesures: champs électriques [V/m] sans mise-à-terre (libres de potentiel électrique)

Type de sonde: sonde de champs électriques isotrope (trois axes orthogonaux)

Mode de détecteur: RMS (moyenne quadratique)

Endroits à mesurer: lit: neuf points sur la surface du lit. Lieu de travail: dans l'ensemble de la zone de travail (par exemple la position assise, trois ou six points)

Période d'évaluation: mesures instantanées pour évaluer l'exposition ainsi que pour identifier les sources des champs. Puisque les niveaux d'exposition aux champs électriques dans la gamme de fréquences ELF habituellement ne changent pas, les mesures à long terme ne sont pas nécessaires.

Base d'évaluation: Des mesures ponctuelles (maximum) aux points pertinents de l'exposition

Valeurs indicatives de précaution

Dans les zones où les gens passent des périodes prolongées (> 4 h par jour), réduire l'exposition aux champs électriques ELF à des niveaux aussi bas que possible ou en-dessous des valeurs indicatives de précaution indiquées ci-après.

Tableau 2: Valeurs indicatives de précaution pour les champs électriques ELF.

ELF électriques	champs Exposition de jour	Exposition de nuit	Populations sensibles
Maximum (MAX)	10 V/m ^{1),2)}	1 V/m ²⁾	0.3 V/m ³⁾

Basé sur: ¹⁾NCRP Projet de directives pour l'exposition EMF: Option 2, 1995 (261); ²⁾Oberfeld (262); ³⁾Principe de précaution par un facteur 3 (intensité du champ). Voir aussi TCO Development (265).

Directives d'évaluation spécialement pour les zones du lit

Des fréquences plus élevées que le réseau électrique à 50/60 Hz et leurs harmoniques doivent être sujettes à une évaluation plus critique. Voir aussi les valeurs indicatives de précaution pour la gamme de fréquences VLF plus loin.

Rayonnements radiofréquence (RF)

Spécifications des mesures

Gamme de fréquences: antennes de diffusion de radio et télévision, stations de base de téléphonie mobile, par exemple TETRA (400 MHz), GSM (900 et 1800 MHz), UMTS (2100 MHz), LTE (800, 900, 1800, 2500 à 2700 MHz), stations de base de téléphone sans fil, par exemple DECT (1900 MHz), points d'accès Wi-Fi et leurs clients (2450 et 5600 MHz), WiMAX (3400-3600 MHz). Les fréquences ci-dessus en MHz s'appliquent aux réseaux européens.

Type de mesures: Habituellement champs électriques [V/m] ou densité de puissance calculée

[W/m²; mW/m²; µW/m²]; pour les unités de conversion voir le tableau 4.

Type de sonde: isotrope, antennes biconique ou logarithmique périodiques

Mode de détecteur: détecteur de crête avec Peak-hold (maintien de la valeur maximale)

Endroits à mesurer: Le point de l'exposition sur le lit et le lieu de travail

Période d'évaluation: Habituellement mesures instantanées pour identifier les sources des champs RF (par exemple analyse acoustique) et des lectures de pointe

Base d'évaluation: des mesures ponctuelles spécifiques pour la bande (détecteur de crête avec Peak-hold) des signaux communs aux points pertinents de l'exposition (par exemple avec analyseur de spectre ou du moins avec un appareil de mesures spécifique pour la bande de fréquences RF)

Valeurs indicatives de précaution pour les sources RF

Dans les zones où les gens passent des périodes prolongées (> 4 h par jour), réduire l'exposition aux rayonnements radiofréquences à des niveaux aussi bas que possible en-dessous des valeurs indicatives de précaution indiquées ci-après. Les fréquences à mesurer doivent être adaptées à chaque cas particulier. Les valeurs indicatives de précaution prennent en compte les caractéristiques du signal du temps de montée (ΔT) et de la "pulsation" ELF périodique (258). Remarque: Les signaux rectangulaires montrent des temps de montée courts et se composent d'un large spectre de fréquences. La densité du courant induit dans le corps humain augmente avec une fréquence croissante suivant une relation approximativement linéaire (266).

Tableau 3: Valeurs indicatives de précaution pour les rayonnements radioélectriques.

Source RF Peak Hold	Exposition de jour	Exposition de nuit	Populations sensibles ¹⁾
Emission radio (FM)	10'000 µW/m ²	1000 µW/m ²	100 µW/m ²
TETRA	1000 µW/m ²	100 µW/m ²	10 µW/m ²
DVBT	1000 µW/m ²	100 µW/m ²	10 µW/m ²
GSM (2G) 900 à 1800 MHz	100 µW/m ²	10 µW/m ²	1 µW/m ²
DECT (téléphone sans fil)	100 µW/m ²	10 µW/m ²	1 µW/m ²
UMTS (3G)	100 µW/m ²	10 µW/m ²	1 µW/m ²
LTE (4G)	100 µW/m ²	10 µW/m ²	1 µW/m ²
GPRS (2.5 G) avec PTCCH* (8.33 Hz pulsation)	10 µW/m ²	1 µW/m ²	0.1 µW/m ²
DAB+ (10.4 Hz pulsation)	10 µW/m ²	1 µW/m ²	0.1 µW/m ²
Wi-Fi 2.4/5.6 GHz (10 Hz pulsation)	10 µW/m ²	1 µW/m ²	0.1 µW/m ²

*PTCCH, canal de commande avancé de synchronisation des paquets.

Basé sur: BioInitiative (9, 10); Kundi et Hutter (260); Leitfaden Senderbau (221); PACE (42); Déclaration Seletun (40). ¹⁾Principe de précaution par un facteur 3 (intensité du champ) = un facteur 10 (densité de puissance). Voir aussi IARC 2013 (24) et Margaritis et al. (267).

Tableau 4: Conversion des unités de mesure de rayonnements radiofréquences.

Unités de mesure RF	mW/m ²	10	1	0.1	0.01	0.001	0.0001
	μW/m ²	10'000	1'000	100	10	1	0.1
	μW/cm ²	1	0.1	0.01	0.001	0.0001	0.00001
	V/m	1.9	0.6	0.19	0.06	0.019	0.006

Champs magnétiques dans la gamme VLF (VLF MF) Spécifications des mesures

Gamme de fréquences: 3 kHz à 3 MHz. Mesures spécifiques de fréquence (analyseur de spectre/mètre CEM), par exemple "courant sale", communication par courant porteur en ligne (CPL), transmission d'identification par radiofréquence (RFID), lampes fluorescentes compactes (LFC)

Type de mesure: champs magnétiques [A/m] - induction magnétique calculée [T; mT; μT; nT]

Type de sonde: isotrope ou sonde de champs magnétiques anisotrope

Mode de détecteur: RMS (moyenne quadratique)

Endroits à mesurer: Les points d'exposition sur le lit et le lieu de travail

Période d'évaluation: mesures instantanées pour identifier les sources des champs. Mesures à long terme au cours du sommeil et au poste de travail

Base d'évaluation: Mesures à long terme: détecteur RMS, moyenne arithmétique et maximale aux points pertinents de l'exposition.

Remarque: Si une exposition élevée est détectée, les analyseurs de qualité du courant et des oscilloscopes peuvent être utilisés sur le câblage concerné pour remonter à la source du "courant sale".

Valeurs indicatives de précaution

Dans les zones où les gens passent des périodes prolongées (> 4 h par jour), réduire l'exposition aux champs magnétiques VLF à des niveaux aussi bas que possible, en-dessous des valeurs indicatives de précaution indiquées ci-après.

Tableau 5: Valeurs indicatives de précaution pour les champs magnétiques VLF.

Champs VLF	magnétiques	Exposition de jour	Exposition de nuit	Populations sensibles
Moyenne arithmétique (AVG)		1 nT (0.01 mG) ¹⁾	1 nT (0.01 mG) ¹⁾	0.3 nT (0.003 mG) ²⁾
Maximum (MAX)		10 nT (0.1 mG) ¹⁾	10 nT (0.1 mG) ¹⁾	3 nT (0.03 mG) ²⁾

Basé sur: ¹⁾La densité de courant induit dans le corps humain croît avec l'augmentation de la fréquence dans une relation approximativement linéaire (266). Par conséquent, la valeur indicative du champ magnétique dans la gamme de fréquences VLF devrait être inférieure à celle du champ magnétique 50/60 Hz, par exemple pour 100 nT RMS/100=1 nT. Pour le raisonnement des valeurs de 100 nT (moyenne) et 1 μT (max), voir la section champs magnétique ELF. ²⁾Le principe de précaution par un facteur de 3 (intensité du champ). Voir aussi TCO Development (265).

Les champs électriques dans la gamme VLF (VLF EF)

Spécifications de mesure

Gamme de fréquences: 3 kHz à 3 MHz. Mesures spécifiques de fréquence (analyseur de spectre/mètre CEM), par exemple "électricité sale", communication par courant porteur en ligne (CPL), transmission d'identification par radiofréquence (RFID), les lampes fluorescentes compactes (LFC).

Type de mesure: champ électrique [V/m]

Type de sonde: isotrope, sonde de champ biconique, logarithmique périodique électrique

Mode de détecteur: RMS moyenne arithmétique

Endroits à mesurer: Les points d'exposition à travers le lit et au lieu de travail

Période d'évaluation: mesures instantanées pour identifier les sources des champs. Les mesures à long terme au cours du sommeil et au poste de travail

Base d'évaluation: Mesures à long terme: moyenne arithmétique aux points pertinents de l'exposition

Remarque: Si une exposition élevée est détectée, les analyseurs de qualité du courant et des oscilloscopes peuvent être utilisés sur le câblage concerné pour remonter à la source du "courant sale".

Valeurs indicatives de précaution

Dans les zones où les gens passent des périodes prolongées (> 4 h par jour), réduire l'exposition aux champs électriques VLF à des niveaux aussi bas que possible ou en dessous des valeurs indicatives de précaution indiquées ci-dessous.

Tableau 6: Valeurs indicatives de précaution pour les champs électriques VLF.

Champs VLF	électriques	Exposition de jour	Exposition de nuit	Populations sensibles
Moyenne arithmétique (AVG)		0.1 V/m ¹⁾	0.01 V/m ¹⁾	0.003 V/m ²⁾

Basé sur: ¹⁾La densité de courant induit dans le corps humain croît avec l'augmentation de la fréquence dans une relation approximativement linéaire (266). Par conséquent, la valeur indicative du champ électrique dans la gamme des très basses fréquences doit être inférieure à celle du champ électrique 50/60 Hz, par exemple pour 10 V/m /100=0,1 V/m. Pour justification des valeurs de 10 V/m et 1 V/m, voir la section des champs électriques ELF. ²⁾Principe de précaution par un facteur 3 (intensité du champ). Voir aussi TCO Development (265).

Prévention et réduction de l'exposition aux CEM

Prévenir ou réduire l'exposition aux CEM après avoir consulté un spécialiste de mesures est judicieux pour plusieurs raisons:

- (a) pour éviter et réduire les risques pour la santé individuelle et publique,
- (b) pour identifier les liens avec les problèmes de santé,
- (c) pour traiter la cause des problèmes de santé liés aux CEM.

Il existe de nombreuses causes possibles en relation avec l'exposition aux CEM, et les présentes directives ne peuvent qu'en donner quelques exemples. De plus amples informations peuvent être

trouvées, par exemple, dans le document "Options to Minimize EMF/ RF/Static Field Exposures in Office Environments" (268) et "Elektrosmog im Alltag" (269). Pour obtenir des informations détaillées sur la physique, les propriétés, et les mesures des champs électromagnétiques, voir Virnich (270); en ce qui concerne la réduction du rayonnement radiofréquence (RF) dans les maisons et les bureaux, voir Pauli et Moldan (271). Dans la plupart des cas, il sera nécessaire de consulter un expert (par exemple un ingénieur ou consultant qualifié CEM/RF et/ou un électricien qui conseillera la personne sur les mesures qui pourraient être prises pour réduire l'exposition aux CEM.

Réduction de l'exposition aux CEM - première étape

Dans un premier temps, des recommandations sont données (également comme mesures préventives) pour éliminer ou réduire l'exposition aux champs électromagnétiques typiques; celles-ci peuvent aider à atténuer les problèmes de santé en quelques jours ou semaines. Les actions suivantes sont proposées:

Prévention de l'exposition à un rayonnement radiofréquence (RF)

- N'utilisez le mobile/smartphone et téléphone sans fil que pour des appels de courte durée et utilisez la fonction haut-parleur ou un kit mains libres.
- Évitez de tenir le téléphone mobile/smartphone près du corps.
- Désactivez toutes les applications du téléphone mobile non essentielles provoquant l'exposition au rayonnement périodique.
- Gardez les téléphones mobiles/smartphones en "mode avion" tant que possible ou désactivez la transmission de données mobiles, Wi-Fi, Bluetooth et la communication en champ proche (CCP) dans les paramètres du smartphone.
- Déconnectez (débranchez) l'alimentation de toutes les stations de base du téléphone sans fil DECT. Les téléphones DECT en "mode ECO" ou "zéro émission" ne sont recommandés que conditionnellement car l'exposition par le combiné est présente lors de l'appel. Un téléphone filaire "traditionnel" est recommandé à sa place.
- Déconnectez (débranchez) l'alimentation de tous les points d'accès Wi-Fi ou des routeurs Wi-Fi. De nombreux routeurs LAN sont maintenant équipés d'une connexion Wi-Fi supplémentaire. Appelez le fournisseur du routeur LAN et demandez à ce que le Wi-Fi soit désactivé. Il est généralement possible de le faire en ligne en suivant les instructions du fournisseur.
- Si les rayonnements RF parviennent des sources externes, les chambres, et particulièrement les chambres à coucher, les plus éloignées de la source doivent être choisies.
- Évitez la communication par courant porteur pour l'accès à Internet (dLAN) et préférez-lui l'utilisation d'un câble Ethernet (LAN).
- Évitez toute exposition aux rayonnements RF par des dispositifs sans fil tels que des appareils audiovisuels, casques, veille-bébé, consoles de jeux, imprimantes, claviers, souris, systèmes de surveillance, etc. à la maison, dans les bureaux et dans les voitures.
- Évitez l'exposition à l'éclairage économe en énergie (les lampes fluorescentes compactes, ainsi que certaines LED génèrent des parasites à haute fréquence). Ces types de lampes peuvent être remplacées par des lampes halogènes ou incandescentes jusqu'à ce que des lampes économes en énergie offrant un éclairage de bonne qualité deviennent disponibles sur le marché.

Prévention de l'exposition aux champs électriques et magnétiques ELF

- Eloignez le lit ou le bureau du câblage électrique dans les murs et des cordons d'alimentation. Une distance minimale de 30 cm (1 ft) du mur est recommandée.
- Comme les champs magnétiques peuvent passer à travers les murs, assurez-vous qu'il n'y ait pas de sources magnétiques juste au-dessous ou au-dessus d'un lit ou dans une pièce adjacente.
- Une autre action complémentaire simple est de couper l'alimentation électrique dans la chambre à coucher (éteindre le disjoncteur ou fusible) pendant le sommeil; donnez-vous une phase de test de, par exemple, 2 semaines. En général, cette mesure ne réussit pas toujours à cause des circuits électriques provenant des pièces adjacentes qui contribuent aux niveaux des champs électriques. Les mesures des champs électriques ELF sont nécessaires pour savoir exactement quels disjoncteurs doivent être déconnectés. Les avantages et les risques d'accident potentiel doivent être pesés; par conséquent, l'utilisation d'une lampe de poche pendant la phase d'essai est recommandée.
- Coupez l'alimentation de tous les circuits électriques non essentiels, si possible dans tout l'appartement ou toute la maison. (n.b. voir note ci-dessus.)
- Evitez l'utilisation d'une couverture électrique pendant le sommeil; non seulement l'éteindre, mais aussi la débrancher.
- Evitez les expositions prolongées à proximité des moteurs électriques en activité. Dans un premier temps, gardez une distance minimale de 1,5 m (5 ft). Dans un deuxième temps, une distance de sécurité peut être établie sur la base de mesures des champs magnétiques.

