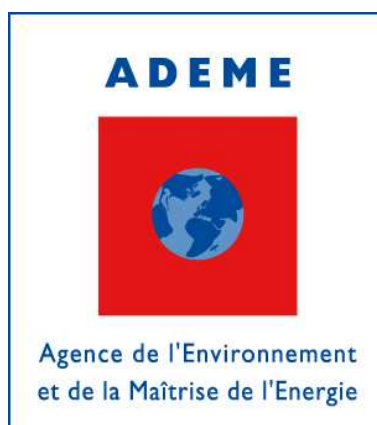


**LABORATOIRE DE COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE
(Direction des Essais)
LABORATOIRE DE METROLOGIE HAUTE FREQUENCE
(Direction de la Métrologie Scientifique et Industrielle)**

Dossier n° M010492

**ESTIMATION DE L'IMPACT SANITAIRE DES PRINCIPALES
SOURCES DE CHAMP ELECTROMAGNETIQUE EN
ENVIRONNEMENT RESIDENTIEL.**



RAPPORT D'ETUDE

Suivi par monsieur Bruno LAFITTE, ADEME service Bâtiment.

Le 15 novembre 2011

**Le Responsable du Département
CEM et Sécurité électrique**



Romuald GORJUP



**Le chef de projet
et rédacteurs**



**Alexandre LUCE
Yannick LE SAGE**

Synthèse

Champs basses fréquences (inférieures à 300 Hz).

Le Centre international de Recherche sur le Cancer de l'Organisation Mondiale de la Santé considère un risque accru de leucémie pour l'enfant soumis au champ magnétique basse fréquence d'amplitude supérieure à 0,2 - 0,4 μ T.

La proximité de ligne à haute tension est un élément permettant d'atteindre cette valeur.

Ainsi, RTE (distributeur d'électricité français) estime que 0,6 % de la population serait soumis à cette valeur de champ.

Certaines études considèrent l'émission des réveils électriques comme contribuant fortement à cette valeur. Les mesures réalisées sur ces appareils indiquent également un fort niveau de champ électrique (30 V/m à 30 cm). Les champs électriques relevés sur les sèche-cheveux sont du même ordre de grandeur.

Les rasoirs électriques et les tondeuses électriques à cheveux constituent la source d'émission la plus importante en basse fréquence. Ils pourraient être à l'origine de champs magnétiques supérieurs aux limites réglementaires. Une surveillance s'impose sur ces appareils.

Certains autres appareils tenus pourraient constituer une source importante de champ local au niveau de la main. Les appareils concernés sont le sèche-cheveux et les outils électriques portatifs.

Le champ magnétique de grande amplitude est considéré comme pouvant accentuer la mort cellulaire. Par contre, aucune étude n'a pu démontrer un effet sur la reproduction, la tératogenèse (malformations congénitales), le développement de tumeurs, de maladies cardio-vasculaires, de dépressions ou de maladie neurodégénérative.

Champs à fréquences intermédiaires (de 300 Hz à 10 MHz).

Les études épidémiologiques sur les champs à fréquence intermédiaire sont insuffisantes à ce jour pour aboutir à des conclusions définitives. Cette bande de fréquence concerne notamment les lampes fluo-compactes, dont le niveau de champ électrique peut être important (plusieurs dizaine de volts par mètre), mais inférieur aux seuils définis par l'ICNIRP, repris dans tous les textes législatifs.

Les plaques à inductions, concernées par la même bande de fréquence, souffrent par contre d'une absence de mesures fiables.

Parmi les émetteurs dans les fréquences intermédiaires, les dispositifs de Courant Porteur en Ligne (CPL) sont considérés par la recommandation de la commission du 6 avril 2005 comme des réseaux câblés (énergie conduite et non rayonnée).

A ce titre, ces dispositifs sont soumis à la directive CEM, qui impose des mesures de rayonnement au-dessus de la fréquence de fonctionnement de ces dispositifs.

Il n'y a donc pas de surveillance réglementaire du niveau de champ magnétique émis par ces dispositifs.

De plus, nous constatons l'absence de campagne de mesure sur ces matériels, ainsi que le manque d'études épidémiologiques (notamment sur la qualité du sommeil).

Champs hautes fréquences (supérieures à 10 MHz).

Quelques études épidémiologiques semblent montrer un effet lié à l'émission provenant des tours hertziennes, sur le cycle de mélatonine et la qualité du sommeil, ainsi que sur l'augmentation de E1G chez la femme ménopausée.

Parmi les sources les émissions hautes fréquences, le téléphone portable représente la source la plus puissante et la plus proche du cerveau. Toutes les autres émissions « wireless » domestiques : wi-fi, bluetooth, baby-phone, etc. apparaissent nettement inférieures aux niveaux générés par les mobiles.

Certains téléphones portables ont un niveau d'émission (DAS mesuré en W/kg) proche de la valeur limite fixée par décret.

Un champ électromagnétique haute fréquence peut également provenir de « fuites » de vieux fours à micro-ondes. Les quelques données accessibles suggèrent une grande disparité dans les niveaux d'émissions.

Concernant les effets des champs hautes fréquences, il a été constaté une production accrue d'une enzyme particulière (ODC) chez la souris soumise à de grands champs (supérieurs aux seuils limites pour l'être humain). Il pourrait y avoir également une modification de l'électro-encéphalographie du cerveau humain, de la structure du sommeil et des processus cognitifs.

Pour les champs électromagnétiques de quelque nature que ce soit, aucune étude portée à notre connaissance ne montre de lien avec le développement de tumeurs à court et long terme.

De même, l'hypersensibilité n'a pas été démontrée en haute et basse fréquence par la majorité des études auxquelles nous avons eu accès.

SOMMAIRE :

1	Objet du document.....	6
2	Contexte et rappel des objectifs de l'étude.....	6
3	Rappel physique sur la nature des champs électromagnétiques.....	8
3.1	Objet.....	8
3.2	Modèle corpusculaire et rayonnement ionisant.....	8
3.3	Modèle ondulatoire et rayonnement non-ionisant.....	9
4	Recensement des sources électromagnétiques en milieu résidentiel.....	11
4.1	Démarche d'identification des sources d'émission de champ électromagnétique en milieu résidentiel.....	11
4.1.1	Démarche générale.....	11
4.1.2	Recherches bibliographiques.....	12
4.1.2.1	Sources scientifiques et académiques.....	12
4.1.2.2	Equations de recherche.....	12
4.1.2.3	Recherches complémentaires : Normes/Réglementation et Certification HQE.....	13
4.2	Identification des sources d'émission de champ électromagnétiques en milieu domestique.....	13
4.3	Classification des sources identifiées en fonction des fréquences d'émission.....	16
4.3.1	Introduction des trois domaines de fréquence.....	16
4.3.2	Les sources pouvant relever du domaine « basse fréquence ».....	16
4.3.3	Les sources pouvant relever du domaine « moyenne fréquence ».....	17
4.3.4	Les sources relevant du domaine « haute fréquence ».....	17
4.3.5	Tableau récapitulatif de la classification fréquentielle des sources.....	17
5	La réglementation sur les expositions aux champs électromagnétiques.....	19
5.1	Introduction aux seuils de référence ICNIRP.....	19
5.2	La réglementation applicable.....	20
5.3	La recommandation 1999/519/CE publiée le 30 juillet 1999, pour l'exposition du public.....	21
5.4	Le décret 2002-775 du 3 mai 2002.....	22
5.5	La directive 2004/108/CE (directive CEM).....	23
5.6	La directive 1999/5/CE concernant l'émission des équipements hertziens et les équipements terminaux de télécommunication (appelée directive R&TTE).....	24
5.7	La directive 2006/95/CE (directive « basse tension ») concernant la sécurité des personnes.....	25
5.8	La recommandation de la commission du 6 avril 2005 sur la communication électronique à large bande par courant porteur.....	26
6	Evaluation du niveau de champ émis pour les sources identifiées.....	28
6.1	Les sources basses et moyennes fréquences.....	28
6.1.1	Les appareils domestiques.....	28
6.1.2	Les lampes fluo-compactes.....	31
6.1.3	Exploitation des données et comparaison des appareils basses et moyennes fréquences avec les seuils ICNIRP.....	31
6.1.3.1	Compilation des données.....	31
6.1.3.2	Sélection des émetteurs principaux et comparaison avec les seuils ICNIRP.....	32
6.1.4	Les champs électriques et magnétiques du réseau 50 Hz.....	34

