

Les champs électromagnétiques [CEM] considérés dans cette note sont les rayonnements non ionisants qui évoluent dans une gamme de fréquences comprise en 0 et 300 gigaHertz (GHz, 1 GHz = 1 000 000 000 Hz = 10^9 Hz). Ces ondes, non visibles par l'oeil humain, incluent notamment les champs de basses et extrêmement basses fréquences (entre 0 et 300 kHz, 1 kHz = 1 000 Hz = 10^3 Hz), émis notamment par les lignes de transport et de distribution d'électricité, les transformateurs et tout appareil fonctionnant avec du courant alternatif, ainsi que les champs de hautes à extrêmement hautes fréquences (de 3 mégahertz à 300 GHz, 1 MHz = 1 000 000 Hz = 10^6 Hz) tels que ceux (CEM-RF) utilisés en téléphonie mobile, en télévision et radiodiffusion FM, en radar et communication satellitaire ou dans les fours à micro-ondes.

1. Pourquoi cette note et à qui s'adresse-t-elle ?

Le Département santé environnement (DSE) et les Cellules de l'InVS en région (Cire) sont régulièrement sollicités sur des questions ayant trait aux effets sanitaires des champs électromagnétiques, pour des suspicions de regroupement de cas de cancers attribués à une source locale d'exposition à des champs électromagnétiques (CEM), ou pour évaluer l'impact sanitaire d'une exposition à des CEM notamment. Cette note s'adresse à toute personne ou institution souhaitant connaître la position et le rôle de l'InVS sur cette question de santé environnement, et en premier lieu aux autorités sanitaires. Elle fait le point des connaissances sur la dangerosité pour la santé humaine de ces rayonnements et décrit les actions conduites par l'InVS dans leur domaine.

2. Quels sont les risques pour la santé ?

Les CEM d'extrêmement basses fréquences (CEM-EBF) et les CEM de radiofréquences (CEM-RF) possèdent des propriétés physiques différentes. Les risques qu'ils génèrent pour la santé sont en règle générale étudiés de façon distincte, aussi, les éléments qui suivent sont déclinés à chaque fois en distinguant chacune des gammes de fréquences.

a. *Connaissances acquises ou faisant l'objet d'un consensus fort*

Données générales

Les champs électromagnétiques ont des effets biologiques certains [1] :

- pour des fréquences jusqu'à 10 MHz : stimulation électrique du système nerveux ;
- pour des fréquences supérieures à 100 kHz : échauffement des tissus ;
- entre 100 kHz et 10 MHz, les deux types d'effets peuvent être observés.

Effets avérés des CEM-EBF

En 2007, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a mis à jour l'état des connaissances scientifiques en publiant une monographie sur les effets sur la santé d'une exposition à des CEM-EBF [2]. En 2009, le Comité scientifique sur les risques sanitaires émergents (SCENIHR) auprès de la Commission européenne, a analysé les publications scientifiques parues depuis 2007 [3]. Les seuls effets néfastes pour la santé des CEM-EBF qui ont pu être clairement établis à ce jour sont des effets (visuels, nerveux, soudure des os, stimulation des tissus excitables, fibrillation ventriculaire) liés à des expositions aiguës de très forte intensité. Les réglementations actuelles issues des recommandations de la directive européenne sont destinées à protéger totalement la population contre ces effets (valeurs limites d'exposition pour le public de 100 microteslas [μ T] pour le champ magnétique afin que l'intensité des courants induits par ce champ n'excède pas 2 milli-ampère par mètre carré [mA/m^2] à l'intérieur de l'organisme).

Effets avérés des CEM-RF et de leurs applications à la téléphonie mobile

Seuls, deux effets en lien avec l'usage d'un terminal de téléphonie mobile sont avérés :

- les accidents de voie publique : la recherche a clairement établi une augmentation du risque d'accident lorsqu'on utilise un téléphone mobile en conduisant un véhicule automobile [4], qu'il s'agisse d'un combiné classique ou d'un système « mains libres » ;

- les interférences électromagnétiques : il existe des possibilités d'interférence lorsque les téléphones mobiles sont utilisés à proximité de certains dispositifs médicaux [5] : pacemakers, défibrillateurs internes, certaines prothèses auditives, etc.