Prévention de l'exposition aux champs magnétiques statiques/électriques statiques

- Dormez dans un lit et sur un matelas sans métal.
- Évitez de dormir à proximité de matériaux de fer (radiateur, acier, etc.).
- Le port de vêtements synthétiques et, par exemple, de chaussures à semelles en caoutchouc, isolant de la terre, peut entraîner l'accumulation d'électricité statique. Les vêtements de coton et de chaussures à semelles en cuir permettront d'éviter l'électricité statique.

Réduction de l'exposition aux CEM - deuxième étape

Dans un deuxième temps, les mesures de champs électromagnétiques et des mesures d'atténuation doivent être effectuées comme, par exemple, les suivantes:

- Mesurez le champ électrique ELF dans le lit. Selon les résultats de mesures, installez des interrupteurs automatiques de champ dans les circuits qui augmentent l'exposition.
- Mesurez le champ électrique ELF dans tous les autres endroits occupés pendant de longues périodes à la maison et au travail. Si nécessaire, si des lampes se trouvent près du corps, choisissez des lampes avec un câble électrique blindé et un support métallique mis à la terre. Surtout en ce qui concerne la construction légère (bois, panneaux de plâtre), il serait recommandable que le câblage électrique sans mise-à-terre (avec fiche de deux bornes) soit remplacé par le câblage électrique blindé avec mise-à-terre. Dans des cas particuliers, un câblage blindé et des prises de courant blindées peuvent être installés dans l'ensemble du bâtiment.
- Mesurez le champ magnétique ELF près du lit, par exemple pendant 24 h. Si des courants générés par le réseau sont détectés, le câblage et la mise-à-terre du système électrique du bâtiment doivent être corrigés pour réduire les champs magnétiques.
- Installez un disjoncteur différentiel de fuite à la terre (DDFT) pour prévenir les chocs

- électriques (mesure de sécurité).
- Mesurez les rayonnements des fréquences radio et atténuez les niveaux d'exposition élevés en installant certains matériaux de blindage RF pour les murs, fenêtres, portes, plafonds et planchers. Par exemple, dans certains immeubles (des logements en copropriété, des gratte-ciels, des lotissements), la proximité des voisins peut contribuer à l'exposition à l'intérieur de l'habitat.
- Mesurez l'électricité sale/courant sale (le niveau des champs électriques et magnétiques dans la gamme de fréquences VLF) et identifiez les sources afin de les supprimer. Si cela est impossible, des filtres de puissance adaptés à la source peuvent être utilisés.

Diagnostic

On doit bien faire la différence entre l'EHS et d'autres problèmes de santé liés aux CEM comme certains cancers, la maladie d'Alzheimer, la sclérose latérale amyotrophique (SLA), l'infertilité masculine, etc. qui auraient pu être induits, accélérés, ou aggravés par l'exposition aux CEM. Une enquête sur l'EHS et d'autres problèmes de santé liés aux CEM sera en grande partie basée sur une anamnèse détaillée, en se concentrant en particulier sur les corrélations entre les problèmes de santé et leur survenue dans le temps, les lieux et les circonstances de l'exposition aux CEM, ainsi que l'évolution des symptômes dans le temps et la susceptibilité individuelle. En plus des mesures de l'exposition aux CEM, les résultats des tests de diagnostics supplémentaires (tests de laboratoire, système cardiovasculaire) serviront à étayer le diagnostic. Par ailleurs, toute autre éventuelle cause doit être éliminée dans la mesure du possible.

En 2000, le Conseil nordique des ministres (Finlande, Suède et Norvège) a adopté la classification générale CIM-10 pour l'EHS sous Chapitre XVIII, Symptômes, signes et résultats cliniques et biologiques anormaux non classés ailleurs, code R68.8 "Autres symptômes et signes généraux précisés"(Nordic CIM-10 Adaptation, 2000) (272). En ce qui concerne la Classification Internationale des Maladies (CIM) actuelle, la CIM-10-OMS 2015, nous recommandons pour l'instant:

- (a) pour l'hypersensibilité électromagnétique (EHS): utiliser les codes de diagnostic existants pour les différents symptômes, ainsi que le code R68.8 "Autres symptômes et signes généraux précisés" plus le code Z58.4 "exposition aux rayonnements" et/ou Z57.1 "exposition professionnelle aux rayonnements."
- (b) concernant les problèmes de santé liés aux CEM (à l'exception de l'EHS) utiliser les codes de diagnostic existants pour les différentes maladies/symptômes, ainsi que le code Z58.4 "exposition aux rayonnements" et/ou Z57.1 "exposition professionnelle aux rayonnements."

Concernant la prochaine mise à jour de la CIM qui sera publiée en 2018 (CIM-11 OMS), nous recommandons ce qui suit:

- (a) de créer dans la classification CIM une nomenclature pour toutes les maladies chroniques multisystèmes induites par l'environnement tels que l'hypersensibilité chimique multiple (MCS), le syndrome de fatigue chronique (SFC), la fibromyalgie (FM) et l'hypersensibilité électromagnétique (EHS) sur la base de leur description clinique et pathologique (187, 192);
- (a) de développer le chapitre XIX, Lésions, intoxications et autres conséquences avérées de causes externes (T66-T78), pour inclure ou différencier les effets des champs électromagnétiques (champ magnétique statique, champ électrique statique, champ magnétique ELF, champ électrique ELF, champ VLF magnétique, champ VLF électrique, rayonnement radiofréquence), le rayonnement infrarouge, la lumière visible, les rayonnements UV et les rayonnements ionisants;

- (b) de développer le chapitre XXI, Facteurs influant sur l'état de santé et contact avec les services de santé (Z00-Z99), pour inclure ou différencier les facteurs comme les CEM (champ magnétique statique, champ électrique statique, champ magnétique ELF, champ électrique ELF, champ VLF magnétique, champ VLF électrique, rayonnement radiofréquence), le rayonnement infrarouge, la lumière visible, les rayonnements UV, et les rayonnements ionisants.

Traitement du patient, y compris mesures dans son environnement

La méthode principale de traitement devrait se concentrer sur la prévention ou la réduction de l'exposition aux CEM à savoir de réduire ou éliminer toutes les sources de champs électromagnétiques à la maison et au travail. La réduction de l'exposition aux CEM devrait également être étendue aux écoles, aux hôpitaux, aux transports publics, ainsi qu'aux endroits publics tels que les bibliothèques, etc. afin de permettre une utilisation sans entraves pour les personnes EHS (mesure d'accessibilité). De nombreux exemples ont montré que de telles mesures peuvent se révéler efficaces. Concernant le cumul d'autres influences environnementales sur la charge corporelle, ils doivent aussi être considérés. Outre la réduction des CEM, d'autres mesures doivent être retenues comme celles relatives à une homéostasie équilibrée afin d'augmenter la "résistance" aux CEM. Il existe de plus en plus de preuves qu'un des principaux effets des CEM sur les humains est la réduction de la capacité de régulation oxydative et nitrosative. Cette hypothèse explique également les changements observés quant à la sensibilité aux CEM et le grand nombre de symptômes rapportés dans le cadre de l'exposition à ces derniers. Sur la base des connaissances actuelles, il semble utile de recommander une approche de traitement inspirée par celles qui améliorent la situation dans les maladies multisystèmes, qui visent à réduire au minimum les effets indésirables du peroxy-nitrite. Des mesures qui améliorent le système immunitaire et réduisent le stress en combinaison avec une détoxification favoriseront la récupération des personnes EHS. Il convient de souligner que la psychothérapie a la même signification que dans d'autres maladies. Les produits qui sont offerts sous forme de plaques ou similaires pour "neutraliser" ou "harmoniser" l'électrosmog devraient être évalués avec grande retenue. Le stress psychologique généré par un manque de compréhension ou de soutien de la famille, des amis et des médecins peut aggraver les symptômes de l'EHS, tout comme l'anxiété d'une éventuelle exposition. Pour une récupération rapide, les traitements doivent concerner l'organisme, la conscience et l'esprit de l'individu. En résumé, les traitements et les mesures d'accessibilité suivants paraissent judicieux, selon les cas particuliers:

Réduction de l'exposition aux CEM

Cela devrait inclure tous les types d'expositions CEM subies par la personne, en particulier pendant le sommeil et au travail - voir le chapitre "Réduction de l'exposition CEM". Pour plus d'informations, voir par exemple "Options to Minimize EMF/ RF/Static Field Exposures in Office Environments" (268) et "Elektrosmog im Alltag" (269).

Traitements de médecine environnementale

Jusqu'à présent, aucun traitement spécifique de l'EHS n'a été établi. Les paragraphes qui suivent sont des recommandations fondées sur l'expérience combinée de l'équipe. Ils peuvent être considérés soit comme une tentative de rétablir la capacité de régulation complète des patients, comme des conseils généraux pour une hygiène de vie saine (qui pourraient et devraient être adaptés à la situation culturelle et individuelle du patient), ou comme une approche plus ciblée par rapport aux problèmes spécifiques des personnes EHS basée sur l'expérience collective de l'équipe. Des essais cliniques contrôlés seraient nécessaires pour évaluer les effets des mesures de traitement

et d'accessibilité optimales. Les données réelles indiquent que les déficits fonctionnels qu'on peut rencontrer chez les patients EHS, correspondent à ceux que nous pouvons trouver dans des maladies multisystèmes (CMI) comme le MCS (Hypersensibilité chimique multiple), le SFC (Syndrome de fatigue chronique) et FM (Fibromyalgie). L'objectif de la thérapie est la régulation du dysfonctionnement physiologique repéré lors des différentes étapes du diagnostic (voir chapitre "Examens médicaux et leurs résultats"). L'objectif thérapeutique principal comprend des procédures générales et auxiliaires, ainsi que des traitements spécifiques. Ces derniers sont difficiles et nécessitent des connaissances particulières et de l'expérience dans les traitements cliniques en médecine environnementale. Des cibles thérapeutiques principales comprennent:

- **Contrôle de la charge corporelle totale**

Outre la réduction de l'exposition aux CEM, nous recommandons une réduction de la charge corporelle totale en divers polluants de l'environnement (à domicile, sur le lieu de travail, à l'école, lors des loisirs), les additifs alimentaires et les matériaux dentaires.

- **Réduction du stress oxydatif et/ou nitrosatif**

Les espèces réactives de l'oxygène (ROS) et les espèces réactives de l'azote (RNS) sont des radicaux libres produits naturellement dans les cellules. Des inhibiteurs/scavengers garantissent l'équilibre entre la production des radicaux libres et leur taux d'élimination. Nombre de composés biologiquement importants ayant une fonction antioxydante (AO) ont été identifiés comme des inhibiteurs/scavengers endogènes et exogènes. Parmi les antioxydants (AO) endogènes, nous distinguons des AO enzymatiques (catalase, glutathion peroxydase, glutathion réductase, superoxyde dismutase) des AO non-enzymatiques [bilirubine, ferritine, mélatonine, glutathion, métallothioneine, N-acétyl-cystéine (NAC), NADH, NADPH, thiorédoxine, 1,4, -bezoquinone, ubiquinone, l'acide urique]. Ils interagissent avec les AO exogènes présents dans l'alimentation ou les AO synthétiques (les caroténoïdes, les rétinoïdes, les flavonoïdes, les polyphénols, le glutathion, l'acide ascorbique, les tocophérols). La réglementation complexe et l'utilisation de ces substances représentent un défi thérapeutique (232, 273).

- **Régulation du dysfonctionnement intestinal**

Les inhibiteurs/scavengers endogènes et exogènes agissent en synergie pour maintenir l'homéostasie redox. Par conséquent, les antioxydants alimentaires ou naturels jouent un rôle important pour stabiliser cette interaction. Le traitement d'un intestin perméable, d'une intolérance alimentaire et d'une allergie alimentaire est une condition préalable pour le maintien de l'homéostasie redox (274) et exige également une connaissance et une expérience particulières.

- **Optimisation de la nutrition**

L'alimentation bioactive est la source principale de composants antioxydants tels que la vitamine C, la vitamine E, du NAC, les caroténoïdes, la CoQ10, l'acide alpha-lipoïque, le lycopène, le sélénium, et les flavonoïdes (275, 276). Par exemple, la régénération de la vitamine E par le glutathion ou vitamine C est nécessaire pour éviter la peroxydation des lipides. Les antioxydants alimentaires ne peuvent avoir d'effets bénéfiques sur le système d'oxydoréduction que s'ils sont présents en concentrations suffisantes (273). L'acide alpha-lipoïque agit directement ou indirectement en tant qu'inhibiteur/scavenger de radicaux libres, y compris l'oxygène singulet, le superoxyde, les radicaux peroxy et les radicaux de décomposition du peroxyde d'azote (232). Il a été démontré que le nombre d'électrons libres en micronutriments détermine leur degré d'efficacité. Dans les aliments biologiques, le nombre d'électrons libres est plus élevé que dans les aliments produits de manière conventionnelle

(277). Surtout dans le cas d'intolérances alimentaires, la substitution adaptée des micronutriments sous forme de suppléments est nécessaire.

- **Contrôle d'inflammation (chronique)**

Des taux élevés d'oxyde nitrique et la réaction avec le superoxyde conduisent toujours à des niveaux élevés de peroxynitrate, entraînant un taux de ROS sans commune mesure avec une autre substance (cycle NO/ONOO). Par conséquent, le facteur nucléaire kappa-B (NF-κB) est activé, entraînant des cytokines inflammatoires telles que le facteur de nécrose tumorale α (TNF-α), l'interleukine-1β (IL-1 β), l'interleukine-6 (IL-6), l'interleukine -8 (IL-8) et l'interféron gamma (IFN-γ) et l'activation de diverses NO synthases (232). Les tocophérols (278, 279), les caroténoïdes à des niveaux faibles de concentration (280), la vitamine C (281, 282), N-acétyl-cystéine (NAC) (283), la curcumine (284), le resvératrol (285, 286), les flavonoïdes (287) ont démontré leur capacité à interrompre cette cascade inflammatoire à différents stades.

- **Normalisation de la fonction mitochondriale**

La fonction mitochondriale peut être perturbée de deux façons. Premièrement: la grande quantité de radicaux libres peut bloquer la production de l'adénosine triphosphate (ATP), conduisant à des douleurs musculaires et de la fatigue. Deuxièmement: dans le cas d'une inflammation (chronique), la demande d'énergie augmente de 25% (236), ce qui provoque une forte consommation d'ATP. Dans ce cas, le NADH, le L-carnitine et le CoQ10 sont essentiels pour la synthèse de l'ATP. Une insuffisance d'ATP diminue la régulation du stress des catécholamines, en particulier la norépinéphrine (NE) est réduite car le catabolisme de NE par la S-adénosylméthionine est dépendante de l'ATP (288-290). De plus, la régulation du stress entraîne une forte demande de l'acide folique, de la vitamine B6 et la méthylcobalamine. Les polymorphismes génétiques de COMT et MTHFR influencent la demande individuelle pour ces substances (244, 291).