6.1.5	Les mesures relevées dans les études.....	35
6.2	Les sources relevant du domaine « haute fréquence ».....	36
6.2.1	Les réseaux sans fil RLAN (Radio Local Area Network) ou WLAN (Wireless Local Area Network).....	36
6.2.1.1	La réglementation des puissances.....	36
6.2.1.2	L'évaluation du niveau de champ.....	38
6.2.2	Les fours à micro-ondes.....	39
6.2.3	Les téléphones portables.....	40
6.3	Synthèse sur l'évaluation des niveaux de champs émis.....	42
7	Analyses des effets des champs électromagnétiques.....	44
7.1	Les travaux de référence de l'ICNIRP.....	44
7.2	Les autres acteurs.....	44
7.3	Les effets des champs en fonction du domaine de fréquence.....	45
7.3.1	Les « basses fréquences ».....	45
7.3.1.1	Etudes « in vitro ».....	46
7.3.1.2	Etudes sur les animaux.....	47
7.3.1.3	Epidémiologie.....	48
7.3.1.4	Hypersensibilité électromagnétique.....	50
7.3.1.5	Synthèse sur les effets des champs « basses fréquences ».....	51
7.3.2	Les « moyennes fréquences ».....	52
7.3.2.1	Facteurs physiologiques.....	52
7.3.2.2	Terminaux cathodiques de télévision et d'ordinateur (VDU, VDT).....	53
7.3.2.3	Plaques de cuisson domestiques à induction.....	54
7.3.2.4	Les lampes fluo-compactes (LFCs) basse consommation.....	55
7.3.2.5	Conclusion sur les « moyennes fréquences ».....	55
7.3.3	Les « hautes fréquences ».....	55
7.3.3.1	Applications FM –RADIO-(TV): (80 - 400 MHz).....	56
7.3.3.1.1	Effets biologiques.....	56
7.3.3.1.2	Effets cancérigènes.....	57
7.3.3.2	Communications sans fil.....	58
7.3.3.2.1	Etudes cellulaires.....	58
7.3.3.2.2	Etudes animales.....	59
7.3.3.2.3	Études humaines.....	60
7.3.3.2.4	Effets sur la barrière hémato-encéphalique (BHE).....	60
7.3.3.2.5	Développement.....	61
7.3.3.2.6	Etudes épidémiologiques.....	61
7.3.3.2.7	Hypersensibilité électromagnétique.....	62
7.3.3.3	Synthèse sur les effets des champs « hautes fréquences ».....	64
7.3.3.4	Recommandations de l'AFFSET pour limiter l'impact du champ électromagnétique.....	65
7.4	Synthèse sur les effets des champs électromagnétiques.....	65
8	Recommandations et proposition du LNE liées aux manques d'études identifiés.....	67
9	Annexe 1 : Bibliographie.....	68
10	Annexe 2 : liste des appareils électrodomestiques pouvant émettre un champ magnétique, dans la norme EN 50366/A1 (2006).....	92

1 Objet du document.

Ce document constitue le rapport d'étude défini au titre du marché n°1104C0012 notifié par l'ADEME.

2 Contexte et rappel des objectifs de l'étude.

L'objectif de la démarche HQE (Haute Qualité Environnementale) est de réaliser des bâtiments neufs ou d'améliorer des bâtiments existants en limitant au maximum leurs impacts sur l'environnement, lors de la construction, de l'exploitation puis de la démolition.

Les rayonnements électromagnétiques sont une forme de transport d'énergie sans support matériel. Très divers par la quantité d'énergie qu'ils transportent et leurs possibilités d'interactions avec la matière, ils sont de plus en plus présents dans notre environnement quotidien compte tenu des services rendus en terme de transmission de l'information.

Ces dernières années, la controverse publique autour de l'impact sanitaire des rayonnements électromagnétiques a connu une ampleur inédite. Tandis que les publications scientifiques et les rapports d'experts se sont multipliés à l'échelle internationale, la question a également donné lieu à des débats au niveau national qui ont pris place en dehors de l'univers scientifique.

Il existe ainsi un grand nombre de systèmes sans fil qui utilisent des émetteurs radiofréquences situés ou non à l'intérieur du bâtiment et qui participent au niveau de champ électromagnétique ambiant mesurable dans l'environnement à proximité et à l'intérieur du bâtiment. Parmi ceux-ci se trouvent les antennes relais des téléphones portables, les émetteurs dits radio et les émetteurs TV.

Les lignes de transport d'énergie requièrent également le contrôle des impacts environnementaux.

Comme autre source de rayonnement, nous pouvons citer les Courant Porteurs en Ligne qui sont utilisés en remplacement du système de communication sans fil Wi-Fi ou pour le transfert de données de certains compteurs communicants. Les systèmes de communication sans fil Bluetooth sont aussi de plus en plus présents dans notre environnement.

De façon générale, tout appareil utilisant de l'électricité rayonne un champ électromagnétique. Citons l'exemple des lampes fluo-compactes qui ont été objet d'inquiétudes à l'origine du ralentissement de leur diffusion sur le marché. Celles-ci utilisent un ballast électronique pour les alimenter, lequel émet des champs électromagnétiques.

Les systèmes permettant d'exploiter les sources d'énergie renouvelables sont eux aussi sujets à discussion, notamment quand ceux-ci sont intégrés au bâtiment et donc à proximité constante de l'homme (panneaux photovoltaïques, pompes à chaleur...)

Les objectifs de cette étude sont donc :

- Inventorier les différentes sources des champs électromagnétiques ayant une valeur significative dans un bâtiment de type résidentiel, et à proximité de celui-ci, tel que défini dans la méthodologie.