Ainsi, au total, aucun effet néfaste pour la santé humaine en lien avec les champs électromagnétiques n'a été démontré avec certitude aux niveaux d'exposition environnementale de la population française.

b. Ce qui est suspecté ou allégué

1/ Cancers

Données sur les CEM-EBF

Plusieurs observations épidémiologiques vont dans le sens d'une augmentation du risque de leucémie chez l'enfant ; elles concernent des expositions environnementales relativement élevées aux CEM-EBF, supérieures à 0,4 μ Teslas en moyenne sur 24 heures, comme celles des riverains immédiats des lignes électriques à haute ou très haute tension (THT).

En France, une telle exposition concernerait 1,8% de la population générale, et serait en rapport avec des lignes THT dans 10 à 20% des cas. Les résultats de l'étude cas-témoins nationale Géocap ont été publiés en 2013 [6]. Cette étude conduite par l'Inserm avait pour objectif d'étudier le risque de leucémie aiguë de l'enfant en lien avec l'exposition aux CEM-EBF. Le risque de leucémie a été évalué en fonction de la distance aux lignes électriques en France continentale. Elle a inclut les 2 779 cas de leucémie aiguë de l'enfant enregistrés de façon exhaustive au niveau national durant la période 2002-2007 et 30 000 témoins. L'étude conclut à une augmentation du risque de leucémie aiguë lorsque la résidence est située à moins de 50 m d'une ligne THT (de 225 et 400 kV), avec un odd ratio (OR) de 1,7 (intervalle de confiance à 95% [0,9 ; 3,6]) pour toutes les classes d'âge confondues. Pour les enfants de moins de 5 ans, l'OR est significatif, égal à 2,6 ([1,0 ; 7,0]), avec une tendance significative à l'augmentation en fonction de l'inverse de la distance. En revanche, il n'y a pas d'augmentation de risque au-delà de 50 m d'une ligne THT, ni d'une ligne haute tension (de 63 à 150 kV) et aucune autre tendance significative en fonction de la distance.

Les résultats de cette étude réalisée pour la première fois à l'échelle de la France continentale entière confirment ceux déjà publiés dans la littérature internationale, avec des augmentations de risque du même ordre, retrouvés de façon assez spécifique chez les enfants de moins de 5 ans, à une distance inférieure à 50 mètres de lignes THT ou exposés à une intensité de champ magnétique supérieure à 0,3/0,4 μ T. L'étude Géocap n'apporte pas d'élément nouveau concernant la dangerosité des CEM-EBF, mais conforte les connaissances antérieures et montre que la situation française est comparable aux autres pays où ce risque a été étudié [7].

L'ensemble des études épidémiologiques disponibles n'a toutefois pas apporté d'éléments suffisants pour établir un lien de causalité entre la survenue d'une leucémie et l'exposition aux CEM-EBF, et leurs résultats n'ont pas été confirmés par ceux de travaux expérimentaux réalisés sur l'animal. C'est donc sur la seule base des associations statistiques observées en épidémiologie que le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC), en 2002, a classé les CEM-EBF dans la catégorie 2B : agents cancérigènes possibles pour l'Homme [8].

Données sur les CEM-RF

Dans la mise à jour de son expertise collective sur « Radiofréquences et santé » publiée en octobre 2013, l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement, de l'alimentation et du travail (Anses) a actualisé l'analyse de la littérature scientifique disponible sur les effets sanitaires des champs électromagnétiques de radiofréquences, en particulier dans les gammes de fréquences caractéristiques de la téléphonie mobile [9]. Il ressort de cette revue critique, d'une part, que des effets ont pu être observés *in vitro* sur le matériel génétique (oxydation et cassure de l'ADN) mais qu'aucune altération de l'intégrité des chromosomes n'a été mise en évidence à faibles niveaux d'exposition ; par ailleurs, il n'existe pas de données de bonne qualité en toxicologie expérimentale montrant *in vivo* un effet cancérigène des CEM-RF sur l'animal. D'autre part, le niveau de preuve apporté par les études épidémiologiques portant sur les utilisateurs de téléphone mobile est insuffisant pour conclure qu'une exposition aux radiofréquences a un effet cancérigène chez l'Homme (tumeurs du système nerveux central, des glandes salivaires, leucémies et mélanomes cutanés) ; toutefois, un niveau de preuve limité fait suspecter une influence des CEM-RF sur le risque de gliome [10], un type de tumeur du cerveau, pour les utilisateurs intensifs de téléphone portable (exposition cumulée >1 640 heures), et un niveau de preuve également limité laisse ouverte l'hypothèse d'une augmentation du risque de neurinome du nerf vestibulo-acoustique chez les utilisateurs à long terme de téléphone mobile [11].