- **Désintoxication**

Chez l'homme, l'accumulation de toxines environnementales est variable selon les individus du fait des nombreux produits chimiques inorganiques et organiques, l'ensemble représentant la charge corporelle totale (292). Parmi les substances inorganiques, les métaux et leurs sels jouent LE rôle prédominant et pourraient être d'importance pour un patient EHS. Le mercure élémentaire (Hg°) et d'autres métaux lourds comme le plomb (Pb) s'accumulent dans le cerveau (293), en particulier lors d'exposition chronique à faibles doses. Ils peuvent avoir des effets toxiques et peuvent provoquer diverses réactions immunitaires (294, 295). Tandis qu'aucune substance active pour la désintoxication des produits chimiques n'est connue, il existe deux groupes de substances ayant des effets plus spécifiques qui peuvent être utilisés pour la détoxification des métaux.

1. Substances avec des effets physiologiques non spécifiques: glutathion, NAC, l'acide alpha-lipoïque, la vitamine C et le sélénium.
2. Agents chélateurs pour la détoxification des métaux (296-298): les agents chélateurs les plus importants sont le thiosulfate de sodium à 10%, le DMPS (acide 2,3-dimercapto-1-propanesulfonique), le DMSA (acide méso-dimercaptosuccinique), et l'EDTA (acide 2,22,23,232-éthane-1,2-diyl dinitrotetraacetic).

Il convient de noter que ces substances doivent être prescrites seulement par ceux reconnus comme experts dans ce domaine particulier.

Thérapies adjuvantes

1. L'eau potable

Pour des raisons de désintoxication, un apport plus élevé de l'eau potable de haute qualité avec une faible teneur en minéraux et sans CO₂ est nécessaire. La quantité admise varie entre 2,5 à 3,0 L ou 10 à 12 verres par jour.

2. Lumière

La plupart des gens en Europe centrale et septentrionale sont déficitaires en vitamine D. Une exposition suffisante à la lumière naturelle du jour au cours des mois propices à la production de la vitamine D (du printemps à l'automne) est un facteur important. Simultanément, la prévention des lésions actiniques de la peau est nécessaire. Comme supplément à la lumière naturelle, une thérapie par la lumière et les lasers de puissance faible peut favoriser la guérison, réduire l'inflammation, stimuler la circulation, et améliorer la production d'ATP cellulaire.

3. Sauna

La sauna et l'hyperthermie thérapeutique sont des traitements adjuvants pour la désintoxication de tous les xénobiotiques. Ces thérapies doivent être utilisées avec précaution. Une interaction avec des médicaments qui détoxifient peut se produire. La sauna aide à régénérer la tétrahydrobioptérine à partir de la dihydrobioptérine, ce qui est essentiel pour le métabolisme des catécholamines et de la sérotonine (299). Cependant, toutes les saunas ne se ressemblent pas. Les saunas traditionnelles ou les saunas infrarouges avec faibles émissions de champs magnétiques et électriques, sans colle toxique et sans bois traité chimiquement, sont recommandées.

4. Oxygène

Une partie des patients atteints d'EHS souffrent de dysfonctionnement mitochondrial. Une oxygénation naturelle suffisante est utile. L'hypoxie comme l'oxygénothérapie hyperbare peuvent toutes les deux produire un stress oxydatif, aussi l'oxygénothérapie hyperbare ne doit-elle être effectuée que si les patients sont traités simultanément avec des antioxydants suffisants.

5. Exercice

La quantité optimale d'exercice est encore en discussion. La capacité physique d'une personne doit être évaluée par ergométrie afin de prescrire un régime d'exercice individuel. L'expérience de la médecine environnementale démontre que les personnes malades ne doivent faire des exercices aérobiques qu'à un faible régime. En général, commencer par une charge de travail de 20 à 30 watts qui peut souvent monter jusqu'à 60 à 70 watts. Un exercice avec ergomètre permet un meilleur contrôle de la consommation d'énergie par rapport à la marche ou à la course. L'exercice ne doit pas créer de fatigue, en tous les cas pas avant une demi-heure.

6. Sommeil

Les problèmes de sommeil sont très fréquents chez les patients EHS. Les troubles du sommeil sont associés à un niveau de mélatonine réduit. Dans le cas d'une inflammation chronique, l'activation de l'IDO (indoleamine-2,3-dioxygénase) réduit la production de la sérotonine et, par conséquent, elle réduit également le taux de mélatonine. L'exposition aux CEM pourrait bloquer l'activité parasympathique alors que l'activité sympathique persiste.

En ce qui concerne les troubles du sommeil, tout traitement doit tenir compte des causes pathogènes. Un sommeil optimal est nécessaire pour économiser de l'énergie et réguler les fonctions des systèmes immunitaire et neuroendocrinien.

7. Protection contre la lumière bleue

Les longueurs d'onde de la lumière visible en-dessous de 500 nm sont appelées "lumière bleue". De faibles doses de lumière bleue peuvent augmenter le sentiment de bien-être, mais de plus grandes quantités peuvent être nocives pour les yeux. Dans la lumière naturelle, les effets néfastes de la "lumière bleue" sont compensés par l'effet régénérateur des couleurs rouge et infrarouge. L'utilisation croissante de sources de lumière électroniques - telles que les tubes fluorescents et les lampes fluocompactes (LFC), écrans d'ordinateur, ordinateurs portables, tablettes, smartphones, et certaines ampoules LED - ont augmenté notre exposition à la "lumière bleue". Cette tendance est soupçonnée de jouer un rôle dans le développement de la dégénérescence maculaire liée à l'âge et le dérèglement circadien par l'inhibition de la mélatonine qui est associée à un risque accru de troubles du sommeil, de l'obésité, du diabète, de la dépression, la maladie cardiaque ischémique, d'accident vasculaire cérébral et du cancer. Une exposition prolongée à la "lumière bleue" artificielle dans la soirée devrait donc être limitée. Des antioxydants, en particulier la mélatonine (300, 301), et des filtres d'écran de lumière bleue (302-304) pourraient être utiles.

8. Exposition aux champs électromagnétiques naturels de la Terre.

La plupart des gens dans les centres urbains sont déconnectés de la terre naturelle/champs magnétiques de la Terre en marchant avec des chaussures à semelles de caoutchouc, en portant des vêtements synthétiques, en voyageant dans des véhicules en métal avec des roues en caoutchouc, et en vivant et travaillant dans des bâtiments en béton qui sont imprégnés de champs électromagnétiques et de radiation artificiels. Passer du temps dans les bois, marcher pieds nus sur une plage, être couché dans l'herbe, assis sur des rochers, ou se promener à l'extérieur après une averse aident la mise-à-terre d'une personne lui permettant ainsi d'équilibrer l'excès d'ions chargés positivement qui sont associés à des problèmes de santé.

Médecine dentaire

La médecine dentaire travaille encore avec des matériaux toxiques ou immunoréactifs, par exemple le mercure, l'oxyde de plomb, l'or et le titane. La médecine environnementale dentaire demande d'éviter l'utilisation de ces matières (305-308). L'élimination des matériaux dentaires toxiques doit avoir lieu dans des conditions de sécurité maximales (éviter l'inhalation!). L'élimination des métaux lourds de l'organisme devrait être particulièrement recommandée. D'une manière générale, les matériaux endoprothèses doivent être inertes par rapport à l'immunoréactivité. Sur la base de notre connaissance actuelle, le dioxyde de zirconium semble être un matériau neutre. Toutefois, une abrasion mécanique de la surface revêtue par le dentiste doit être évitée. Les métaux immunotoxiques présentent une physiopathologie analogue à celle du stress oxydatif, aux pathologies mitochondriales et à l'inflammation.

Coaching du mode de vie

Le coaching du mode de vie peut inclure des exercices équilibrés, la nutrition, la réduction des substances addictives, le changement des habitudes de sommeil, etc. et des mesures de réduction du stress (réduction du stress en général et du stress au travail), ainsi que des méthodes pour augmenter la résistance au stress, par exemple, par un entraînement autogène, du yoga, une relaxation musculaire progressive, des techniques de respiration, de la méditation, du tai-chi et du qi gong.

Traitement des symptômes

Un traitement bien équilibré des symptômes est justifié jusqu'à ce que les causes aient été identifiées et éliminées. Cependant, il est d'une importance capitale de réaliser que la réduction des symptômes ne met pas la personne à l'abri du risque d'une augmentation de la charge environnementale des CEM. Ce risque peut générer d'éventuels futurs effets sur la santé à long terme, y compris des dommages neurologiques et le cancer. Dans ce cas, le médecin traitant est confronté à une tâche éthique très difficile et les risques qui y sont associés doivent être expliqués - d'une manière tout aussi bien équilibrée - au patient concerné. D'un point de vue éthique, le traitement des symptômes est évidemment un très bon départ pour fournir un soulagement immédiat mais, sans réduction simultanée de l'exposition environnementale et sans coaching de mode de vie, il peut se révéler contre-productif sur le long terme. Pour un médecin de formation conventionnelle, cela peut sembler une toute nouvelle forme de raisonnement. C'est pourtant le seul moyen d'atténuer avec succès et efficacement les symptômes et de parvenir à la guérison clinique complète lorsqu'il traite des maladies à multisystèmes chroniques (CMI) et l'EHS. Toutefois, même si les causes ne sont pas connues dès le début, il est important de fournir déjà à ce stade des conseils quant à la façon de réduire l'exposition d'une personne aux champs électromagnétiques et autres facteurs de stress environnementaux pour prévenir d'autres dommages et favoriser la guérison.

Références

1. Hanninen O, Knol AB, Jantunen M, Lim TA, Conrad A, et al. Environmental burden of disease in Europe: assessing nine risk factors in six countries. *Environ Health Perspect* 2014;122(5):439-46.
2. Bundespsychotherapeutenkammer. BPtK-Studie zur Arbeitsun-fähigkeit - Psychische Erkrankungen und Burnout [Internet]. Berlin (DE): Bundespsychotherapeutenkammer, 2012:29. Report 2012. Available at: http://www.bptk.de/uploads/ media/20120606_AU-Studie-2012.pdf.
3. Bundespsychotherapeutenkammer. BPtK-Studie zur Arbeits- und Erwerbsunfähigkeit - Psychische Erkrankungen und gesundheitsbedingte Frühverrentung [Internet]. Berlin (DE): Bundespsychotherapeutenkammer, 2013:66. Report 2013. Available at: http://www.bptk.de/uploads/media/20140128_ BPtK-Studie_zur_Arbeits- und_Erwerbsunfaehigkeit_2013_1.pdf.
4. Fritze J. Psychopharmaka-Verordnungen: Ergebnisse und Kommentare zum Arzneiverordnungsreport 2011. *Psychopharmakotherapie* 2011;18:245-56.
5. Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte. Erstmals seit 20 Jahren kein Anstieg beim Methylphenidat-Verbrauch [Internet]. Bonn (DE): Bundesinstitut für Arzneimittel und Mediz- inprodukte, 2014 Apr 1. Pressemitteilung Nummer 05/14; Available at: <https://www.bfarm.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/mitteil2014/pm05-2014.html>.
6. Badura B, Ducki A, Schroder H, Klose J, Meyer M, editors. Fehlzeiten-Report 2012. Berlin, Heidelberg (DE): Springer Verlag, 2012:528pp.
7. OECD. Health at a Glance 2013: OECD Indicators [Internet]. Paris (FR): OECD Publishing, 2013:212 p. DOI: 10.1787/health_glance-2013-en. Available at: http://dx.DOI.org/10.1787/health_glance-2013-en.
8. Pawankar R, Canonica GW, Holgate ST, Lockey RF, editors. WAO White book on Allergy 2011-2012 [Internet]. Milwaukee, WI (US): World Allergy Organization, 2013:228. Available at: <http://www.worldallergy.org/UserFiles/file/WAO-White-Book-on-Allergy.pdf>.
9. BioInitiative Working Group, Sage C, Carpenter DO, editors. BioInitiative Report: A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields (ELF and RF) at www.bioinitiative.org, August 31, 2007.
10. BioInitiative Working Group, Sage C, Carpenter DO, editors. BioInitiative Report: A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Radiation at www.bioini- tiative.org, December 31, 2012.
11. Levitt B, Lai H. Biological effects from exposure to electromagnetic radiation emitted by cell tower base stations and other antenna arrays. *Environ Rev* 2010;18:369-95.
12. Pall ML. Scientific evidence contradicts findings and assumptions of Canadian safety panel 6: microwaves act through voltage-gated calcium channel activation to induce biological impacts at non-thermal levels, supporting a paradigm shift for microwave/lower frequency electromagnetic field action. *Rev Environ Health* 2015;30(2):99-116.
13. Binhi VN. Magnetobiology: Underlying Physical Problems. San Diego:

- Academic Press, 2002:1-473.
14. Binhi VN. Principles of electromagnetic biophysics (in Russian). Moscow (RU): Fizmatlit, 2011:1-571.
15. Georgiou CD. Oxidative stress-induced biological damage by low-level EMFs: mechanism of free radical pair electron spin-polarization and biochemical amplification. In: Giuliani L, Soffritti M, editors. Non-thermal effects and mechanisms of interaction between electromagnetic fields and living matter. Bologna (IT): Ramazzini institute, 2010. European Journal of Oncology - Library Vol. 5. pp 63-113. Available at: <http://www.icems.eu/papers.htm?f=/c/a/2009/12/15/MNHJ1B49KH.DTL>.
16. Pall ML. Electromagnetic fields act via activation of voltage-gated calcium channels to produce beneficial or adverse effects. J Cell Mol Med 2013;17(8):958-65.
17. Blank M, Goodman R. Electromagnetic fields stress living cells. Pathophysiology 2009;16(2-3):71-8.
18. Blackman C. Cell phone radiation: evidence from ELF and RF studies supporting more inclusive risk identification and assessment. Pathophysiology 2009;16(2-3):205-16.
19. Hedendahl L, Carlberg M, Hardell L. Electromagnetic hypersensitivity - an increasing challenge to the medical profession. Rev Environ Health 2015;30(4):209-15.
20. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 1998;74(4):494-522.
21. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). Health Phys 2010;99(6):818-36.
22. Belyaev I. Biophysical mechanisms for nonthermal microwave effects. In: Markov M, editor. Electromagnetic fields in biology and medicine. Boca Raton, London, New York: CRC Press 2015:49-68.
23. Belyaev I. Electromagnetic field effects on cells and cancer risks from mobile communication. In: Rosch PJ, editor. Bioelectromagnetic and subtle energy medicine, 2nd ed. Boca Raton, London, New York: CRC Press, 2015:517-39.
24. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer (IARC), 2013:480. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol 102. Available at: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol102/>.
25. Vecchia P. ICNIRP and international standards. London (GB): Conference EMF and Health, 2008:28. Available at: http://archive.radiationresearch.org/conference/downloads/021145_vecchia.pdf.
26. Panagopoulos DJ, Johansson O, Carlo GL. Evaluation of specific absorption rate as a dosimetric quantity for electromagnetic fields bioeffects. PLoS One 2013;8(6):e62663.
27. Belyaev I. Dependence of non-thermal biological effects of microwaves on physical and biological variables: implications for reproducibility and safety standards [Internet]. In: Giuliani L, Soffritti M, editors. Non-thermal effects and mechanisms of interaction between electromagnetic fields and living matter. Bologna (IT): Ramazzini institute, 2010. European Journal of Oncology - Library Vol. 5. pp 187-218. Available at: <http://www.icems.eu/papers.htm>