- Recueillir les données permettant de comparer l'émission de ces sources par rapport aux recommandations en vigueur relatives à l'impact sanitaire de ces champs.
- Identifier les discussions en cours avec une synthèse des prises de positions des différentes parties prenantes.
- Donner des recommandations quant aux études complémentaires et mesures éventuelles permettant de limiter au maximum l'impact sur l'environnement des sources de champs électromagnétiques.

3 Rappel physique sur la nature des champs électromagnétiques.

3.1 Objet.

Cette étude portant sur l'impact sanitaire des champs électromagnétiques, nous proposons en premier lieu de faire un rappel simple sur la nature physique des champs électromagnétiques.

Un rayonnement électromagnétique a une double nature corpusculaire et ondulatoire. Il est de convention de représenter ce rayonnement sous forme corpusculaire pour les émissions hautes fréquences, notamment les rayonnements ionisants expliqués ci-après, et sous forme ondulatoire pour les fréquences les plus basses.

3.2 Modèle corpusculaire et rayonnement ionisant.

Le modèle corpusculaire prévoit une émission sous forme de quanta d'énergie. L'énergie d'un quantum est définie par la relation suivante :

$$E = \frac{1,24 \times 10^{-6}}{\lambda}$$

avec

E : énergie (en eV).

λ : longueur d'onde (en mètre).

Il en résulte que l'énergie d'un quantum dépend directement de la longueur d'onde.

La longueur d'onde dans le vide étant liée à la fréquence par la relation suivante :

$$\lambda_0 = \frac{C}{\nu}$$

λ_0 : longueur d'onde dans le vide (en mètre).

C : vitesse de la lumière ($\approx 3 \times 10^8$ m/s)

ν : fréquence de l'onde (en Hz).

Ainsi, plus la longueur d'onde est petite, plus la fréquence d'émission est élevée et plus l'énergie d'un quantum est grande.

Le seuil énergétique pour ioniser les atomes d'hydrogène et d'oxygène (c'est à dire pour arracher les électrons de ces atomes), est d'environ 13,6 eV. Une telle énergie apportée change complètement la nature des atomes. Dans la relation ci-dessus, nous constatons que le seuil d'ionisation est obtenu pour une longueur d'onde de 100 nm environ, c'est à dire une fréquence d'émission supérieure à 3×10^{15} Hz. Il s'agit des fréquences supérieures à celle de la lumière visible. Les types d'onde concernés sont les rayonnements X et gamma. La dangerosité de ce type de rayonnement est reconnue depuis le début du 20^{ème} siècle. Le reste de l'étude présente n'approfondira pas le rayonnement ionisant qui a déjà fait l'objet de maintes publications.

Les ondes électromagnétiques de fréquences inférieures au seuil d'ionisation étaient considérées jusqu'au milieu du 20^{ème} siècle comme inoffensives. Seuls quelques radaristes ayant subi l'effet thermique d'un rayonnement étaient alertés du danger potentiel des rayonnements non-ionisant. L'avènement du four à micro-onde à depuis convaincu la population de l'interaction des champs non-ionisants avec la matière organique.

3.3 Modèle ondulatoire et rayonnement non-ionisant.

Dans le modèle ondulatoire, le champ électromagnétique est composé d'un champ électrique et d'un champ magnétique, lesquels sont orthogonaux.

La représentation d'un champ électromagnétique de forme sinusoïdale est donnée ci-dessous.

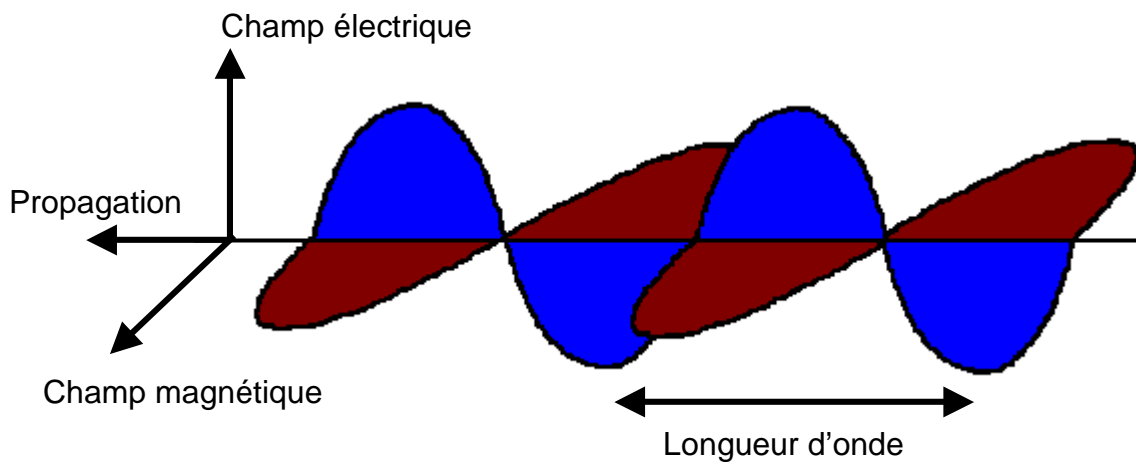


Figure n°1 : Représentation ondulatoire d'un champ électromagnétique sinusoïdal.

Si un champ électromagnétique est toujours composé d'un champ électrique et d'un champ magnétique, sa nature dépend du rapport entre ces deux champs.

Le rapport entre le champ E et H dépend :

- du type de source,
- de la distance à la source.

1- Lorsqu'on se situe loin de la source d'émission (zone de Fraunhofer), le rapport entre le champ E et le champ H est parfaitement fixé :

$$\frac{E}{H} = 120 \pi$$

Dans cette zone, l'amplitude du champ est inversement proportionnelle à la distance à la source.

2- Lorsqu'on se situe proche de la source d'émission (zone de Rayleigh), il existe une prédominance du champ électrique ou magnétique.

- un champ à prédominance électrique (appelé champ électrique) est créé par une variation de tension.

- un champ à prédominance magnétique (appelé champ magnétique) est créé par une variation de courant.

Dans cette zone, l'amplitude du champ est inversement proportionnelle au carré ou au cube de la distance à la source. Cela implique que, dans cette zone, l'amplitude du champ augmente de façon très importante lorsqu'on se rapproche de la source.

Il existe une zone intermédiaire, appelée zone de Fresnel que nous ne développerons pas. La distance de la source à partir de laquelle s'établit la zone de champ lointain est fonction de la taille de l'objet rayonnant, mais surtout de la fréquence d'émission.

Cela signifie d'une part que pour les champs haute fréquence, on se trouve très rapidement en champ lointain (champ formé avec un rapport champ électrique / champ magnétique constant). Cela implique surtout que les champs à prédominance électrique ou magnétique se rencontrent pour les rayonnements à basse fréquence.

Les effets sanitaires des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques sont expliqués au cours de ce document.