C'est sur la base de l'accroissement du risque de gliome observé chez les usagers intensifs d'un terminal mobile que le CIRC a classé en 2011 les CEM-RF dans le groupe 2B : agents cancérigènes possibles pour l'Homme [12]. Aucune observation épidémiologique ou expérimentale n'a permis de mettre en évidence un effet cancérigène aux niveaux d'exposition de CEM-RF induits par les antennes-relais de téléphonie mobile.

2/ Effets non cancérigènes

Données sur les CEM-EBF

Des effets sanitaires aussi variés que troubles du sommeil, céphalées, anomalies de la reproduction, maladies cardiovasculaires et neuro-dégénératives ont fait l'objet d'études, au niveau international, durant ces 30 dernières années. Aux niveaux d'exposition rencontrés en population générale, et notamment à la fréquence du réseau électrique, aucun effet sanitaire n'est actuellement considéré comme causalement établi [7]. L'OMS concluait ainsi en 2007 que, concernant la pathologie non cancéreuse, « les données scientifiques en faveur d'un lien avec les CEM-EBF était beaucoup plus ténues que pour la leucémie infantile et dans certains cas (par exemple pour les maladies cardiovasculaires [...]), elles étaient suffisantes pour que l'on soit assuré que les CEM-EBF ne provoquent pas ces maladies ». Le SCENHIR, au vu des données les plus récentes, confirmait en 2009 la plupart des conclusions émises en 2007 [3].

Des études épidémiologiques ont toutefois observé un lien statistique entre l'exposition aux CEM-EBF en milieu professionnel et la survenue de la maladie d'Alzheimer. Elles ont fait l'objet d'une méta-analyse en 2008 [13] qui n'a pas pu conclure à l'existence d'une relation causale ; cependant, la grande hétérogénéité des études sélectionnées dans cette méta-analyse doit faire considérer ses résultats avec prudence [7].

Données sur les CEM-RF

S'agissant des effets sur le système nerveux central (recherchés par des études expérimentales in vitro et in vivo et par des essais cliniques), l'expertise collective de l'Anses montre que le niveau de preuve est insuffisant pour conclure qu'une exposition aux CEM-RF a un effet nocif chez l'Homme sur les fonctions cognitives, le sommeil à court terme, les rythmes circadiens, la fonction auditive à court terme, les maladies neurodégénératives et l'épilepsie [9]. Un effet à court terme sur le sommeil a cependant été observé par électroencéphalogramme chez l'Homme, avec un niveau de preuve suffisant : il s'agit de l'augmentation de la puissance spectrale dans la fréquence des fuseaux du sommeil, de la diminution de la durée de sommeil de stade 2 et de l'augmentation de la durée du sommeil paradoxal. Ces modifications, sans mécanisme explicatif à ce jour, ne s'accompagnent pas de modification subjective du sommeil ni de perturbation des tâches cognitives [14]. Par ailleurs, des études conduites chez l'animal (souris) ont mis en évidence qu'une exposition chronique aux CEM-RF pourrait induire une amélioration des performances cognitives et de la mémoire, notamment chez les individus âgés [9].