- f=/c/a/2009/12/15/MNHJ1B49KH.DTL.
28. Grigoriev YG, Stepanov VS, Nikitina VN, Rubtcova NB, Shafirkin AV, et al. ISTC Report. Biological effects of radiofrequency electromagnetic fields and the radiation guidelines. Results of experiments performed in Russia/Soviet Union. Moscow: Institute of Biophysics, Ministry of Health, Russian Federation, 2003.
 29. SanPiN 2.2.4/2.1.8. Radiofrequency electromagnetic radiation (RF EMR) under occupational and living conditions. Moscow: Minzdrav. [2.2.4/2.1.8.055-96] 1996.
 30. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer (IARC), 2002:445. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, VOL 80. Available at: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol80/>.
 31. Oberfeld G. Precaution in Action - Global Public Health Advice Following BioInitiative 2007. In Sage C, Carpenter DO, editors. BioInitiative Report 2012: A Rationale for a Biologically based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields (ELF and RF), 2012. Available at: <http://www.bioinitiative.org>.
 32. International Commission for electromagnetic safety (ICEMS), Resolutions. Available at: <http://www.icems.eu/resolution.htm>.
 33. Radiofrequency electromagnetic radiation and the health of Canadians. Report of the Standing Committee on Health, JUNE 2015, Parliament of Canada, Ottawa, Ontario. Available at: <http://www.parl.gc.ca/content/hoc/Committee/412/HESA/Reports/RP8041315/hesarp13/hesarp13-e.pdf>.
 34. Havas M. International expert's Perspective on the Health Effects of Electromagnetic Fields (EMF) and Electromagnetic Radiation (EMR) [Internet]. Peterborough, ON, (CD): 2011 June 11 (updated 2014 July). Available at: <http://www.magdahavas.com/international-experts-perspective-on-the-health-effects-of-electromagnetic-fields-emf-and-electromagnetic-radiation-emr/>.
 35. European Environmental Agency. Radiation risk from everyday devices assessed [Internet]. Copenhagen (DK): 2007 Sept 17. Available at: <http://www.eea.europa.eu/highlights/radiation-risk-from-everyday-devices-assessed>.
 36. European Environmental Agency. Health risks from mobile phone radiation - why the experts disagree [Internet]. Copenhagen (DK): 2011 Oct 12. Available at: <http://www.eea.europa.eu/highlights/health-risks-from-mobile-phone>.
 37. European Environmental Agency. Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation [Internet]. Copenhagen (DK): 2013 Jan 23. EEA Report No 1/2013. Available at: <http://www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2>.
 38. EU Parliament. Report on health concerns associated with electromagnetic fields. Brussels (BE): Committee on the Environment, Public Health and Food Safety of the European Parliament. Rapporteur: Frederique Ries (2008/2211(INI)) [Internet]. Available at: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A6-2009-0089+0+DOC+PDF+V0//EN>.
 39. EU Parliament. European Parliament resolution of 2 April 2009 on health concerns associated with electromagnetic fields [Internet]. Brussels (BE): European Parliament, 2009 Apr 2. Available at:

- <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P6-TA-2009-0216+0+DOC+XML+V0//EN>.
40. Fragopoulou A, Grigoriev Y, Johansson O, Margaritis LH, Morgan L, et al. Scientific panel on electromagnetic field health risks: consensus points, recommendations, and rationales. *Environ Health* 2010;25(4):307-17.
 41. Gesichtspunkte zur aktuellen gesundheitlichen Bewertung des Mobilfunks. Empfehlung des Obersten Sanitätsrates. Ausgabe 05/14; Bundesministerium für Gesundheit. Vienna (AT). Available at: http://www.bmg.gv.at/cms/home/attachments/1/9/2/CH1238/CMS1202111739767/mobilfunk_osr_empfehlungen.pdf.
 42. Council of Europe - Parliamentary Assembly. The potential dangers of electromagnetic fields and their effect on the environment. Resolution, Doc. 1815, Text adopted by the Standing Committee, acting on behalf of the Assembly, on 27 May 2011 [Internet]. Available at: <http://assembly.coe.int/nw/xml/XRef/Xref-XML2HTML-en.asp?fileid=17994&lang=en>.
 43. Dean AL, Rea WJ. American Academy of Environmental Medicine Recommendations Regarding Electromagnetic and Radiofrequency Exposure [Internet]. Wichita, KS (US): Executive Committee of the American Academy of Environmental Medicine, 2012 July 12. Available at: <https://www.aeonline.org/pdf/AAEMEMFmedicalconditions.pdf>.
 44. Federal Public Service (FPS) Health, Food Chain Safety and Environment. Mobile phones and children-New regulation for the sale of mobile phones as of 2014 [Internet]. Brussels (BE): Federal Public Service (FPS) Health, Food Chain Safety and Environment, 2016 Jan 12. Available at: <http://www.health.belgium.be/en/mobile-phones-and-children>.
 45. Assemblée Nationale. PROPOSITION DE LOI relative a la sobriete, a la transparence, a l'information et a la concertation en matiere d'exposition aux ondes electromagnetiques. Paris (FR): Assemblée Nationale, France, 2015 Jan 29. Available at: <http://www.assemblee-nationale.fr/14/pdf/ta/ta0468.pdf>.
 46. Blank M, Havas M, Kelley E, Lai H, Moskowitz JM. International EMF Scientist Appeal [Internet]. 2015 May 11. Available at: <https://www.emfscientist.org/index.php/emf-scientist-appeal>.
 47. International Scientific Declaration on Electromagnetic Hyper-sensitivity and Multiple Chemical Sensitivity. Following the 5th Paris Appeal Congress that took place on the 18th of May, 2015 at the Royal Academy of Medicine, Brussels, Belgium. Available at: <http://appel-de-paris.com/wp-content/uploads/2015/09/Statement-EN.pdf>
 48. Wertheimer N, Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidemiol* 1979;109(3):273-84.
 49. Robinette CD, Silverman C, Jablon S. Effects upon health of occupational exposure to microwave radiation (radar). *Am J Epidemiol* 1980;112:39-53.
 50. Ahlbom A, Day N, Feychting M, Roman E, Skinner J, et al. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer* 2000;83(5):692-8.
 51. Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, Poole C, Kelsh MA. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. Childhood Leukemia-EMF Study Group. *Epidemiology* 2000;11(6):624-34.
 52. Kheifets L, Ahlbom A, Crespi CM, Draper G, Hagihara J, et al. Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer* 2010;103(7):1128-35.

53. Zhao L, Liu X, Wang C, Yan K, Lin X, et al. Magnetic fields exposure and childhood leukemia risk: a meta-analysis based on 11,699 cases and 13,194 controls. *Leuk Res* 2014;38(3):269-74.
54. Yang Y, Jin X, Yan C, Tian Y, Tang J, et al. Case-only study of interactions between DNA repair genes and low-frequency electromagnetic fields in childhood acute leukemia. *Leuk Lymphoma* 2008;29(12):2344.
55. Kundi M. Evidence for childhood cancers (Leukemia). In: Sage C, Carpenter DO, editors. *The BioInitiative Report 2012. A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields (ELF and RF)*, 2012, <http://www.bioinitiative.org/>.
56. Sage C. Summary for the public. In: Sage C, Carpenter DO, editors. *The BioInitiative Report 2012. A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields (ELF and RF)*, 2012. Available at: <http://www.bioinitiative.org/>.
57. Hardell L, Nasman A, Pahlson A, Hallquist A, Hansson Mild K. Use of cellular telephones and the risk for brain tumours: a case-control study. *Int J Oncol* 1999;15(1):113-6.
58. Coureau G, Bouvier G, Lebaillly P, Fabbro-Peray P, Gruber A, et al. Mobile phone use and brain tumours in the CERENAT case-control study. *Occup Environ Med* 2014;71(7):514-22.
59. Hardell L, Carlberg M, Soderqvist F, Mild KH. Case-control study of the association between malignant brain tumours diagnosed between 2007 and 2009 and mobile and cordless phone use. *Int J Oncol* 2013;43(6):1833-45.
60. Hardell L, Carlberg M, Soderqvist F, Mild KH. Pooled analysis of case-control studies on acoustic neuroma diagnosed 1997-2003 and 2007-2009 and use of mobile and cordless phones. *Int J Oncol* 2013;43(4):1036-44.
61. Hardell L, Carlberg M. Using the Hill viewpoints from 1965 for evaluating strengths of evidence of the risk for brain tumors associated with use of mobile and cordless phones. *Rev Environ Health* 2013;28:97-106.
62. Carlberg M, Hardell L. Decreased survival of glioma patients with astrocytoma grade IV (glioblastoma multiforme) associated with long-term use of mobile and cordless phones. *Int J Environ Res Public Health* 2014;11(10):10790-805.
63. Hardell L, Carlberg M. Mobile phone and cordless phone use and the risk for glioma - Analysis of pooled case-control studies in Sweden, 1997-2003 and 2007-2009. *Pathophysiology* 2015;22(1):1-13.
64. West JG, Kapoor NS, Liao SY, Chen JW, Bailey L, et al. Multifocal breast cancer in young women with prolonged contact between their breasts and their cellular phones. *Case Rep Med* 2013;2013:354682.
65. Levis AG, Gennaro V, Garbisa S. Business bias as usual: the case of electromagnetic pollution. In: Elsner W, Frigato P, Ramazzotti P, editors. *Social Costs Today. Institutional Economics and Contemporary Crises*. London and New York: Routledge (Taylor & Francis Group), 2012:225-68.
66. Lai H. Genetic Effects of Non-Ionizing Electromagnetic Fields Bioinitiative 2012: A Rationale for a Biologically based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields (ELF and RF). Sage C and Carpenter DO. <http://www.bioinitiative.org/>: 1-59.
67. Huss A, Egger M, Hug K, Huwiler-Müntener K, Rösli M. Source of funding and results of studies of health effects of mobile phone use: systematic review of experimental studies. *Cien Saude Colet* 2008;13(3):1005-12.
68. Apollonio F, Liberti M, Paffi A, Merla C, Marracino P, et al. Feasibility for

- microwaves energy to affect biological systems via nonthermal mechanisms: a systematic approach. *IEEE Trans Microw Theory Tech* 2013;61(5):2031-45.
69. Cucurachi S, Tamis WL, Vijver MG, Peijnenburg WJ, Bolte JF, et al. A review of the ecological effects of radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF). *Environ Int* 2013;51:116-40.
70. Belyaev IY, Alipov YD, Harms-Ringdahl M. Effects of weak ELF on E-coli cells and human lymphocytes: role of genetic, physiological, and physical parameters. In: Bersani F, editor. *Electricity and magnetism in biology and medicine*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publ, 1999:481-4.
71. Belyaev IY, Alipov ED. Frequency-dependent effects of ELF magnetic field on chromatin conformation in *Escherichia coli* cells and human lymphocytes. *Biochim Biophys Acta* 2001;1526(3):269-76.
72. Sarimov R, Alipov ED, Belyaev IY. Fifty hertz magnetic fields individually affect chromatin conformation in human lymphocytes: dependence on amplitude, temperature, and initial chromatin state. *Bioelectromagnetics* 2011;32(7):570-9.
73. Belyaev IY, Hillert L, Protopopova M, Tamm C, Malmgren LO, et al. 915 MHz microwaves and 50 Hz magnetic field affect chromatin conformation and 53BP1 foci in human lymphocytes from hypersensitive and healthy persons. *Bioelectromagnetics* 2005;26(3):173-84.
74. Markovà E, Hillert L, Malmgren L, Persson BR, Belyaev IY. Microwaves from GSM Mobile Telephones Affect 53BP1 and gamma-H2AX Foci in Human Lymphocytes from Hypersensitive and Healthy Persons. *Environ Health Perspect* 2005;113(9):1172-7.
75. Belyaev IY, Markovà E, Hillert L, Malmgren LO, Persson BR. Microwaves from UMTS/GSM mobile phones induce long-lasting inhibition of 53BP1/g-H2AX DNA repair foci in human lymphocytes. *Bioelectromagnetics* 2009;30(2):129-41.
76. Sarimov R, Malmgren LO, Markova E, Persson BR, Belyaev IY. Nonthermal GSM microwaves affect chromatin conformation in human lymphocytes similar to heat shock. *IEEE Trans Plasma Sci* 2004;32(4):1600-8.
77. Markovà E, Malmgren LOG, Belyae IY. Microwaves from mobile phones inhibit 53BP1 focus formation in human stem cells more strongly than in differentiated cells: possible mechanistic link to cancer risk. *Environ Health Perspect* 2010;118(3):394-9.
78. World Health Organization (WHO). Radiofrequency and microwaves. *Environmental Health Criteria* 16, Geneva (CH): WHO, 1981. Available at: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc016.htm>.
79. World Health Organization (WHO). Extremely low frequency (ELF) fields. *Environmental Health Criteria* 35, Geneva (CH): WHO, 1984. Available at: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc35.htm>.
80. Haynal A, Regli F. Zusammenhang der amyotrophischen Lateralsklerose mit gehäuften Elektrotraumata [Amyotrophic lateral sclerosis associated with accumulated electric injury]. *Confin Neurol* 1964;24:189-98.
81. Şahin A, Aslan A, Baş O, İkinci A, Özyılmaz C, et al. Deleterious impacts of a 900-MHz electromagnetic field on hippocampal pyramidal neurons of 8-week-old Sprague Dawley male rats. *Brain Res* 2015;1624:232-8.
82. Schliephake E. Arbeitsergebnisse auf dem Kurzwellengebiet [Work results in the area of short waves]. *Dtsch Med Wochen-schr* 1932;58(32):1235-41.
83. Sadchikova MN. State of the nervous system under the influence of UHF. In:

- Letavet AA, Gordon ZV, editors. The biological action of ultrahigh frequencies. Moscow: Academy of Medical Sciences, 1960:25-9.
84. Von Klitzing L. Low-frequency pulsed electromagnetic fields influence EEG of man. *Phys Medica* 1995;11:77-80.
 85. Reiser H, Dimpfel W, Schober F. The influence of electromagnetic fields on human brain activity. *Eur J Med Res* 1995;1(1):27-32.
 86. Röschke J, Mann K. No short-term effects of digital mobile radio telephone on the awake human electroencephalogram. *Bioelectromagnetics* 1997;18(2):172-6.
 87. Hietanen M, Kovala T, Hamalainen AM. Human brain activity during exposure to radiofrequency fields emitted by cellular phones. *Scand J Work Environ Health* 2000;26(2):87-92.
 88. Croft R, Chandler J, Burgess A, Barry R, Williams J, et al. Acute mobile phone operation affects neural function in humans. *Clin Neurophysiol* 2002;113(10):1623-32.
 89. Kramarenko AV, Tan U. Effects of high-frequency electromagnetic fields on human EEG: a brain mapping study. *Int J Neurosci* 2003;113(7):1007-19.
 90. Vecchio F, Babiloni C, Ferreri F, Curcio G, Fini R, et al. Mobile phone emission modulates interhemispheric functional coupling of EEG alpha rhythms. *Eur J Neurosci* 2007;25(6):1908-13.
 91. Vecchio F, Babiloni C, Ferreri F, Buffo P, Cibelli G, et al. Mobile phone emission modulates inter-hemispheric functional coupling of EEG alpha rhythms in elderly compared to young subjects. *Clin Neurophysiol* 2010;121(2):163-71.
 92. Vecchio F, Buffo P, Sergio S, Iacoviello D, Rossini PM, et al. Mobile phone emission modulates event-related desynchronization of α rhythms and cognitive-motor performance in healthy humans. *Clin Neurophysiol* 2012;123(1):121-8.
 93. Perentos N, Croft RJ, McKenzie RJ, Cvetkovic D, Cosic I. The effect of GSM-like ELF radiation on the alpha band of the human resting EEG. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2008;1:5680-3.
 94. Trunk A, Stefanics G, Zentai N, Kovács-Bálint Z, Thuróczy G, et al. No effects of a single 3G UMTS mobile phone exposure on spontaneous EEG activity, ERP correlates, and automatic deviance detection. *Bioelectromagnetics* 2013;34(1):31-42.
 95. Ghosn R, Yahia-Cherif L, Hugueville L, Ducorps A, Lemarechal JD, et al. Radiofrequency signal affects alpha band in resting electroencephalogram. *J Neurophysiol* 2015;113(7):2753-9.
 96. Roggeveen S, van Os J, Viechtbauer W, Lousberg R. EEG changes due to experimentally induced 3G mobile phone radiation. *PloS One* 2015;10(6):e0129496.
 97. Freude G, Ullsperger P, Eggert S, Ruppe I. Effects of microwaves emitted by cellular phones on human slow brain potentials. *Bioelectromagnetics* 1998;19(6):384-7.
 98. Freude G, Ullsperger P, Eggert S, Ruppe I. Microwaves emitted by cellular telephones affect human slow brain potentials. *Eur J Appl Physiol* 2000;81(1-2):18-27.
 99. Hladky A, Musil J, Roth Z, Urban P, Blazkova V. Acute effects of using a mobile phone on CNS functions. *Cent Eur J Public Health* 1999;7(4):165-7.
 100. Hamblin DL, Wood AW, Croft RJ, Stough C. Examining the effects of electromagnetic fields emitted by GSM mobile phones on human event-related potentials and performance during an auditory task. *Clin Neurophysiol*

- 2004;115(1):171-8.
101. Yuasa K, Arai N, Okabe S, Tarusawa Y, Nojima T, et al. Effects of thirty minutes mobile phone use on the human sensory cortex. *Clin Neurophysiol* 2006;117:900-5.
102. Bak M, Dudarewicz A, Zmyślony M, Sliwinska-Kowalska M. Effects of GSM signals during exposure to event related potentials (ERPs). *Int J Occup Med Environ Health* 2010;23(2):191-9.
103. Maganioti AE, Hountala CD, Papageorgiou CC, Kyprianou MA, Rabavilas AD, et al. Principal component analysis of the P600 waveform: RF and gender effects. *Neurosci Lett* 2010;478(1):19-23.
104. Trunk A, Stefanics G, Zentai N, Bacsakay I, Felinger A, et al. Lack of interaction between concurrent caffeine and mobile phone exposure on visual target detection: an ERP study. *Pharmacol Biochem Behav* 2014;124:412-20.
105. Mann K, Röschke J. 1996. Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on human sleep. *Neuropsychobiology* 1996;33(1):41-7.
106. Borbely AA, Huber R, Graf T, Fuchs B, Gallmann E, et al. Pulsed high-frequency electromagnetic field affects human sleep and sleep electroencephalogram. *Neurosci Lett* 1999;275(3):207-10.
107. Huber R, Graf T, Cote KA, Wittmann L, Gallmann E, et al. Exposure to pulsed high-frequency electromagnetic field during waking affects human sleep EEG. *Neuroreport* 2000;11(15):3321-5.
108. Huber R, Treyer V, Borbely AA, Schuderer J, Gottselig JM, et al. Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and waking EEG. *J Sleep Res* 2002;11:289-95.
109. Huber R, Schuderer J, Graf T, Jutz K, Borbely AA, et al. Radio frequency electromagnetic field exposure in humans: Estimation of SAR distribution in the brain, effects on sleep and heart rate. *Bioelectromagnetics* 2003;24(4):262-76.
110. Regel SJ, Tinguely G, Schuderer J, Adam M, Kuster N, et al. Pulsed radio-frequency electromagnetic fields: dose-dependent effects on sleep, the sleep EEG and cognitive performance. *J Sleep Res* 2007;16(3):253-8.
111. Fritzer G, Göder R, Friege L, Wachter J, Hansen V, et al. Effects of short- and long-term pulsed radiofrequency electromagnetic fields on night sleep and cognitive functions in healthy subjects. *Bioelectromagnetics* 2007;28(4):316-25.
112. Lowden A, Akerstedt T, Ingre M, Wiholm C, Hillert L, et al. Sleep after mobile phone exposure in subjects with mobile phone-related symptoms. *Bioelectromagnetics* 2011;32(1):4-14.
113. Loughran SP, McKenzie RJ, Jackson ML, Howard ME, Croft RJ. Individual differences in the effects of mobile phone exposure on human sleep: rethinking the problem. *Bioelectromagnetics* 2012;33(1):86-93.
114. Schmid MR, Loughran SP, Regel SJ, Murbach M, Bratic Grunauer A, et al. Sleep EEG alterations: effects of different pulse-modulated radio frequency electromagnetic fields. *J Sleep Res* 2012;21(1):50-58.
115. Schmid MR, Murbach M, Lustenberger C, Maire M, Kuster N, et al. Sleep EEG alterations: effects of pulsed magnetic fields versus pulse-modulated radio frequency electromagnetic fields. *J Sleep Res* 2012;21(6):620-9.
116. Nakatani-Enomoto S, Furubayashi T, Ushiyama A, Groiss SJ, Ueshima K, et al. Effects of electromagnetic fields emitted from W-CDMA-like mobile phones on sleep in humans. *Bioelectromagnetics* 2013;34(8):589-8.
117. Lustenberger C, Murbach M, Durr R, Schmid MR, Kuster N, et al. Stimulation of the brain with radiofrequency electromagnetic field pulses affects sleep-

- dependent performance improvement. *Brain Stimul* 2013;6(5):805-11.
118. Lustenberger C, Murbach M, Tüshaus L, Wehrle F, Kuster N, et al. Inter-individual and intra-individual variation of the effects of pulsed RF EMF exposure on the human sleep EEG. *Bioelectromagnetics* 2015;36(3):169-77.
119. Danker-Hopfe H, Dorn H, Bolz T, Peter A, Hansen ML, et al. Effects of mobile phone exposure (GSM 900 and WCDMA/UMTS) on polysomnography based sleep quality: An intra- and inter-individual perspective. *Environ Res* 2015;145:50-60.
120. Preece AW, Iwi G, Davies-Smith A, Wesnes K, Butler S, et al. Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man. *Int J Radiat Biol* 1999;75(4):447-56.
121. Koivisto M, Revonsuo A, Krause C, Haarala C, Sillanmaki L, et al. Effects of 902 MHz electromagnetic field emitted by cellular telephones on response times in humans. *Neuroreport* 2000;11(2):413-5.
122. Edelstyn N, Oldershaw A. The acute effects of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on human attention. *Neuroreport* 2002;13(1):119-21.
123. Lee TM, Lam PK, Yee LT, Chan CC. The effect of the duration of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on human attention. *Neuroreport* 2003;14(10):1361-4.
124. Curcio G, Ferrara M, De Gennaro L, Cristiani R, D'Inzeo G, et al. Time-course of electromagnetic field effects on human performance and tympanic temperature. *Neuroreport* 2004; 15(1):161-4.
125. Schmid G, Sauter C, Stepansky R, Lobentanz IS, Zeitlhofer J. No influence on selected parameters of human visual perception of 1970 MHz UMTS-like exposure. *Bioelectromagnetics* 2005;26(4):243-50.
126. Cinel C, Boldini A, Russo R, Fox E. Effects of mobile phone electromagnetic fields on an auditory order threshold task. *Bioelectromagnetics* 2007;28(6):493-6.
127. Luria R, Eliyahu I, Hareuveny R, Margalio M, Meiran N. Cognitive effects of radiation emitted by cellular phones: the influence of exposure side and time. *Bioelectromagnetics* 2009;30(3):198-204.
128. Leung S, Croft RJ, McKenzie RJ, Iskra S, Silber B, et al. Effects of 2G and 3G mobile phones on performance and electrophysiology in adolescents, young adults and older adults. *Clin Neurophysiol* 2011;122(11):2203-16.
129. Mortazavi SM, Rouintan MS, Taeb S, Dehghan N, Ghaffarpanah AA, et al. Human short-term exposure to electromagnetic fields emitted by mobile phones decreases computer-assisted visual reaction time. *Acta Neurol Belg* 2012;112(2):171-5.
130. Wallace D, Eltiti S, Ridgewell A, Garner K, Russo R, et al. Cognitive and physiological responses in humans exposed to a TETRA base station signal in relation to perceived electromagnetic hypersensitivity. *Bioelectromagnetics* 2012;33(1):23-39.
131. Sauter C, Eggert T, Dorn H, Schmid G, Bolz T, et al. Do signals of a hand-held TETRA transmitter affect cognitive performance, well-being, mood or somatic complaints in healthy young men? Results of a randomized double-blind cross-over provocation study. *Environ Res* 2015;140:85-94.
132. Volkow ND, Tomasi D, Wang GJ, Vaska P, Fowler JS, et al. Effects of cell phone radiofrequency signal exposure on brain glucose metabolism. *JAMA* 2011;305(8):808-13.

133. Kwon MS, Vorobyev V, Kännälä S, Laine M, Rinne JO, et al. GSM mobile phone radiation suppresses brain glucose metabolism. *J Cereb Blood Flow Metab* 2011;31(12):2293-301.
134. Huber R, Treyer V, Schuderer J, Berthold T, Buck A, et al. Exposure to pulse-modulated radio frequency electromagnetic fields affects regional cerebral blood flow. *Eur J Neurosci* 2005;21(4):1000-6.
135. Aalto S, Haarala C, Brück A, Sipilä H, Hämäläinen H, et al. Mobile phone affects cerebral blood flow in humans. *J Cereb Blood Flow Metab* 2006;26(7):885-90.
136. Sienkiewicz ZJ, Blackwell RP, Haylock RG, Saunders RD, Cobb BL. Low-level exposure to pulsed 900 MHz microwave radiation does not cause deficits in the performance of a spatial learning task in mice. *Bioelectromagnetics* 2000;21(3):151-8.
137. Fragopoulou AF, Miltiadous P, Stamatakis A, Stylianopoulou F, Koussoulakos SL, et al. Whole body exposure with GSM 900 MHz affects spatial memory in mice. *Pathophysiology* 2010;17(3):179-87.
138. Aldad TS, Gan G, Gao XB, Taylor HS. Fetal radiofrequency radiation exposure from 800-1900 MHz-rated cellular telephones affects neurodevelopment and behavior in mice. *Sci Re* 2012;2:312.
139. Sharma A, Sisodia R, Bhatnagar D, Saxena VK. Spatial memory and learning performance and its relationship to protein synthesis of Swiss albino mice exposed to 10 GHz microwaves. *Int J Radiat Biol* 2013;90(1):29-35.
140. Shirai T, Imai N, Wang J, Takahashi S, Kawabe M, et al. Multigenerational effects of whole body exposure to 2.14-GHz W-CDMA cellular phone signals on brain function in rats. *Bioelectromagnetics* 2014;35(7):497-511.
141. Hu S, Peng R, Wang C, Wang S, Gao Y, et al. Neuroprotective effects of dietary supplement Kang-fu-ling against high-power microwave through antioxidant action. *Food Funct* 2014;5(9):2243-51.
142. Sokolovic D, Djordjevic B, Kocic G, Babovic P, Ristic G, et al. The effect of melatonin on body mass and behaviour of rats during an exposure to microwave radiation from mobile phone. *Bratisl Lek Listy* 2012;113(5):265-9.
143. Lai H. Neurological effects of non-ionizing electromagnetic fields. In: Sage C, Carpenter DO, editors. *The bioinitiative report 2012, a rationale for a biologically-based public exposure standard for electromagnetic fields (ELF and RF)*, 2012. Available at: <http://www.bioinitiative.org>.
144. Adey WR. Evidence for cooperative mechanisms in the susceptibility of cerebral tissue to environmental and intrinsic electric fields. In: Schmitt FO, Schneider DN, Crothers DM, editors. *Functional linkage in biomolecular systems*. New York: Raven Press, 1975:325-42.
145. Bawin SM, Sheppard AR, Adey WR. Possible mechanisms of weak electromagnetic field coupling in brain tissue. *Bioelectrochem Bioenerg* 1978;5:67-76.
146. Blackman CF, Benane SG, Kinney LS, Joines WT, House DE. Effects of ELF fields on calcium ion efflux from brain tissue in vitro. *Radiat Res* 1982;92:510-20.
147. Adey WR. Tissue interactions with nonionizing electromagnetic fields. *Physiol Rev* 1981;61(2):435-514.
148. Shin EJ, Jeong JH, Kim HJ, Jang CG, Yamada K, et al. Exposure to extremely low frequency magnetic fields enhances locomotor activity via activation of dopamine D1-like receptors in mice. *J Pharmacol Sci* 2007;105(4):367-71.

149. Shin EJ, Nguyen XK, Nguyen TT, Pham DT, Kim HC. Exposure to extremely low frequency magnetic fields induces fos-related antigen-immunoreactivity via activation of dopaminergic D1 receptor. *Exp Neurobiol* 2011;20(3):130-6.
150. Wang LF, Li X, Gao YB, Wang SM, Zhao L, et al. Activation of VEGF/Flk-1-ERK pathway induced blood-brain barrier injury after microwave exposure. *Mol Neurobiol* 2015;52(1): 478-91.
151. Ravera S, Bianco B, Cugnoli C, Panfoli I, Calzia D, et al. Sinusoidal ELF magnetic fields affect acetylcholinesterase activity in cerebellum synaptosomal membranes. *Bioelectromagnetics* 2010;31(4):270-6.
152. Fournier NM, Mach QH, Whissell PD, Persinger MA. Neurodevelopmental anomalies of the hippocampus in rats exposed to weak intensity complex magnetic fields throughout gestation. *Int J Dev Neurosci* 2012;30(6):427-33.
153. Gavalas RJ, Walter DO, Hamner J, Adey WR. Effect of low-level, low-frequency electric fields on EEG and behavior in *Macaca nemestrina*. *Brain Res* 1970;18:491-501.
154. Anderson LE, Phillips ED. Biological effects of electric fields: an overview. In: Gandolfo M, Michaelson S, Rindi A, editors. *Biological effects and dosimetry of static and ELF electromagnetic fields*. New York: Plenum Press, 1984.
155. Balassa T, Szemerszky R, Bárdos G. Effect of short-term 50 Hz electromagnetic field exposure on the behavior of rats. *Acta Physiol Hung* 2009;96(4):437-48.
156. Dimitrijević D, Savić T, Anđelković M, Prolić Z, Janać B. Extremely low frequency magnetic field (50 Hz, 0.5 mT) modifies fitness components and locomotor activity of *Drosophila subobscura*. *Int J Radiat Biol* 2014;90(5):337-43.
157. He LH, Shi HM, Liu TT, Xu YC, Ye KP, et al. Effects of extremely low frequency magnetic field on anxiety level and spatial memory of adult rats. *Chin Med J (Engl)* 2011;124(20):3362-6.
158. Korpınar MA, Kalkan MT, Tuncel H. The 50 Hz (10 mT) sinusoidal magnetic field: effects on stress-related behavior of rats. *Bratisl Lek Listy* 2012;113(9):521-4.
159. Salunke BP, Umathe SN, Chavan JG. Involvement of NMDA receptor in low-frequency magnetic field-induced anxiety in mice. *Electromagn Biol Med* 2014;33(4):312-26.
160. Szemerszky R, Zelena D, Barna I, Bárdos G. Stress-related endocrinological and psychopathological effects of short- and long-term 50Hz electromagnetic field exposure in rats. *Brain Res Bull* 2010;81(1):92-9.
161. Kitaoka K, Kitamura M, Aoi S, Shimizu N, Yoshizaki K. Chronic exposure to an extremely low-frequency magnetic field induces depression-like behavior and corticosterone secretion without enhancement of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in mice. *Bioelectromagnetics* 2013;34(1):43-51.
162. Stevens P. Affective response to 5 microT ELF magnetic field-induced physiological changes. *Bioelectromagnetics* 2007;28(2):109-14.
163. Ross ML, Koren SA, Persinger MA. Physiologically patterned weak magnetic fields applied over left frontal lobe increase acceptance of false statements as true. *Electromagn Biol Med* 2008;27(4):365-71.
164. Nishimura T, Tada H, Guo X, Murayama T, Teramukai S, et al. A 1-μT extremely low-frequency electromagnetic field vs. Sham control for mild-to-moderate hypertension: a double-blind, randomized study. *Hypertens Res* 2011;34(3):372-7.
165. Huss A, Koeman T, Kromhout H, Vermeulen R. Extremely low frequency