4 Recensement des sources électromagnétiques en milieu résidentiel

4.1 Démarche d'identification des sources d'émission de champ électromagnétique en milieu résidentiel.

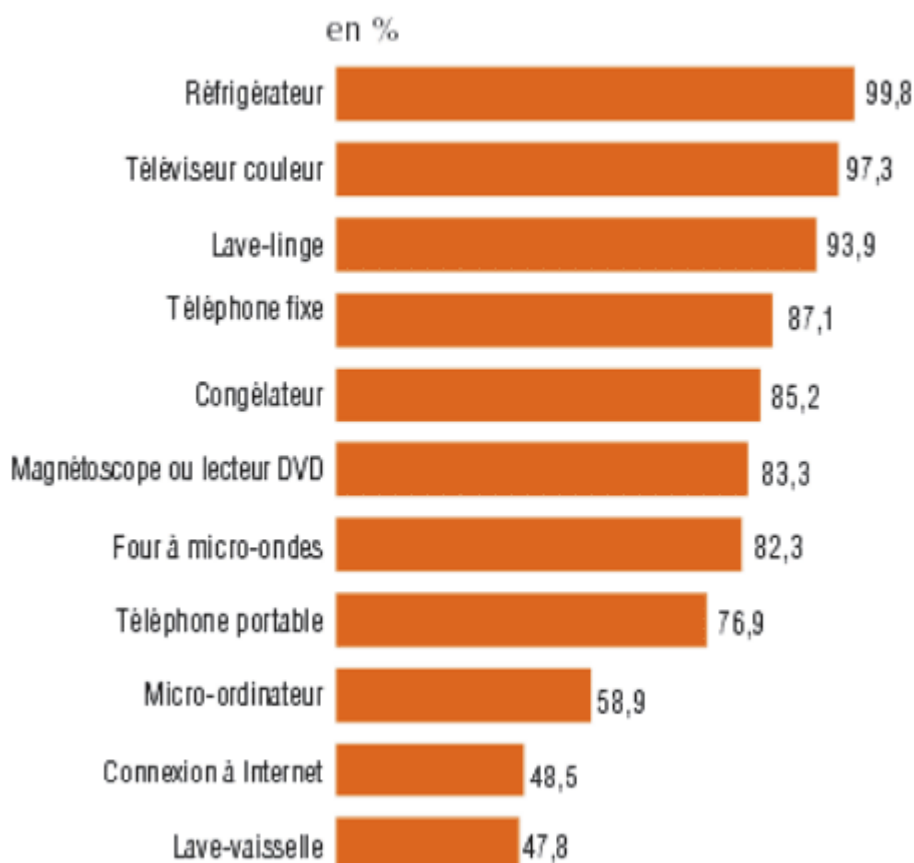
4.1.1 Démarche générale

L'identification des sources électromagnétiques dans l'habitat a été faite à partir des recherches bibliographiques précises, dont la méthode est décrite au chapitre suivant.

Nous nous sommes également appuyés sur les connaissances du laboratoire national de métrologie et d'essais sur les équipements présents à l'intérieur de l'habitat.

Les sources INSEE de taux d'équipement des ménages en bien durable (ci-dessous), qui prend en compte certains équipements, ont conforté les recherches entreprises.

Taux d'équipement des ménages en biens durables en 2007



Champ : ensemble des ménages en France métropolitaine.

Figure n°2 : Taux d'équipement des ménages en bien durable pour la France métropolitaine en 2007.[source site web INSEE]

4.1.2 Recherches bibliographiques

4.1.2.1 Sources scientifiques et académiques.

Le travail bibliographique a été construit en deux étapes.

La première étape a consisté à effectuer un recensement d'organismes internationaux et européens afin de repérer les publications ou différents travaux d'organismes reconnus. Ensuite, à partir de ces sources, nous avons établi un état des lieux sur les thématiques étudiées et récupéré les bibliographies déjà réalisées.

La deuxième étape a consisté à effectuer une recherche des publications scientifiques. Les bases de données choisies pour effectuer la recherche ont été INSIDE et SCOPUS.

Ces deux bases regroupent une multitude de sources scientifiques : INSIDE recense près de 20000 revues et près de 100 000 actes de conférences. SCOPUS recense plus de 18000 revues, près de 3.6 millions actes de conférence, près de 435 millions de pages Web ou encore 23 millions de brevets.

Mises à jour régulièrement voire quotidiennement, elles offrent également la possibilité de sauvegarder les recherches et d'établir des veilles des nouvelles publications ou entrées à partir des recherches déjà établies. Elles permettent aussi de faire des liens entre les différentes publications, repérer les auteurs les plus publiés par rapport aux thèmes recherchés.

4.1.2.2 Equations de recherche.

Les équations de recherche ont été posées en anglais et en français à l'aide des opérateurs booléens et de troncatures, en tenant compte à chaque fois des différentes déclinaisons des mots clés, à savoir leurs différentes expressions, écritures ou traductions.

Les principaux mots clés ou expressions utilisés sont : « champ électromagnétique », « radiofréquence », « ELF », « EMF », « EMC », « champ ou rayon non ionisant », « fréquence », « risque sur la santé », « impact sur la santé », « santé », « risque », « exposition résidentielle », « habitation », « résidence », « exposition », « environnement », « appareil électroménager », « appareil domestique », « appareil électrodomestique », « téléphone portable », « téléphone mobile », « antenne », « wifi », « bluetooth », « sans fil »

Lors de la recherche, nous avons exclu les thématiques « exposition professionnelle », « études cliniques sur les animaux », « système de protection contre la foudre », « RFID ».

En raison du nombre important de résultats et des états des lieux déjà effectués et récupérés au préalable, il a été convenu d'effectuer une recherche sur les publications parues depuis 2009.

Cependant, pour certaines thématiques comme pour les appareils domestiques, nous avons choisi de citer certaines références antérieures à 2009 jugées intéressantes ou citées par des organismes de référence.

Chaque grande équation de recherche a ensuite fait l'objet d'une veille afin d'être alerté des nouvelles parutions.

4.1.2.3 Recherches complémentaires : Normes/Réglementation et Certification HQE

Une recherche complémentaire a été aussi effectuée pour identifier les références des normes françaises et européennes ainsi que la réglementation spécifique aux courants porteurs en ligne. Ce travail a été réalisé à partir de la base de données PERINORM, les sites officiels LEGIFRANCE, EUR-LEX, ETSI.

Une autre recherche a été faite pour identifier les référentiels de certification HQE en lien avec la problématique des champs électromagnétiques à partir des principales sources suivantes : AFNOR Certification, Association HQE, CEQUAMI, CERQUAL, CERTIVEA

4.2 Identification des sources d'émission de champ électromagnétiques en milieu domestique

Les sources d'émission de champ électromagnétique en milieu résidentiel sont les suivants :

Radio et télévision externe :

- Télédiffuseurs radio et télévision externes.

Téléphonie mobile :

- Bornes de téléphonie mobile GSM, GPRS et UMTS,
- Téléphones portables,
- Téléphones DECT.

Communications Wireless :

- Carte Wi-Fi – Wimax,
- Carte Bluetooth,
- Télécommande domotique,
- Interphones bébé,
- Alarmes sans fil,
- Courant porteur en ligne,
- Jouets télécommandés,
- Télécommande de portail,
- Thermomètres extérieurs,
- Portiers vidéo sans fil,
- Alarmes sans fil,
- Caméras de vidéo-surveillance domestiques,
- Transmetteurs de salon audio-vidéo
- Etc.