Concernant les autres effets non cancérigènes, le niveau de preuve n'est pas suffisant pour conclure qu'une exposition aux CEM-RF a un effet délétère chez l'Homme sur la fertilité masculine (un niveau de preuve limité fait cependant suspecter ce type d'effet chez l'animal), le risque de malformation congénitale ou de trouble du développement embryonnaire, l'immunité, le système endocrinien, le système cardio-vasculaire, la mortalité toute cause, le bien-être et la santé déclarée [9]. Enfin, plusieurs études sur le bien-être, menées en population générale, montrent une association entre des symptômes déclarés et la distance à l'antennereais estimée par les personnes interrogées, plutôt que le niveau d'exposition réel, ce qui conduit à évoquer l'existence d'un effet *nocebo* [9,15].

3/ Cas particulier de l'intolérance environnementale idiopathique aux champs électromagnétiques

La notion de « électrosensibilité » ou « hypersensibilité électromagnétique » est d'apparition récente. Elle est le plus souvent rapportée en lien avec des expositions aux CEM-RF. A l'instar de l'OMS [16], l'InVS préfère utiliser le terme « intolérance environnementale idiopathique (IEI) aux champs électromagnétiques » (IEI-CEM) plutôt que « électrosensibilité » ou « hypersensibilité électromagnétique ». En effet, IEI est un descripteur neutre qui n'implique aucune cause chimique ou physique, ni aucune sensibilité de type immunologique (idiopathique signifie que l'on n'a pas encore identifié la cause du trouble). A ce jour, l'IEI regroupe une série de symptômes variés et non spécifiques - fatigue, prurit, céphalée, troubles du sommeil, difficultés d'attention, palpitations cardiaques, etc. - qui sont attribués par les individus atteints à l'exposition aux champs électromagnétiques. Ces symptômes sont en général bénins, mais par leur fréquence, leur intensité et les comportements d'évitement adoptés, ils peuvent avoir un retentissement important sur la santé et l'insertion sociale de l'individu affecté [1,16]. L'établissement d'un diagnostic d'IEI-CEM est ainsi confronté aujourd'hui à des difficultés majeures : il n'existe en effet pas de groupement de symptômes spécifiques, bien que des progrès aient été accomplis dans la quantification des symptômes rapportés et leur regroupement en composantes. De plus, aucun élément clinique ni examen complémentaire ne permet de poser ou de confirmer un diagnostic, d'expliquer le mécanisme de développement des symptômes et de les relier à une

exposition aux CEM. Ainsi, le seul critère de définition d'un cas d'IEI-CEM est à ce jour l'attribution à une exposition à des CEM, par le patient lui-même, des symptômes qu'il ressent.

La description d'une incidence ou d'une prévalence de l'IEI-CEM se heurte ainsi au problème de la définition même des cas d'IEI-CEM, variable d'une équipe à l'autre et selon les années, ce qui rend impossible l'évaluation fiable d'un « fardeau » attribuable à l'IEI-CEM et la comparaison de données nationales entre elles. Ainsi, des études ayant visé à décrire ces prévalences à l'étranger conduisent à des résultats extrêmement variables [16], de moins de 2 % (Suède) à 4 % (Grande-Bretagne) voire plus [1].

3. Rôle de l'InVS

a. Actions menées par l'InVS

Surveillance épidémiologique

Concernant la surveillance des cancers en population générale, la stratégie de l'InVS repose sur :

- la mise à disposition régulière d'indicateurs d'incidence, de mortalité, de prévalence et de survie au niveau national pour 25 localisations cancéreuses,
- l'élaboration d'une stratégie de mise à disposition de ces indicateurs au niveau régional et départemental, afin de permettre, en particulier, le suivi des inégalités territoriales et sociales de santé pour ces pathologies.

Cette stratégie est élaborée et mise en œuvre dans le cadre d'un programme partenarial associant le réseau français des registres des cancers (Francim), le service de biostatistique des Hospices Civils de Lyon, l'Institut National du Cancer (InCA) et l'InVS. Pour élaborer et mettre en œuvre cette stratégie globale, le système d'information repose sur un double pilier :

- les registres des cancers (16 registres généraux, 9 registres spécialisés, 2 registres nationaux pédiatriques et un registre à vocation nationale sur le mésothéliome) ;
- les bases de données médico-administratives (PMSI, SNIIR-AM, ALD, etc.). La validation de ces dernières au regard des registres constitue à ce jour la pierre angulaire de la stratégie de surveillance développée par l'InVS qui œuvre depuis plusieurs années au développement d'un système multi sources de surveillance des cancers (SMSC), dont les registres constitueraient la référence, capable de produire des indicateurs sanitaires fiables notamment dans les zones dépourvues de registres.