- magnetic field exposure and parkinson's disease-a systematic review and meta-analysis of the data. *Int J Environ Res Public Health* 2015;12(7):7348-56.
166. Zhou H, Chen G, Chen C, Yu Y, Xu Z. Association between extremely low-frequency electromagnetic fields occupations and amyotrophic lateral sclerosis: a meta-analysis. *PLoS One* 2012;7(11):e48354.
167. Vergara X, Kheifets L, Greenland S, Oksuzyan S, Cho YS, et al. Occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and neurodegenerative disease: a meta-analysis. *J Occup Environ Med* 2013;55(2):135-46.
168. Kundi M, Hutter HP. Umwelthygienische Bewertung des Berichtes zur Bestimmung der Feldstärken niederfrequenter magnetischer Wechselfelder im Bereich der 110 kV Hochspannungsleitung im Siedlungsbereich der Gemeinde Kottingbrunn von Dr.-Ing. Dietrich Moldan vom 20.8.2014 [Internet]. Kottingbrunn(AT): Gemeinde Kottinbrunn, 2014:69-104. Available at: www.kottingbrunn.or.at/system/web/GetDocument.ashx?fileid=972861.
169. Stam R. Electromagnetic fields and the blood-brain barrier. *Brain Res Rev* 2010;65(1):80-97.
170. Nittby H, Brun A, Strömblad S, Moghadam MK, Sun W, et al. Nonthermal GSM RF and ELF EMF effects upon rat BBB permeability. *Environmentalist* 2011; 31(2):140-8.
171. Salford LG, Nittby H, Persson BRR. Effects of electromagnetic fields from wireless communication upon the blood-brain barrier. In: Sage C, Carpenter DO. *The BioInitiative Report 2012: A Rationale for a Biologically based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields (ELF and RF)*. Available at: <http://www.bioinitiative.org/>: 1-52.
172. Zhou JX, Ding GR, Zhang J, Zhou YC, Zhang YJ, et al. Detrimental effect of electromagnetic pulse exposure on permeability of in vitro blood-brain-barrier model. *Biomed Environ Sci* 2013;26(2):128-37.
173. Tang J, Zhang Y, Yang L, Chen Q, Tan L, et al. Exposure to 900 MHz electromagnetic fields activates the mmp-1/ERK pathway and causes blood-brain barrier damage and cognitive impairment in rats. *Brain Res* 2015;1601:92-101.
174. Masuda H, Hirota S, Ushiyama A, Hirata A, Arima T, et al. No dynamic changes in blood-brain barrier permeability occur in developing rats during local cortex exposure to microwaves. *In Vivo* 2015;29(3):351-7.
175. Sage C. Summary table 1-1. In: Sage C, DO Carpenter (editors.), *The BioInitiative Report 2012: a rationale for a biologically-based public exposure standard for electromagnetic fields (ELF and RF)*, 2012. Available at: <http://www.bioinitiative.org/>.
176. Agarwal A, Deepinder F, Sharma RK, Ranga G, Li J. Effect of cell phone usage on semen analysis in men attending infertility clinic: an observational study. *Fertil Steril* 2008;89(1):124-8.
177. Agarwal A, Desai NR, Makker K, Varghese A, Mouradi R, et al. Effect of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMF) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro study. *Fertil Steril* 2009;92(4):1318-25.
178. Wdowiak A, Wdowiak L, Wiktor H. Evaluation of the effect of using mobile phones on male fertility. *Ann Agric Environ Med* 2007;14(1):169-72.
179. De Iuliis GN, Newey RJ, King BV, Aitken RJ. Mobile phone radiation induces reactive oxygen species production and DNA damage in human spermatozoa in vitro. *PLoS One* 2009;4(7):e6446.
180. Fejes I, Zavacki Z, Szollosi J, Koloszar Daru J, Kovacs L, et al. Is there a relationship between cell phone use and semen quality? *Arch Androl*

- 2005;51(5):385-93.
181. Aitken RJ, Bennetts LE, Sawyer D, Wiklendt AM, King BV. Impact of radio frequency electromagnetic radiation on DNA integrity in the male germline. *Int J Androl* 2005;28(3):171-9.
182. Kumar S, Behari J, Sisodia R. Impact of Microwave at X-Band in the aetiology of male infertility. *Electromagnetic Electromagn Biol Med* 2012;31(3):223-32.
183. Aitken RJ, Koopman P, Lewis SEM. Seeds of concern. *Nature* 2004;432(7013):48-52.
184. Eroglu O, Oztas E, Yildirim I, Kir T, Aydur E, et al. Effects of electromagnetic radiation from a cellular phone on human sperm motility:an in vitro study. *Arch Med Res* 2006;37(7):840-3.
185. Dasdag S. Whole-body microwave exposure emitted by cellular phones and testicular function of rats. *Urol Res* 1999;27(3):219-23.
186. Yan JG, Agresti M, Bruce T, Yan YH, Granlund A, et al. Effects of cellular phone emissions on sperm motility in rats. *Fertil Steril* 2007;88(4):957-64.
187. Otitolaju AA, Obe IA, Adewale OA, Otubanjo OA, Osunkalu VO. Preliminary study on the reduction of sperm head abnormalities in mice, *Mus musculus*, exposed to radiofrequency radiations from global system for mobile communication base stations. *Bull Environ Contam Toxicol* 2010;84(1):51-4.
188. Behari J, Kesari KK. Effects of microwave radiations on reproductive system of male rats. *Embryo Talk* 2006;1(Suppl 1):81-5.
189. Neutra RR, Hristova L, Yost M, Hiatt RA. A nested case-control study of residential and personal magnetic field measures and miscarriages. *Epidemiology* 2002;13(1):21-31.
190. Li DK, Odouli R, Wi S, Janevic T, Golditch I, et al. A population-based prospective cohort study of personal exposure to magnetic fields during pregnancy and the risk of miscarriage. *Epidemiology* 2002;13(1):9-20.
191. Roosli M, Moser M, Baldinini Y, Meier M, Braun-Fahrlander C. Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure - a questionnaire survey. *Int J Hyg Environ Health* 2004;207(2):141-50.
192. Huss A, Kuchenhoff J, Bircher A, Heller P, Kuster H, et al. Symptoms attributed to the environment-a systematic interdisciplinary assessment. *Int J Hyg Environ Health* 2004;207(3):245-54.
193. Huss A, Kuchenhoff J, Bircher A, Niederer M, Tremp J, et al. Elektromagnetische Felder und Gesundheitsbelastungen - Interdisziplinäre Fallabklärungen im Rahmen eines umwelt-medizinischen Beratungsprojektes. *Umweltmed Forsch Prax* 2005;10(1):21-8.
194. Hagstrom M, Auranen J, Ekman R. Electromagnetic hypersensitive Finns: symptoms, perceived sources and treatments, a questionnaire study. *Pathophysiology* 2013;20(2):117-22.
195. Schreier N, Huss A, Roosli M. The prevalence of symptoms attributed to electromagnetic field exposure: a cross-sectional representative survey in Switzerland. *Soz Präventivmed* 2006;51(4):202-9.
196. 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.
197. Ausfeld-Hafter B, Manser R, Kempf D, Brandli I. Komplementärmedizin. Eine Fragebogenerhebung in schweizerischen Arztpraxen mit komplementärmedizinischem Diagnostik- und Therapieangebot. Studie im Auftrag vom Bundesamt für Umwelt. Universität Bern. Kollegiale Instanz für

- Komplementärmedizin (KIKOM) [Internet]. Bern (CH): Bundesamt für Umwelt. 2006 Oct 5. Available at: <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=720>.
198. Leitgeb N, Schrottner J, Bohm M. Does “electromagnetic pollution” cause illness? An inquiry among Austrian general practitioners. *Wien Med Wochenschr* 2005;155(9-10):237-41.
 199. Kato Y, Johansson O. Reported functional impairments of electrohypersensitive Japanese: a questionnaire survey. *Pathophysiology* 2012;19(2):95-100.
 200. Khurana VG, Hardell L, Everaert J, Bortkiewicz A, Carlberg M, et al. Epidemiological evidence for a health risk from mobile phone base stations. *Int J Occup Environ Health* 2010;16(3):263-7.
 201. Carpenter DO. The microwave syndrome or electro-hypersensitivity: historical background. *Rev Environ Health* 2015;30(4):217-22.
 202. World Health Organization. Factsheet Nr. 296, Elektromagnetische Felder und Öffentliche Gesundheit - Elektromagnetische Hypersensitivität (Elektrosensibilität) [Internet]. Genf (CH): WHO, 2005 Dec. Available at: http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/ehs_fs_296_german.pdf.
 203. Tresidder A, Bevington M. Electrosensitivity: sources, symptoms, and solutions. In: Rosch PJ, editor. *Bioelectromagnetic and subtle energy medicine*, 2nd ed. Boca Raton, FL, (USA): CRC Press, Taylor & Francis Group Version Date: 20141107, ISBN-13: 978-1-4822-3320-9 (eBook - PDF).
 204. Genuis SJ, Lipp CT. Electromagnetic hypersensitivity: fact or fiction? *Sci Total Environ* 2012;414:103-12.
 205. Johansson O, Liu P-Y. “Electrosensitivity”, “electrosupersensitivity” and “screen dermatitis”: preliminary observations from on-going studies in the human skin. In: Simunic D, editor. *Proceedings of the COST 244: Biomedical Effects of Electromagnetic Fields - Workshop on Electromagnetic Hypersensitivity*. Brussels/Graz: EU/EC (DG XIII) 1995:52-57.
 206. Johansson O, Gangi S, Liang Y, Yoshimura K, Jing C, et al. Cutaneous mast cells are altered in normal healthy volunteers sitting in front of ordinary TVs/PCs - results from open-field provocation experiments. *J Cutan Pathol* 2001;28(10):513-9.
 207. Belpomme D, Campagnac C, Irigaray P. Reliable disease biomarkers characterizing and identifying electrohypersensitivity and multiple chemical sensitivity as two etiopathogenic aspects of a unique pathological disorder. *Rev Environ Health* 2015;30(4):251-71.
 208. Regel SJ, Negovetic S, Roosli M, Berdinas V, Schuderer J, et al. UMTS base station-like exposure, well-being, and cognitive performance. *Environ Health Perspect* 2006;114(8):1270-5.
 209. Zwamborn APM, Vossen SHJA, van Leersum BJAM, Ouwens MA, Makel WN. Effects of global communication system radiofrequency fields on well being and cognitive functions of human subjects with and without subjective complaints. The Hague (NL): TNO Physics and Electronics Laboratory, 2003 Sept, 86p. TNO-report FEL-03-C148. Available at: https://www.salzburg.gv.at/gesundheit_/Documents/tno-fel_report_03148_definitief.pdf.
 210. Eltiti S, Wallace D, Ridgewell A, Zougkou K, Russo R, et al. Does short-term exposure to mobile phone base station signals increase symptoms in individuals who report sensitivity to electromagnetic fields? A double-blind randomized provocation study. *Environ Health Perspect* 2007;115(11):1603-8.

211. McCarty DE, Carrubba S, Chesson AL, Frilot C, Gonzalez-Toledo E, et al. Electromagnetic hypersensitivity: evidence for a novel neurological syndrome. *Int J Neurosci* 2011;121(12):670-6.
212. Havas M, Marrongelle J, Pollner B, Kelley E, Rees CR, et al. Provocation study using heart rate variability shows microwave radiation from 2.4 GHz cordless phone affects autonomic nervous system [Internet]. In: Giuliani L, Soffritti M, editors. *Non-thermal effects and mechanisms of interaction between electromagnetic fields and living matter*. Bologna (IT): Ramazzini institute, 2010. *European Journal of Oncology - Library* Vol. 5. pp 187-218. Available at: <http://www.icems.eu/papers.htm?f=/c/a/2009/12/15/MNHJ1B49KH.DTL>.
213. Havas M. Radiation from wireless technology affects the blood, the heart, and the autonomic nervous system. *Rev Environ Health* 2013;28(2-3):75-84.
214. Tuengler A, von Klitzing L. Hypothesis on how to measure electromagnetic hypersensitivity. *Electromagn Biol Med* 2013;32(3):281-90.
215. Klitzing L. Einfluss elektromagnetischer Felder auf kardiovaskuläre Erkrankungen. *umwelt medizin gesellschaft* 2014;27(1):17-21.
216. Santini R, Santini P, Danze JM, Le Ruz P, Seigne M. Investigation on the health of people living near mobile telephone relay stations: I/Incidence according to distance and sex. *Pathol Biol (Paris)* 2002;50(6):369-73.
217. Navarro EA, Segura J, Portoles M, Gomez-Perretta de Mateo C. The microwave syndrome: a preliminary study in Spain. *Electromagn Biol Med* 2003;22(2-3):161-9.
218. Hutter HP, Moshhammer H, Wallner P, Kundi M. Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. *Occup Environ Med* 2006;63(5):307-13.
219. Abdel-Rassoul G, El-Fateh OA, Salem MA, Michael A, Farahat F, et al. Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone base stations. *Neurotoxicology* 2007;28(2):434-40.
220. Blettner M, Schlehofer B, Breckenkamp J, Kowall B, Schmiedel S, et al. Mobile phone base stations and adverse health effects: phase 1 of a population-based, cross-sectional study in Germany. *Occup Environ Med* 2009;66(2):118-23.
221. Molla-Djafari H, Witke J, Poinstingl G, Brezansky A, Hutter HP, et al. *Leitfaden Senderbau -Vorsorgeprinzip bei Errichtung, Betrieb, Um- und Ausbau von ortsfesten Sendeanlagen*. Wien (AT): Ärztinnen und Ärzte für eine gesunde Umwelt e.V. (Hrsg.), 2014 Oct. 2. Auflage, 42 p, Available at: www.aegu.net/pdf/Leitfaden.pdf.
222. Milham S, Stetzer D. Dirty electricity, chronic stress, neurotransmitters and disease. *Electromagn Biol Med* 2013;32(4):500-7.
223. Blackman C. Evidence for disruption by the modulating signal. In: Sage C, Carpenter DO, editors. *The bioInitiative report 2007: a rationale for a biologically-based public exposure standard for electromagnetic fields (ELF and RF)*, 2007. Available at: <http://www.bioinitiative.org/>.
224. Belyaev I. Evidence for disruption by modulation: role of physical and biological variables in bioeffects of non-thermal microwaves for reproducibility, cancer risk and safety standards. In: Sage C, Carpenter DO, editors. *BioInitiative report 2012: a rationale for a biologically based public exposure standard for electromagnetic fields (ELF and RF)*, 2012, Available at: <http://www.bioinitiative.org/>.
225. Matronchik AI, Belyaev IY. Mechanism for combined action of microwaves and static magnetic field: slow non uniform rotation of charged nucleoid.