Chauffage électroménager des aliments à émission électromagnétique :

- Four à micro-ondes,
- Plaques à induction.

Gros appareils électroménagers :

- Réfrigérateur,
- Lave-linge,
- Congélateur,
- Lave vaisselle,
- Four,
- Hotte électrique,
- Cave à vin,
- Etc.

La liste pour ce type d'appareil est très importante et en perpétuelle évolution. Une liste des appareils électrodomestiques pris en compte par la norme EN 50366/A1 (2006) est donnée en annexe 2. Cette norme concerne la méthode de mesure du champ magnétique basse fréquence provenant des appareils électrodomestiques.

Petits appareils électroménagers :

- Mixeurs,
- Centrale vapeur,
- Machine à café,
- Couverture électrique,
- Ventilateur,
- Fer électrique,
- Grille pains,
- Aspirateur,
- Appareils de cuisson mobile (pierrade, raclette, etc.),
- Appareils à smoothies,
- Yaourtière,
- Presse agrumes,
- Friteuse,
- Machine à pain,
- Robots multifonction,
- Sorbetière électrique,
- Cireuse de chaussure,
- Etc.

Comme précédemment, une liste des appareils électrodomestiques concernés par la norme EN 50366/A1 (2006) est donnée en annexe 2.

Appareils de jardinage :

- Tondeuses à gazon,
- Coupe bordure,
- Taille-haies,
- Souffleur de jardin,
- Etc.

Appareils de bricolage :

- Perceuse,
- Visseuse,
- Meuleuse,
- Ponceuse,
- Scies circulaire,
- Scies sauteuse,
- Rabot électrique,
- Poste à souder,
- Nettoyeur à haute pression,
- Etc.

Appareils audio-vidéo :

- Téléviseur,
- Lecteur DVD, magnétoscope,
- Chaîne Hi-fi,
- Etc.

Appareils de traitement de l'information :

- Micro-ordinateur,
- Ecran d'ordinateur,
- Imprimante,
- Modem,
- Fax,
- Cadre photo numérique,
- Etc.

Appareils de soins/beauté :

- rasoir électrique et tondeuses,
- épilateur,
- Sèche cheveux,
- Brosse à dent électrique,
- Masseur électrique,
- Electrostimulateur,
- Etc.

Transport et transformation d'énergie :

- Lignes à haute tension,
- Réseau d'alimentation interne des bâtiments,
- Chargeur à induction,
- Chargeur de batterie,
- Convertisseur d'alimentation,
- Panneaux photovoltaïques.

Chauffage :

- Pompes à chaleur,
- Air conditionné.

Eclairage :

- Néons,
- Lampe fluo-compact,
- Guirlandes électriques.

4.3 Classification des sources identifiées en fonction des fréquences d'émission.

4.3.1 Introduction des trois domaines de fréquence.

Trois domaines de fréquence sont généralement définis en terme d'impact sanitaire du champ électromagnétique.

Le domaine « basse fréquence » concerne les fréquences inférieures à 300 Hz. On y trouve en premier lieu les émissions liées au réseau d'électricité (50 Hz en France). Il s'agit soit de champ électrique, dans le cas de lignes à haute tension, soit de champ magnétique généré par le passage du courant (dans les câbles d'alimentation de l'habitat, ou bien au sein des transformateurs).

Le champ magnétique basse fréquence peut également être généré par les moteurs électriques des appareils électro-domestiques.

On appelle domaine « moyenne fréquence » la zone intermédiaire située entre 300 Hz et 10 MHz. Il s'agit également de champ électrique ou de champ magnétique, selon le type de matériel concerné.

Le domaine « haute fréquence » concerne les fréquences supérieures à quelques dizaines de MégaHertz. Il s'agit des émissions provenant soit de l'électronique des appareils, soit des émissions intentionnelles générées par les appareils de télécommunication. Il s'agit dans ce cas d'un champ électromagnétique (E et H).

4.3.2 Les sources pouvant relever du domaine « basse fréquence ».

- Gros appareils électroménagers,
- Petits appareils électroménagers,
- Appareils de jardinage,
- Appareils de bricolage,
- Appareils de soins/beauté,
- Transport et transformation d'énergie,
- Chauffage,

4.3.3 Les sources pouvant relever du domaine « moyenne fréquence ».

- Courant porteur en ligne,
- Plaques à induction.
- Gros appareils électroménagers,
- Petits appareils électroménagers,
- Appareils de jardinage,
- Appareils de bricolage,
- Appareils de soins/beauté,
- Chargeur à induction,
- Chargeur de batterie,
- Convertisseur d'alimentation,
- Pompes à chaleur,
- Air conditionné.
- Eclairage.

4.3.4 Les sources relevant du domaine « haute fréquence ».

- Radio et télévision externe,
- Téléphonie mobile,
- Communications Wireless,
- Gros appareils électroménagers,
- Petits appareils électroménagers,
- Appareils de jardinage,
- Appareils de bricolage,
- Appareils audio-vidéo,
- Appareils de traitement de l'information,
- Appareils de soins/beauté,
- Transport et transformation d'énergie,
- Lampe fluo-compact,
- Guirlandes électriques.

4.3.5 Tableau récapitulatif de la classification fréquentielle des sources.

Nous constatons que certains types d'appareils peuvent avoir un spectre de rayonnement assez large, tel les appareils électroménager, de jardinage et de bricolage. En revanche, les appareils comportant des émissions intentionnelles ont un spectre étroit, tel les appareils de communication « Wireless » ou la téléphonie mobile.

Le tableau ci-dessous précise l'étendue d'émission pour chaque type d'appareil.

Source	« Basse fréquence »	« Moyenne fréquence »	« haute fréquence »
- Courant porteur en ligne,		-----	
- Chauffage,	-----	-----	
- Plaques à induction.		-----	
- Gros appareils électroménagers,	-----	-----	-----
- Petits appareils électroménagers,	-----	-----	-----
- Appareils de jardinage,	-----	-----	-----
- Appareils de bricolage,	-----	-----	-----
- Appareils de soins/beauté,	-----	-----	-----
- Chargeur à induction,		-----	
- Chargeur de batterie,	-----	-----	
- Convertisseur d'alimentation,	-----	-----	
- Pompes à chaleur,	-----	-----	
- Air conditionné.			
- Radio et télévision externe,			-----
- Téléphonie mobile,			-----
- Communications Wireless,			-----
- Appareils audio-vidéo,	-----		-----
- Appareils de traitement de l'information,	-----		-----
- Ligne à haute tension,	-----		
- Réseau d'alimentation,	-----		
- Lampe fluo-compact,		-----	-----
- Guirlandes électriques.		-----	-----

Tableau n°1 : Domaine fréquentiel d'émission des sources électromagnétiques dans l'habitat.

5 La réglementation sur les expositions aux champs électromagnétiques.

5.1 Introduction aux seuils de référence ICNIRP

La réglementation de la France, tout comme celle de nombreux autres pays, est basée sur les travaux et les limites fixées par l'ICNIRP (Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants).