Au travers de ce dispositif, l'InVS assure une surveillance de la santé de la population française dans le domaine du cancer, pathologie fréquemment citée comme possiblement liée aux CEM.

Si la mise en œuvre d'une surveillance épidémiologique classique de l'incidence ou de la prévalence des IEICEM ne semble pas à ce jour faisable, l'InVS souhaite poursuivre en concertation avec les associations l'élaboration d'une stratégie permettant une veille active dans ce domaine. En particulier, il apparaît indispensable de promouvoir les travaux sur l'IEI visant à disposer de critères et d'outils de diagnostic clinique, prérequis indispensable à la quantification de cette affection dans la population et la compréhension de ses mécanismes.

Investigation épidémiologique de terrain

L'InVS apporte un appui scientifique à l'autorité sanitaire dans l'investigation des signalements de cas groupés de maladies (clusters), qu'il s'agisse des regroupements spatio-temporels de cancers, d'autres maladies chroniques ou, plus rarement, des épidémies d'affections aiguës non infectieuses. Outre l'analyse épidémiologique de ces situations, pour laquelle l'InVS a développé des guides méthodologiques décrivant en détail les investigations à mener (documents disponibles en ligne sur le site internet de l'institut : [http://www.invs.sante.fr/pmb/invs/\(id\)/PMB_5845](http://www.invs.sante.fr/pmb/invs/(id)/PMB_5845) ; [http://www.invs.sante.fr/pmb/invs/\(id\)/PMB_449](http://www.invs.sante.fr/pmb/invs/(id)/PMB_449)), l'analyse du contexte social dans lequel émergent ces sollicitations locales apparaît comme un élément nécessaire à l'InVS pour comprendre les enjeux en présence, identifier les acteurs et leurs relations, et ainsi déterminer quelle sera la nature de son intervention et l'implication des acteurs dans l'investigation.

b. Actions à poursuivre

Dans la réponse aux sollicitations locales, l'InVS depuis plusieurs années met en œuvre des approches qui impliquent les parties prenantes dès le début de l'investigation : riverains de la source de pollution, membres d'associations, élus, professionnels de santé, représentants de l'Etat, opérateurs économiques... Les approches participatives, qui relèvent d'une démarche

volontariste d'ouverture à la société de l'InVS, vont être développées au niveau local et étendues, au niveau national, à des problématiques génériques au sein desquelles les CEM auraient toute leur place.

c. Actions en dehors des missions de l'InVS

Il n'appartient pas à l'InVS de conduire des travaux de recherche en épidémiologie dans le but d'élucider les causes jusque-là ignorées des maladies ou d'identifier les effets sanitaires des agents présents dans l'environnement humain.

Au demeurant, l'InVS assure un soutien financier et scientifique à la recherche sur les facteurs de risque environnementaux des leucémies de l'enfant qui est développée dans le cadre du projet Géocap par l'unité 754 de l'Inserm. Son objectif est d'évaluer l'exposition des enfants de moins de 15 ans à plusieurs déterminants environnementaux (dont les CEM émis par lignes à haute tension, voir résultats résumés ci-dessus), et de rechercher une éventuelle influence de ces expositions sur le risque de cancer chez l'enfant Enfin, par ses participations à des comités scientifiques, commissions d'orientation, groupes d'expertise nationale, l'InVS contribue à la définition des besoins de recherche en santé environnementale et à la sélection des projets financés par des fonds publics.

4. En pratique, que faire face à une sollicitation du terrain ?

Dans le domaine des champs électromagnétiques, l'InVS est le plus souvent sollicité – directement ou via les Agences régionales de santé, des élus, des médecins – par des personnes qui suspectent que la fréquence d'une maladie est anormalement élevée dans leur collectivité et qui attribuent cette augmentation à la présence d'une source locale d'émission de CEM, en général une antenne-relais de téléphonie mobile (Saint- Cyr l'Ecole, Ruitz, Rexpoëde, etc.).