- Electromagn Biol Med 2008;27:340-54.
226. Binhi VN, Alipov YD, Belyaev IY. Effect of static magnetic field on E. coli cells and individual rotations of ion-protein complexes. *Bioelectromagnetics* 2001;22(2):79-86.
 227. Première reconnaissance d'un handicap dû à l'électrosensibilité en France. *Le Monde fr avec AFP* 25.08.2015. Available at: http://www.lemonde.fr/planete/article/2015/08/25/premiere-reconnaissance-en-justice-d-un-handicap-du-a-l-electrosensibilite_4736299_3244.html.
 228. Abelous D. France has its first radiation-free refuge in the Drome [Internet]. *EURRE/Drome (FR): Agence France Presse (AFP)*, 2009 Oct 9. Available at: http://www.next-up.org/pdf/AFP_France_has_its_first_radiation_free_refuge_in_the_Drome_09_10_2009.pdf.
 229. Ecoforma. Mit einem schadstofffreiem Haus gegen Schlafprobleme [Internet]. *Sarleinsbach (AT): Ecoforma*, 2014 Sept 9. Available at: <http://www.ecoforma.co.at/holzbau-ecobaulehrbaustelle/>.
 230. Friedmann J, Kraus S, Hauptmann Y, Schiff Y, Seger R. Mechanism of short-term ERK activation by electromagnetic fields at mobile phone frequencies. *Biochem J* 2007;405(3):559-68.
 231. Simko M. Cell type specific redox status is responsible for diverse electromagnetic field effects. *Curr Med Chem* 2007;14(10):1141-52.
 232. Pall ML. Explaining "Unexplained Illnesses": disease paradigm for chronic fatigue syndrome, multiple chemical sensitivity, fibromyalgia, post-traumatic stress disorder, Gulf War Syndrome, and others. New York, NY (US), London (GB): Harrington Park Press/Haworth Press, 2007, ISBN 978-0-7890-2388-9.
 233. Bedard K, Krause KH. The NOX Family of ROS-Generating NADPH oxidases: physiology and pathophysiology. *Physiol Rev* 2007;87(1):245-313.
 234. Pacher P, Beckman JS, Liaudet L. Nitric oxide and peroxynitrite in health and disease. *Physiol Rev* 2007;87(1):315-424.
 235. Desai NR, Kesari KK, Agarwal A. Pathophysiology of cell phone radiation: oxidative stress and carcinogenesis with focus on male reproductive system. *Reprod Biol Endocrinol* 2009;7:114.
 236. Straub RH, Cutolo M, Buttgereit F, Pongratz G. Energy regulation and neuroendocrine-immune control in chronic inflammatory diseases. *J Intern Med* 2010;267(6):543-60.
 237. Gye MC, Park CJ. Effect of electromagnetic field exposure on the reproductive system. *Clin Exp Reprod Med* 2012;39(1):1-9.
 238. Yakymenko I, Tsybulin O, Sidorik E, Henshel D, Kyrylenko O, et al. Oxidative mechanisms of biological activity of lowintensity radiofrequency radiation. *Electromagn Biol Med* 2015;19:1-16.
 239. Consales C, Merla C, Marino C, Benassi B. Electromagnetic fields, oxidative stress, and neurodegeneration. *Int J Cell Biol* 2012;2012:683897.
 240. Pall ML. Microwave frequency electromagnetic fields (EMFs) produce widespread neuropsychiatric effects including depression. *J Chem Neuroanat* 2015. pii: S0891-0618(15)00059-9. DOI: 10.1016/j.jchemneu.2015.08.001. [Epub ahead of print].
 241. Erdal N, Gurgul S, Tamer L, Ayaz L. Effects of long-term exposure of extremely low frequency magnetic field on oxidative/nitrosative stress in rat liver. *J Radiat Res* 2008;49(2):181-7.
 242. De Luca C, Thai JC, Raskovic D, Cesareo E, Caccamo D, et al. Metabolic and

- genetic screening of electromagnetic hypersensitive subjects as a feasible tool for diagnostics and intervention. *Mediat Inflamm* 2014;2014:924184.
243. Myhill S, Booth NE, McLaren-Howard J. Chronic fatigue syndrome and mitochondrial dysfunction. *Int J Clin Exp Med* 2009;2(1):1-16.
 244. Müller KE. Stressregulation und Mitochondrienfunktion. *Zs f Orthomol Med* 2012;1:1-13.
 245. Buchner K, Eger H. Veränderung klinisch bedeutsamer Neurotransmitter unter dem Einfluss modulierter hochfrequenter Felder - Eine Langzeiterhebung unter lebensnahen Bedingungen. *umwelt medizin gesellschaft* 2011;24(1):44-57.
 246. Hill HU, Huber W, Müller KE. Multiple-Chemikalien-Sensitivität (MCS) - Ein Krankheitsbild der chronischen Multisystemer-krankungen, umweltmedizinische, toxikologische und sozial-politische Aspekte. Aachen (DE): Shaker-Verlag, 2010 Apr, 3rd edition, 500p. ISBN: 978-3-8322-9046-7.
 247. Redmayne M, Johansson O. Could myelin damage from radiofrequency electromagnetic field exposure help explain the functional impairment electrohypersensitivity? A review of the evidence. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev* 2014;17(5):247-58.
 248. Von Baehr V. Rationelle Labordiagnostik bei chronisch entzündlichen Systemerkrankungen. *umwelt medizin gesellschaft* 2012;25(4):244-7.
 249. Warnke U, Hensinger P. Steigende. "Burn-out"-Inzidenz durch technisch erzeugte magnetische und elektromagnetische Felder des Mobil- und Kommunikationsfunks. *umwelt-medizin-gesellschaft* 2013;26(1):31-8.
 250. Havas M. Dirty electricity elevates blood sugar among electrically sensitive diabetics and may explain brittle diabetes. *Electromagn Biol Med* 2008;27(2):135-46.
 251. Herbert MR, Sage C. Autism and EMF? Plausibility of a pathophysiological link - Part I. *Pathophysiology* 2013;20(3):191-209.
 252. Herbert MR, Sage C. Autism and EMF? Plausibility of a pathophysiological link part II. *Pathophysiology* 2013;20(3):211-34.
 253. Eskander EF, Estefan SF, Abd-Rabou AA. How does long term exposure to base stations and mobile phones affect human hormone profiles? *Clin Biochem* 2012;45(1-2):157-61.
 254. Steiner E, Aufderreggen B, Bhend H, Gilli Y, Kalin P, et al. Erfahrungen des Pilotprojektes „Umweltmedizinisches Beratungsnetz“ des Vereins Aerztinnen und Aerzte für Umweltschutz (AefU). *Therapeutische Umschau* 2013;70(12):739-45.
 255. Hagstrom M, Auranen J, Johansson O, Ekman R. Reducing electromagnetic irradiation and fields alleviates experienced health hazards of VDU work. *Pathophysiology* 2012;19(2):81-7.
 256. Oberfeld G. Die Veränderung des EMF Spektrums und ihre Folgen. In: *Baubiologische EMF-Messtechnik*. München, Heidelberg (DE): Hüthig and Pflaum Verlag, 2012. ISBN 1438-8707.
 257. Berufsverband Deutscher Baubiologen. VDB-Richtlinien, Physikalische Untersuchungen, Band 1: Fürth (DE): Verlag AnBUS eV, 2006. 2nd edition. ISBN 3-9808428-6-X.
 258. Virnich M. Gutachten über die messtechnische Untersuchung der Charakteristik von Funksignalen [Internet]. Salzburg (AT): Land Salzburg, 2015 Jun 26, 141p. Available at: <https://www.salzburg.gv.at/gesundheits/Seiten/technik.aspx>.
 259. Bundesamt für Umwelt. Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN) [Internet]. Bern (CH): Bundesamt für Umwelt, 2010 Mar 4. Available at:

- <http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/13893/15175/15257/index.html?lang=de>.
260. Kundi M, Hutter HP. Mobile phone base stations - Effects on wellbeing and health. *Pathophysiology* 2009;16(2-3):123-35.
 261. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). Draft Report of NCRP Scientific Committee 89-3 on Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields [Internet]. 1995 Jun 13. Available at: https://www.salzburg.gv.at/gesundheit_/Documents/ncrp_draft_recommendation_s_on_emf_exposure_guidelines_1995.pdf.
 262. Oberfeld G. Prüfkatalog des Fachbereiches Umweltmedizin für das Vorhaben 380kV Freileitung von St. Peter a. H. zum Umspannwerk Salzach Neu (Salzburgleitung) der Verbund-Austrian Power Grid AG. [Internet] Salzburg (AT): Land Salzburg, 2006 Feb 27. Available at: https://www.salzburg.gv.at/gesundheit_/Documents/Umweltmedizin-Sbg.pdf.
 263. Baubiologie Maes/Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit (IBN). Building Biology Evaluation Guidelines for Sleeping Areas (SBM-2015). Neuss, Rosenheim (DE): Baubiologie Maes, IBN., 2015 May, 3p. Available at: <http://www.baubiologie.de/site/wp-content/uploads/richtwerte-2015-englisch.pdf>.
 264. Der Schweizerische Bundesrat. Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) vom 23. Dezember 1999 [Internet]. Bern (CH): Der Schweizerische Bundesrat, 2012 Jul 1. Available at: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19996141/index.html>.
 265. TCO Certified Displays 7.0-11 November 2015 [Internet]. TCO Development. Available at: <http://tcodevelopment.com/files/2015/11/TCO-Certified-Displays-7.0.pdf>.
 266. Vignati M, Giuliani L. Radiofrequency exposure near high-voltage lines. *Environ Health Perspect* 1997;105(Suppl 6): 1569-73.
 267. Margaritis LH, Manta AK, Kokkaliaris KD, Schiza D, Alimisis K et al. *Drosophila* oogenesis as a bio-marker responding to EMF sources. *Electromagn Biol Med* 2014;33(3):165-89.
 268. Gustavs K. Options to minimize non-ionizing electromagnetic radiation exposures (EMF/RF/Static fields) in office environments [Internet]. Victoria, BC (CA): Katharina Consulting, 2008 Nov 14. Available at: http://www.katharinaconsulting.com/s/2008_Gustavs_Low_EMF_Office_Environment.pdf.
 269. Oberfeld G, Gutbier J. Elektrosmog im Alltag [Internet]. Stuttgart (DE): Diagnose Funk, 2013 Nov 10, 44p. Available at: https://www.salzburg.gv.at/gesundheit_/Seiten/infoblaetter.aspx.
 270. Virnich M. Baubiologische EMF-Messtechnik - Grundlagen der Feldtheorie, Praxis der Feldmesstechnik. München, Heidelberg (DE): Hüthig & Pflaum Verlag, 2012. ISBN 1438-8707.
 271. Pauli P, Moldan D. Reduzierung hochfrequenter Strahlung im Bauwesen: Baustoffe und Abschirmmaterialien. Fürth (DE): Hrsg. Berufsverband Deutscher Baubiologen VDB e.V., Verlag AnBUS e.V. 2015. ISBN 978-3-9814025-9-9.
 272. Levy F, Wannag A, editors. Nordic adaptation of classification of occupationally related disorders (diseases and symptoms) to ICD-10 [Internet]. Oslo (NO): Nordic council of ministers, 2000, 53p. DIVS: 2000:839, ISBN: 92-893-0559-2. Available at: http://www.nordclass.se/ICD-10_Nordic%20Occupational_2000.pdf.

273. Bansal M, Kaushal N. Oxidative stress mechanisms and their modulation. New Delhi (IN): Springer, 2014:167.
274. Brostoff J, Challacombe S. Food allergy and intolerance. London (GB): Balliere Tindall, 1987.
275. Andre CM, Larondelle Y, Eners D. Dietary antioxidants and oxidative stress from a human and plant perspective, a review. *Curr Nutr Food Sci* 2010;6(1):2-12.
276. Bouayed J, Bohn T. Exogenous antioxidants-double edged swords in cellular redox state; health beneficial effects at physiological doses versus deleterious effects at high doses. *Oxid Med Cell Longev* 2010;3(4):228-37.
277. Hoffmann W, Staller B. Prävention durch richtige Ernährung. *umwelt medizin gesellschaft* 2012;25(2):115-7.
278. Suzuki YJ, Packer L. Inhibition of NFkB activation by vitamin E derivatives. *Biochem Biophys Res Commun* 1993;193(1):277-83.
279. Zingg JM. Modulation of signal transduction by vitamin E. *Mol Aspects Med* 2007;28(5-6):481-506.
280. Yeh SL, Wang HM, Chen PY, Wu TC. Interaction of β -Carotin and flavonoids on the secretion of inflammatory mediators in an in vitro system. *Chem Biol Interact* 2009;179(2-3): 386-93.
281. Carcamo JM, Pedraza A, Borquez-Ojeda O, Golde DW. Vitamin C suppresses TNF alpha-induced NF kappa B activation by inhibiting I kappa B alpha phosphorylation. *Biochemistry* 2002;41(43):12995-3002.
282. Carcamo JM, Pedraza A, Borquez-Ojeda O, Zhang B, Sanchez R, et al. Vitamin C is a kinase inhibitor: dehydroascorbic acid inhibits IkappaBalphakinase beta. *Mol Cell Biol* 2004; 24(15):6645-52.
283. Kyaw M, Yoshizumi M, Tsuchya K, Suzaki Y, Abe S, et al. Antioxidants inhibit endothelin-1 (1-31)-induced proliferation of vascular smooth muscle cells via the inhibition of mitogenactivated protein (MAP) kinase and activator protein-1 (AP-1). *Biochem Pharmacol* 2002;64(10):1521-31.
284. Lubbad A, Oriowo MA, Khan I. Curcumin attenuates inflammation through inhibition of TLR-4 receptor in experimental Colitis. *Mol Cell Biochem* 2009;322(1-2): 127-35.
285. Woo JH, Lim JH, Kim YH, Soh SI, Min DS, et al. Resveratrol inhibits phorbol myristate acetate-induced matrix metalloproteinase-9 expression by inhibiting JNK and PKC delta signal transduction. *Oncogene* 2004;23(10):1845-53.
286. Nonn L, Duong D, Pechl DM. Chemopreventive anti-inflammatory activities of curcumin and other phytochemicals mediated by MAP kinase phosphatase-5 in prostata cells. *Carcinogenesis* 2007;28(6):1188-96.
287. Khan N, Mukhtar H. Multitargeted therapy of cancer by green tee polyphenols. *Cancer Lett* 2008;269(2):269-80.
288. Roskoski R. Biochemistry. Philadelphia, PA, USA: W.B. Saunders Company, 1996:530pp.
289. Devlin TM, editor. Textbook of Biochemistry with Clinical Correlations, 5th ed. New York, NY (US): Wiley-Liss, 2002.
290. Rassow J, Hauser K, Netzker, Deutzmann R. Biochemie. 2nd ed. Stuttgart (DE): Thieme, 2008:872pp.
291. Müller KE. Genetische Polymorphismen der Catechol-O-Methyltransferase (COMT). *umwelt medizin gesellschaft* 2007;20(4):282-8.
292. Rea WJ. Chemical Sensitivity, Vol. 2: Sources of Total Body Load, 1st ed. Boca Raton, FL (US): CRC Press/Lewis Publishers, 1994:569pp.