L'ICNIRP est un organisme indépendant (organisation non gouvernemental) reconnue par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

A partir des publications consultées concernant les études épidémiologiques, l'ICNIRP a défini des seuils de référence pour l'ensemble du spectre de rayonnement électromagnétique.

Les seuils ICNIRP à ne pas dépasser sont différents pour les travailleurs et pour le public (tolérance aux champs plus grande pour les travailleurs). Il existe des seuils de champ électrique et de champ d'induction magnétique.

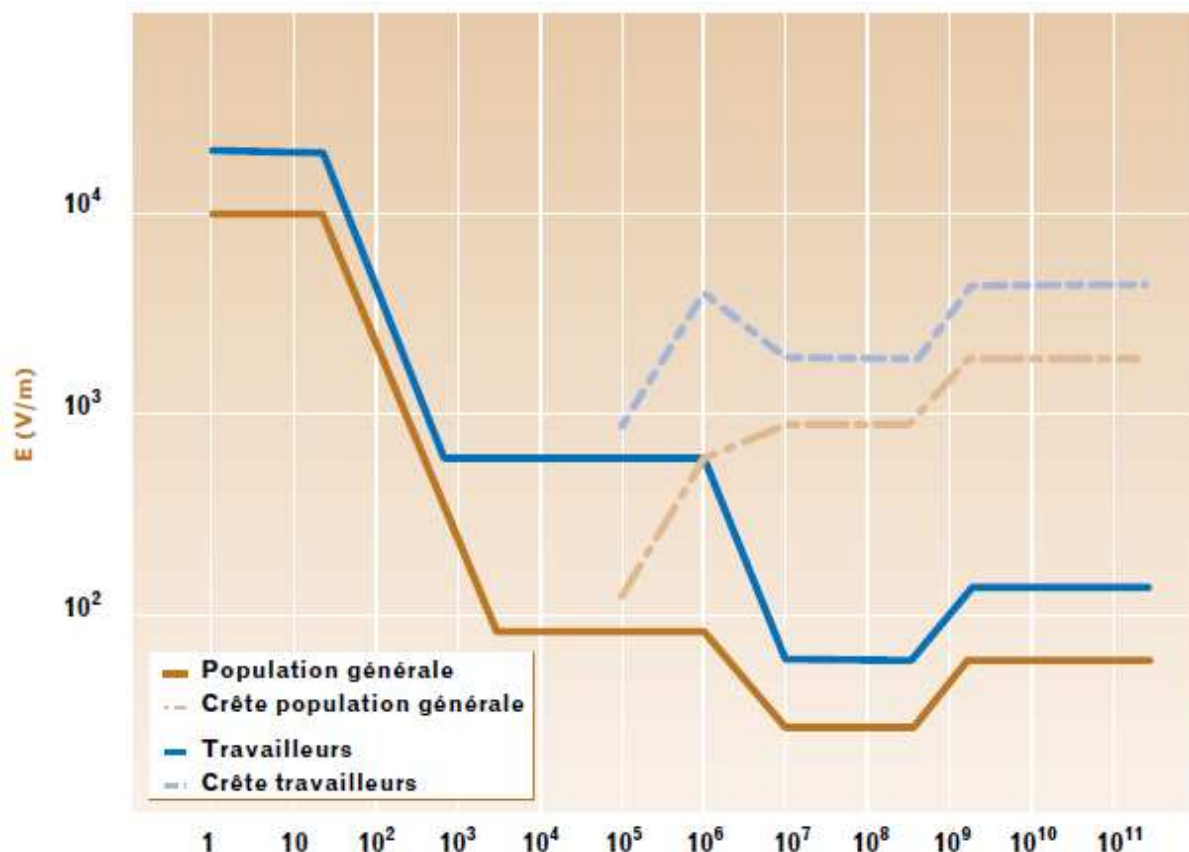


Figure n°3 : Seuils ICNIRP de champ électrique (source INRS).

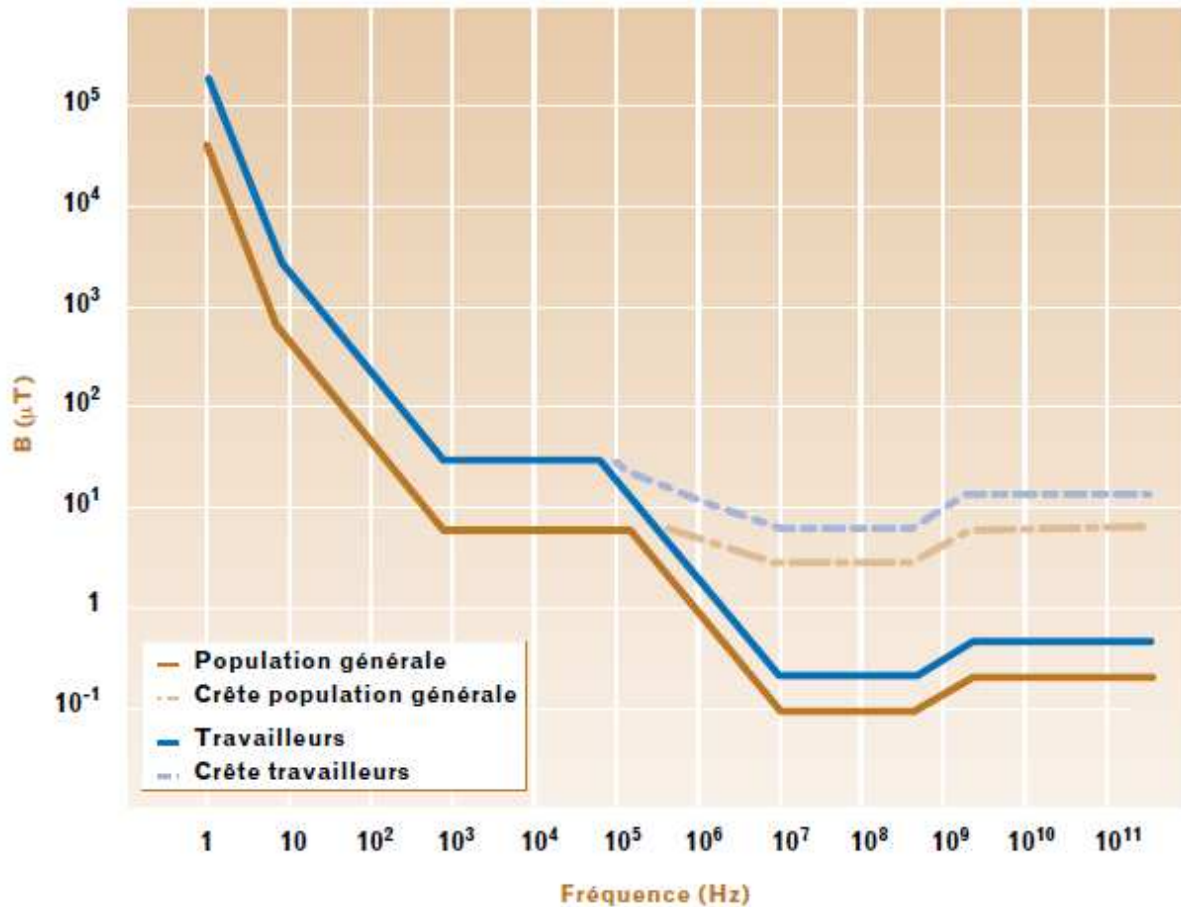


Figure n°4 : Seuils ICNIRP de champ d'induction magnétique (source INRS).