Les investigations réalisées pour analyser ces regroupements de cas dans le temps et l'espace obéissent à une démarche scientifique rigoureuse et transparente (décrite dans un guide méthodologique disponible en ligne sur le site de l'InVS : [http://www.invs.sante.fr/pmb/invs/\(id\)/PMB_5845](http://www.invs.sante.fr/pmb/invs/(id)/PMB_5845)), déroulée par étapes successives. Elle consiste à rencontrer les déclarants et décrire la situation locale, dénombrer et authentifier les cas faisant l'objet du cluster, analyser la réalité de l'excès de cas par rapport à une situation de référence et enfin rechercher une exposition potentielle des cas à un facteur de risque connu de la maladie qui pourrait expliquer le regroupement observé. Cette approche graduée présente toutefois d'importantes limites méthodologiques et il est rare que l'investigation conduise à identifier une cause externe à la survenue de cas groupés de maladie. Cependant, elle permet de prendre en compte les signalements locaux, de replacer les objectifs de l'investigation de terrain dans le contexte plus général de la recherche épidémiologique sur les causes des maladies et elle contribue à l'appropriation, par les acteurs locaux, des méthodes mises en œuvre et des conclusions produites.

Références bibliographiques

[1] AFSSET (Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail). Les radiofréquences. Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences. Maisons-Alfort, Afsset, 2009.

[2] OMS (Organisation mondiale de la Santé). Extremely low frequency fields. Critères d'hygiène de l'environnement, Volume 238. Genève, OMS, 2007.

[3] SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks). Health Effects of Exposure to EMF. Brussels, European Commission, 2009.

[4] INSERM (Institut national de la santé et de la recherche médicale) et IFSTTAR (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux). Expertise collective : Téléphone et sécurité routière. Paris, Inserm, 2011.

[5] Souques M. et al. Effets des champs magnétiques de 50, 60 Hz et de 20 à 50 kHz sur le fonctionnement des cardio-stimulateurs implantés. Environnement, risques et santé, 1(2), 2002.

[6] Sermage-Faure C. et al. Childhood leukaemia close to high-voltage power lines - The Geocap study, 2002-2007. British Journal of Cancer, 108(9), 2013.

[7] AFSSET (Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail). Les extrêmement basses fréquences : Effets sanitaires des champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences. Maisons-Alfort, Afsset, 2010.

- [8] CIRC (Centre international de recherche sur le cancer). Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields, Volume 80. Genève, OMS, 2002.
- [9] ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail). Radiofréquences et santé - Mise à jour de l'expertise. Maisons-Alfort, Anses, 2013.
- [10] The Interphone Study Group. Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: Results of the INTERPHONE international case-control study. *International Journal of Epidemiology*, 39(3), 2010.
- [11] Benson, V.S. et al. "Mobile phone use and risk of brain neoplasms and other cancers: Prospective study. *International Journal of Epidemiology*, 42(3), 2013.
- [12] CIRC (Centre international de recherche sur le cancer). Non-ionizing radiation, Part 2: Radiofrequency electromagnetic fields, Volume 102. Genève, OMS, 2013.
- [13] Garcia A.M. et al. Occupational exposure to extremely low frequency electric and magnetic fields and Alzheimer disease: A meta-analysis. *International Journal of Epidemiology*, 37(2), 2008.
- [14] Schmid M.R. et al. Sleep EEG alterations: Effects of different pulsemulated radio frequency electromagnetic fields. *Journal of Sleep Research*, 21(1), 2012.
- [15] Baliatsas C. et al. Non-specific physical symptoms in relation to actual and perceived proximity to mobile phone base stations and powerlines. *BMC Public Health*, 11, 2011.
- [16] OMS (Organisation mondiale de la santé). Champs électromagnétiques et santé publique : Hypersensibilité électromagnétique. Genève, OMS, 2005.