293. Schäfer SG, Elsenhans B, Forth W, Schumann K. Metalle. In: Marquardt H, Schäfer SG, editors. *Lehrbuch der Toxikologie*. Heidelberg (DE): Spektrum Akademischer Verlag, 1997:504-49pp.
294. Goyer RA, Cherian GM, editors. *Toxicology of Metals*. Berlin, Heidelberg (DE): Springer-Verlag, 1995:467pp.
295. Müller KE. Immuntoxikologie der Metalle. *umwelt medizin gesellschaft* 2004;17(4):299-301.
296. Aposian HV, Malorino RM, Gonzales-Ramirez D, Zuniga-Charles M, Xu Z, et al. Mobilization of heavy metals by newer, therapeutically useful chelating agents. *Toxicology* 1995;97(1-3):23-38.
297. Flora SJ, Pachauri V. Chelation in Metal Intoxication. *Int J Environ Res Public Health* 2010;7(7):2745-88.
298. Jennrich P. Detoxifikation von Schwermetallen. *umwelt medizin gesellschaft* 2012;25(4):24-7.
299. Pall ML. Do sauna therapy and exercise act by raising the availability of tetrahydrobiopterin? *Med Hypotheses* 2009;73(4):610-3.
300. Rozanowska M, Jarvis-Evans J, Korytowski W, Boulton ME, Burke JM, et al. Blue-light induced reactivity of retinal age pigment. In vitro generation of oxygen-reactive species. *J Biol Chem* 1995;270(32):18825-30.
301. Tolentino M, Morgan G. Popularity of electronic devices, “greener” light bulbs increases blue light exposure. *Pri Care Optometry News* 2012;18-9.
302. van der Lely S, Frey S, Garbaza C, Wirz-Justice A, Jenni OG, et al. Blue blocker glasses as a countermeasure for alerting effects of evening light-emitting diode screen exposure in male teenagers. *J Adolesc Health* 2015;56(1):113-9.
303. Narimatsu T, Negishi K, Miyake S, Hirasawa M, Osada H, et al. Blue light-induced inflammatory marker expression in the retinal pigment epithelium-choroid of mice and the protective effect of a yellow intraocular lens material in vivo. *Exp Eye Res* 2015;132:48-51.
304. Nishi T, Saeki K, Obayashi K, Miyata K, Tone N, et al. The effect of blue-blocking intraocular lenses on circadian biological rhythm: protocol for a randomised controlled trial (CLOCK-IOL colour study). *BMJ Open* 2015;5(5):e007930.
305. Mutter J, Naumann J, Schneider R, Walach H, Haley B. Mercury and autism: accelerating evidence? *Neuro Endocrinol Lett* 2005;26(5):439-46.
306. Mutter J, Naumann J, Guethlin C. Comments on the article “the toxicology of mercury and its chemical compounds” by Clarkson and Magos (2006). *Crit Rev Toxicol* 2007;37(6):537-49; discussion 551-2.
307. Mutter J, Curth A, Naumann J, Deth R, Walach H. Does inorganic mercury play a role in Alzheimer's disease? A systematic review and an integrated molecular mechanism. *J Alzheimers Dis* 2010;22(2):357-74.
308. Geier DA, King PG, Sykes LK, Geier MR. A comprehensive review of mercury provoked autism. *Indian J Med Res* 2008;128(4):383-411.

Supplément 1 - Informations générales sur les directives CEM

La mission de l'Académie européenne de médecine environnementale (EUROPAEM) est de fournir à la communauté médicale et aux patients, ainsi qu'aux personnes ayant une déficience fonctionnelle, les dernières connaissances scientifiques et les données empiriques concernant les facteurs environnementaux contribuant à la maladie humaine, ceci dans le but de formuler des recommandations spécifiques pour la prévention, le diagnostic et le traitement, ainsi que les mesures d'accessibilité visant à améliorer les états de santé. Elle contribue également au débat politique sur la santé environnementale d'un point de vue médical.

En raison du développement rapide des différentes technologies, les recommandations doivent être mises à jour sur une base continue. Nous invitons tous les collègues à transmettre des commentaires, des suggestions et des compléments à l'EUROPAEM: office@europaem.eu.

Objectif et essence du contenu des directives CEM: concevoir des diagnostics et traitements des problèmes de santé liés aux CEM pour améliorer/restaurer les conditions de santé individuelles et pour formuler des stratégies de prévention.

Public cible visé par les directives CEM: Les médecins de toutes les disciplines et les dentistes, les autorités de la santé, les administrateurs de la santé et les travailleurs sociaux.

Diffusion et mise en œuvre: www.europaem.eu

Évaluation: Au cours des cinq prochaines années.

Conflits d'intérêts: Il n'y a pas de conflit d'intérêts parmi les auteurs des directives CEM.

Avertissement: Les directives présentées ici sont des recommandations. Elles sont destinées à aider les médecins à prendre des décisions éclairées. Elles ne sont ni juridiquement contraignantes pour les médecins ni des motifs pour justifier ou exonérer une responsabilité. Ces directives CEM ont été élaborées avec grand soin. Toutefois, aucune responsabilité ne sera assumée pour l'exactitude, que ce soit par les auteurs ou par l'Académie européenne de médecine environnementale (EUROPAEM).

Supplément 2 - Les gammes de fréquences ELF, VLF, et RF

Abréviation générale	Abréviation détaillée	Nom de gamme	Gamme de fréquences	Gamme
ELF	ELF	Extrêmement basse fréquence	3 Hz - 30 Hz	ELF
	SLF	Super basse fréquence	30 Hz - 300 Hz	ELF
	ULF	Ultra basse fréquence	300 Hz - 3 kHz	ELF
VLF	VLF	Très basse fréquence	3 kHz - 30 kHz	RF
	LF	Basse fréquence	30 kHz - 300 kHz	RF
	MF	Fréquence moyenne	300 kHz - 3 MHz	RF
RF	HF	Haute fréquence	3 MHz - 30 MHz	RF
	VHS	Très haute fréquence	30 MHz - 300 MHz	RF
RF ou MW	UHF	Ultra haute fréquence	300 MHz - 3 GHz	RF
	SHF	Super haute fréquence	3 GHz - 30 GHz	RF
	EHF	Extrêmement haute fréquence	30 GHz - 300 GHz	RF

RF = radiofréquence

MW = micro-ondes

Supplément 3 - Caractéristiques du signal RF

Sauf si précisé autrement, les caractéristiques des signaux énumérés ci-dessous ont été déterminées en mesurant des sources de signal dans des conditions réelles [248].

Appellation	Fréquence [MHz]	Facteur crête [dB]	Caractère d'impulsion	Fréquences d'impulsion [Hz]	Durée d'impulsion [ms, µs]	Temps de montée [µs]	Temps de descente [µs]
Radio AM	0.744	2.1	Non-pulsée	-	-	-	-
Bluetooth	2400 - 2483.5	1.3-3.2	Pulsée	*	*	0.8-5 µs	0.8-3 µs
Téléphone sans fil CT2	866.745	0.2-0.6	Pulsée	500 Hz	1 ms	11 µs	11 µs
DAB+	178.352 222.064	8.8-10.2	Pulsée	10.4 Hz	94.8ms	0.6 µs	0.6 µs
DECT (en veille)	1885.2 1890.4 1898.8	0.07-0.1	Pulsée	100 Hz	95-108 µs	0.57-2.4µs	0.64-2.47 µs
DVB-T	514.0 586.0 594.0	9.1-11.2	Non-pulsée	-	-	-	-
GSM 900 (2G)	942.2 952.2	0.4-0.7	Pulsée	1.733 Hz	0.570 ms	4.0-5.0 µs	5.0-6.0 µs
GSM 900 (2G) EDGE	930.6 942.2 946.0 947.6	1.4-3.6	Pulsée	1.733 Hz	0.570 ms	4.3-8.3 µs	5.7-11.0 µs
Radio FM	93.9 95.9 100.4	0.1-0.3	Non-pulsée	-	-	-	-
LTE FDD (4G)	796- 2650	6.8-11.0	Pulsée	25 Hz** 200 Hz** 1 kHz** 4 kHz**	0.2857 ms** 0.1429 ms** 0.0714- 0.2143 ms** 0.0714 ms**	Enveloppe 0.073-1.6 µs; Crêtes 0.073-0.147 µs	Enveloppe 0.38-3.6 µs; Crêtes 0.077-0.133 µs
Bip (Citycall)	465.970 466.075 466.23	0.4-0.5	Non-pulsée	-	-	-	-
TETRA	390.737 394.638 427.838	2.6-3.3	Pulsée	70.1 and 17.6 Hz	12.5 & 26.8 ms 12.46 & 26.66 ms	27-33 µs	27-30 µs
UMTS (3G)	2112.8- 2157.2	9.7-12.9	lignes spectrales discrètes	-	-	-	-
WiMAX TDD	3460 3465	8-10	Pulsée	200 Hz	3.1 ms	non mesuré	non mesuré
Wi-Fi (en veille)	2462.0	3.6-8.6	Pulsée	9.7 Hz	1.12 ms	Enveloppe 0.22-1.20 µs; Crêtes 0.06-0.08 µs	Enveloppe 0.93 µs; Crêtes 0.067-0.107 µs

*)Détermination pas clairement possible à cause des sauts de fréquence

**)Valeurs selon spécifications

Supplément 4 - Questionnaire

Nom, Prénom, M/Ms

Lieu, date

a) Liste des symptômes

Avez-vous éprouvé les problèmes de santé suivants ces 30 derniers jours?

Veuillez SVP cocher la case appropriée à chaque ligne.

Symptômes	Pas du tout	Un peu	Modérément	Assez souvent	Très souvent	Si oui, depuis quand (mois/année)
Anxiété	☐	☐	☐	☐	☐	
Problèmes de pression artérielle	☐	☐	☐	☐	☐	
Dépression	☐	☐	☐	☐	☐	
Difficulté de concentration	☐	☐	☐	☐	☐	
Difficulté à trouver ses mots	☐	☐	☐	☐	☐	
Troubles de la coordination	☐	☐	☐	☐	☐	
Vertiges	☐	☐	☐	☐	☐	
Bruits dans les oreilles, acouphènes	☐	☐	☐	☐	☐	
Épuisement	☐	☐	☐	☐	☐	
Fatigue	☐	☐	☐	☐	☐	
Symptômes pseudo-grippaux	☐	☐	☐	☐	☐	
Troubles de mémoire	☐	☐	☐	☐	☐	
Maux de tête	☐	☐	☐	☐	☐	
Palpitations cardiaques	☐	☐	☐	☐	☐	
Hyperactivité	☐	☐	☐	☐	☐	
Irritabilité	☐	☐	☐	☐	☐	
Douleurs articulaires	☐	☐	☐	☐	☐	
Tensions musculaires	☐	☐	☐	☐	☐	
Sensibilité au bruit	☐	☐	☐	☐	☐	
Agitation, tensions	☐	☐	☐	☐	☐	
Sensation de pression dans les oreilles	☐	☐	☐	☐	☐	
Affections de la peau	☐	☐	☐	☐	☐	
Troubles du sommeil	☐	☐	☐	☐	☐	
Oppression thoracique	☐	☐	☐	☐	☐	
Urgences urinaires	☐	☐	☐	☐	☐	
Autres (SVP préciser)	☐	☐	☐	☐	☐	
.....	☐	☐	☐	☐	☐	
.....	☐	☐	☐	☐	☐	

b) Variation des problèmes de santé en fonction du moment et du lieu

Quels sont parmi les problèmes de santé susmentionnés ceux que vous percevez comme les plus importants?	
Depuis quand constatez-vous ces problèmes de santé?	
A quel moment les problèmes de santé surviennent-ils ?	
Y a-t-il des endroits ou des circonstances qui augmentent les problèmes de santé ou qui les aggravent particulièrement? (p.ex. au travail, à domicile, lors d'appels prolongés avec téléphone mobile, en portant un téléphone mobile sur le corps, en utilisant le Wi-Fi ou d'autres appareils)?	
Y a-t-il un endroit où les problèmes de santé diminuent ou disparaissent complètement? (p.ex. au travail, à domicile, chez un ami, en vacances, dans une résidence secondaire, dans les bois)?	
Avez-vous une explication à ces problèmes de santé?	
Etes-vous stressé par des changements dans votre vie personnelle ou au travail?	
Veuillez énumérer les évaluations environnementales ou mesures préventives/correctives, prises jusqu'à présent.	
Veuillez énumérer les diagnostics de médecine environnementale établis et les traitements reçus jusqu'à présent.	
Veuillez énumérer toutes les expositions environnementales auxquelles vous avez été soumis(e), par ex. aux produits chimiques, pesticides, moisissures, métaux non physiologiques (toxiques), (nano) particules	

c) Evaluation de l'exposition aux CEM au domicile et au travail

1. Utilisez-vous un téléphone mobile à domicile (D) ou au travail (T)?

Si oui, depuis combien de temps (années/mois) l'avez-vous utilisé en mode 2G ou 3G? _____

Combien de temps l'utilisez-vous par jour (h/min)? _____

Portez-vous votre téléphone portable près de votre corps (prudence avec les apps!)? _____

Avez-vous constaté un rapport éventuel avec vos problèmes de santé? _____

2. Avez-vous un téléphone sans fil (DECT) à domicile (D) ou au travail (T)?

Si oui, depuis combien de temps (années/mois)? _____

Combien de temps l'utilisez-vous par jour? (h/min)? _____

Avez-vous constaté un rapport éventuel avec vos problèmes de santé? _____

3. Utilisez-vous l'accès sans fil Internet (Wi-Fi, WiMAX, UMTS, LTE) à domicile (D) ou au travail (T)?

Si oui, depuis combien de temps (années/mois)? _____

Combien de temps par jour l'utilisez-vous (h/min)? _____

Avez-vous constaté un rapport éventuel avec vos problèmes de santé? _____

4. Utilisez-vous des ampoules économiques ou des lampes fluorescentes compactes à proximité immédiate (lampe de bureau, de table de salle à manger, de lecture, de chevet) à domicile (D) ou au travail (T)?

Si oui, depuis combien de temps (années/mois)? _____

Combien de temps par jour êtes-vous exposé(e) à ces lampes (h/min) ? _____

Avez-vous constaté un rapport éventuel avec vos problèmes de santé? _____

5. Une antenne de téléphonie mobile se trouve-t-elle près de votre domicile (D) ou de votre lieu de travail (T)?

Si oui, depuis combien de temps (années/mois)? _____

A quelle distance se trouve-t-elle de votre maison/lieu de travail? _____

Avez-vous constaté un rapport éventuel avec vos problèmes de santé? _____

6. Des lignes électriques, des transformateurs ou des lignes ferroviaires se trouvent-ils près de votre domicile (D) ou lieu de travail (T)?

Si oui, combien de temps par jour y êtes-vous exposé(e) (h/min)? _____

Avez-vous constaté un rapport éventuel avec vos problèmes de santé? _____

7. Utilisez-vous des appareils Bluetooth dans votre voiture?

Si oui, depuis combien de temps? _____

Avez-vous constaté un rapport éventuel avec vos problèmes de santé?