Ces seuils définis par l'ICNIRP sont utilisés dans la réglementation européenne et française.

Les travaux de référence ayant conduit à l'établissement de ces seuils sont décrits dans un chapitre dédié.

5.2 La réglementation applicable

La réglementation européenne concernant la protection au champ électromagnétique est constituée de :

- La directive européenne 2004/40/CE pour la protection des travailleurs. La protection des travailleurs ne faisant pas l'objet de cette étude, nous ne rentrerons pas dans son analyse.
- La recommandation 1999/519/CE publiée le 30 juillet 1999, pour l'exposition du public.

La recommandation 1999/519/CE concerne l'exposition du public indépendamment du type d'appareil émetteur.

Cette recommandation a été entièrement reproduite sous forme de décret (décret 2002-775 du 3 mai 2002) relatif aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques.

D'autres directives concernent l'émission des appareils.

La réglementation européenne concernant l'émission des appareils est constituée de :

- La directive 2004/108/CE (directive CEM)
- La directive 1999/5/CE concernant l'émission des équipements hertziens et les équipements terminaux de télécommunication (appelée directive R&TTE)
- La directive 2006/95/CE (directive « basse tension ») concernant la sécurité des personnes.
- La recommandation de la commission du 6 avril 2005 sur la communication électronique à large bande par courant porteur.

5.3 La recommandation 1999/519/CE publiée le 30 juillet 1999, pour l'exposition du public.

La recommandation 1999/519/CE relative à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques de 0 Hz à 300 GHz définit les valeurs limites d'exposition des personnes.

Les unités utilisées sont liées à la pénétration dans le corps et sont difficilement mesurables (elles relèvent d'un protocole de mesure particulier). Ainsi, les valeurs limites (appelées restriction de base dans la recommandation) sont définies selon les unités suivantes :

- Densité de courant (mA/m^2)
- Débit d'absorption spécifique (W/kg), puissance absorbée par le corps par unité de masse de tissu.

Ainsi, en ce qui concerne les téléphones portables, les valeurs limites de DAS à respecter sont de :

- 0,08 W/kg moyenné pour le corps entier ;
- 2 W/Kg pour le DAS, local (tête ou tronc), évalué sur 10 grammes de tissu contigu ;
- 4 W/kg pour le DAS local (membres) évalué sur 10 grammes de tissu contigu.

La recommandation définit également des niveaux de référence de champ électrique et de champ magnétique, mesurable beaucoup plus facilement.

- Champ électrique E (V/m),
- Champ magnétique H (A/m),
- Champ d'induction magnétique B (T), plus souvent exprimé en μT .

La relation entre B et H étant :

$$B = \mu_0.H$$

Avec μ_0 (perméabilité magnétique dans le vide) = $4.\Pi.10^{-7}$

Si les amplitudes des champs mesurés respectent les niveaux de référence, les valeurs limites d'exposition (restriction de base) sont considérées comme également respectées. Les niveaux de référence de la recommandation 1999/519/CE reprennent très précisément les valeurs limites d'exposition définies par l'ICNIRP pour l'exposition du public.

5.4 Le décret 2002-775 du 3 mai 2002

La recommandation 1999/519/CE a été transposée en droit français sous forme de décret 2002-775 du 3 mai 2002 et de l'arrêté du 8 octobre 2003 « relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques ».

Cette exigence réglementaire ne traite que des émissions liées aux antennes de télécommunication externes.

Pour les hautes fréquences, elle exige la mise en œuvre des mesures selon un protocole particulier de mesure de champs électromagnétique in situ de l'ANFR, version 2.1 du 3 mai 2004 : ANFR/DR 15-2.1. Il s'effectue en plusieurs étapes :

- Evaluation globale de l'environnement électromagnétique avec une sonde isotropique large bande en plusieurs points de mesures afin de déterminer les zones les plus sensibles.
- Evaluation détaillée de chaque bande de fréquence à l'aide d'un analyseur de spectre pour déterminer les différentes contributions par rapport au champ électromagnétique total mesuré précédemment.
- Vérification du respect des valeurs limites d'exposition définies par le décret n°2002-775 du 3 mai 2002. Un coefficient d'extrapolation est appliqué aux résultats de mesures concernant les bandes GSM et UMTS afin de tenir compte du trafic maximal à l'endroit de la mesure.

Les valeurs limites à respecter sont identiques à la recommandation 1999/519/CE, et reprennent les valeurs fixées par l'ICNIRP.

Pour chaque type d'émetteur, les niveaux maximum fixés sont donc les suivants :

Bandes de fréquences	Type d'émetteur	Niveaux de référence
9 kHz – 30 MHz	Services HF	28 V/m
30 MHz – 87.5 MHz	PMR	28 V/m
87.5 MHz – 108 MHz	FM	28 V/m
108 MHz – 880 MHz (hors TV)	PMR – BALISES	28V/m
47-68 MHz ; 174-223 MHz ; 470-830 MHz	TV	28 V/m
880 MHz – 960 MHz	GSM 900	40,4 V/m
960 MHz – 1710 MHz	RADARS – DAB	42,6 V/m
1710 – 1880 MHz	GSM 1800	56,8 V/m
1880 – 1900 MHz	DECT	59,6 V/m
1900 – 2200 MHz	UMTS	59,9 V/m
2200 – 3000 MHz	RADARS – BLR - FH	61 V/m

Tableau n°2 : Niveaux de référence ICNIRP par émetteur.

5.5 La directive 2004/108/CE (directive CEM)

La directive CEM 2004/108/CE est obligatoire depuis le 20 juillet 2009. Elle remplace la directive CEM 89/336/CEE.

Elle a été transposée en droit français par le décret 2006-1278 (18 octobre 2006).

Le respect de la directive CEM est une des conditions pour l'apposition du marquage CE (pour des produits électrique / électroniques). Ce marquage CE permet de mettre sur le marché les produits au sein de l'union européenne.

La compatibilité électromagnétique (CEM) est l'aptitude d'un appareil ou d'un système électrique, ou électronique, à fonctionner dans son environnement électromagnétique de façon satisfaisante, sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques intolérables pour tout ce qui se trouve dans cet environnement.

Ainsi, pour satisfaire à la directive européenne 2004/108/CE, un appareil doit :

- Émettre des perturbations inférieures à un seuil défini.
- Être immunisé pour des perturbations définies.

Cette première exigence impose le respect des normes d'essais de compatibilité électromagnétique.

Les normes de mesure de champ électromagnétiques sont les suivantes :

- EN 55014-1 pour les outils électriques et les chargeurs de batterie
- EN 55012 pour les appareils à moteurs thermiques
- EN 55022 pour les Appareils de Traitement de l'information (ATI),
- EN 55011 pour les appareils Industriels, Scientifiques et Médicaux,
- EN 61000-6-3 pour les appareils inclassables (norme générique) destinés à être utilisés en milieu résidentiel.

Ces normes renvoient toutes aux mêmes limites en ce qui concerne les équipements électriques destinés à être utilisés en environnement résidentiel.

Les valeurs des émissions parasites ne doivent pas dépasser :

- 30 dB μ V/m entre les fréquences 30 MHz et 230 MHz mesuré à 10 m.
- 37 dB μ V/m entre les fréquences 230 MHz et 1 GHz mesuré à 10 m.

Ces mesures étant effectuées à 10 m, il est délicat d'extrapoler les niveaux d'émissions proches des équipements (par exemple 50 cm).

Si nous utilisons une loi de décroissance proportionnelle à la distance (typique des émissions en champ lointain), nous pouvons avoir un ordre de grandeur des émissions parasites limites à 50 cm des appareils (surtout valides pour les hautes fréquences), soit :

- 56 dB μ V/m (soit 630 μ V/m) entre les fréquences 30 MHz et 230 MHz évalué à 50 cm.
- 63 dB μ V/m (soit 1,4 mV/m) entre les fréquences 230 MHz et 1 GHz évalué à 50 cm.

Ces niveaux sont excessivement faibles en regard des limites fixées par l'ICNIRP sur l'exposition humaine.

Il est à noter que ces limites ne sont applicables qu'aux parasites émis par les équipements entre les fréquences 30 MHz à 1 GHz, et que les émissions de champ électromagnétiques intentionnelles (pour un baby-phone par exemple) ne sont pas pris en compte par cette directive.

5.6 La directive 1999/5/CE concernant l'émission des équipements hertziens et les équipements terminaux de télécommunication (appelée directive R&TTE)

La directive 1999/5/CE dite R&TTE (Radio and Telecommunications Terminal Equipment) a été transposée en droit français par l'ordonnance n° 2001-670 du 25 juillet 2001. Elle s'applique à tout les équipements hertziens et aux équipements terminaux de télécommunications, y compris les équipements électro-médicaux et automobiles. Elle exclue les équipements relatifs à la sécurité publique et à la défense, radioamateurs, maritimes, de réception radiophonique ou de télévision et les équipements aéronautiques.

Les exigences essentielles de la directive s'articulent en quatre points :

- Respect de la santé et de la sécurité des personnes, qui se traduit par la prise en compte des exigences de la directive « basse tension » 2006/95/CE, expliquée au chapitre suivant,
- Respect de la compatibilité électromagnétique, qui se traduit par la prise en compte des exigences de la directive « CEM » 2004/108/CE,
- Respect du spectre de fréquence attribué, au travers des normes ETSI spécifiques de la directive R&TTE,
- Respect des protocoles de communication dans certains cas.

La directive définit deux classes d'appareils :

- Les équipements hertziens de classe 1 peuvent être mis sur le marché sans restriction. Ceux-ci utilisent les bandes de fréquence harmonisées conformément aux sous-classes définies.
- Les équipements hertziens de classe 2 sont tout ceux qui ne sont pas de classe 1. Ceux-ci peuvent soit être soumis à licence, soit être interdits d'utilisation dans toute ou partie du territoire de l'état membre.

Les normes harmonisées définissent des méthodes pour obtenir la conformité aux exigences essentielles de la directive. Un équipement conforme à une norme harmonisée pertinente obtient de fait une présomption de conformité à une ou plusieurs exigences essentielles de la directives.

La liste des normes harmonisées est publiée régulièrement. Chaque norme harmonisée traite d'une ou plusieurs exigences essentielles. Plusieurs normes harmonisées peuvent avoir à être utilisées pour obtenir une conformité à la directive R&TTE d'un équipement.

Par exemple, un équipement Wifi utilisera les normes harmonisées suivantes :

- EN 60950-1 (exigence essentielle de l'article 3, paragraphe 1, point a de la directive : sécurité des personnes - sécurité électrique)
- EN 50371 (exigence essentielle de l'article 3, paragraphe 1, point a de la directive : sécurité des personnes - exposition aux champs électromagnétiques)
- EN 301 489-17 (exigence essentielle de l'article 3, paragraphe 1, point b de la directive : compatibilité électromagnétique)

- EN 300 328 (exigence essentielle de l'article 3, paragraphe 2 de la directive : efficacité du spectre radio)

Nous voyons ainsi que l'aspect exposition humaine est pris en compte. Les normes harmonisées de la directive R&TTE traitant de l'exposition humaine sont les suivantes. Elles traitent tout type d'émetteurs et l'ensemble du spectre d'émission.

- EN 50360 : 2001. Norme de produit pour la mesure de conformité des téléphones mobiles aux restrictions de base relatives à l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques (300 MHz - 3 GHz)
- EN 50364 : 2010. Limitation de l'exposition humaine aux champs électromagnétiques émis par les dispositifs fonctionnant dans la gamme de fréquences de 0 Hz à 300 GHz, utilisés pour la surveillance électronique des objets (EAS), l'identification par radiofréquence (RFID) et les applications similaires
- EN 50371 : 2002. Norme générique pour démontrer la conformité des appareils électriques et électroniques de faible puissance aux restrictions de base concernant l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques (10 MHz - 300 GHz) - Public
- EN 50385 : 2002. Norme produit pour la démonstration de la conformité des stations de base radio et des stations terminales fixes pour les radiotélécommunications, aux restrictions de base et aux niveaux de référence relatifs à l'exposition de l'homme aux champs électromagnétiques (110 MHz - 40 GHz) - Application au public en général

Toutes ces normes se réfèrent aux valeurs limites définies par l'ICNIRP.

5.7 La directive 2006/95/CE (directive « basse tension ») concernant la sécurité des personnes.

La Directive 2006/95/CE est en application depuis 2007. Elle abroge et remplace la Directive 73/23/CEE modifiée.

Cette directive a été transposée en droit français par le décret 95-1081 du 3/10/95 (date d'application : 01/01/97)

Le domaine d'application est défini par l'article 1 de la directive. Il concerne tout matériel électrique destiné à être employé à une tension nominale :

- en tension alternative : 50 à 1000 V
- en tension continu : 75 à 1500 V

Il s'agit donc d'un domaine vaste qui concerne généralement l'ensemble des produits alimentés par le réseau électrique à basse tension, quel que soit leur usage.

Les exclusions sont définies dans l'annexe 2 de la directive, il s'agit :

- des matériels électriques pour atmosphère explosible,
- des matériels d'électroradiologie et d'électricité médicale,
- de la partie électrique des ascenseurs et des monte-charges,
- des compteurs électriques,
- des prises de courant (socles et fiches) à usage domestique,
- des dispositifs d'alimentation des clôtures électriques,

- des matériels spécialisés pour navires / avions / chemins de fer.

Les exigences essentielles de la directive concernent la sécurité de l'utilisateur, à savoir les dangers provenant du matériel :

- Les contacts directs et indirects avec les parties actives,
- L'absence de températures, arcs et rayonnement dangereux,
- La protection contre les dangers de nature non électrique,
- L'isolation du matériel adaptée aux contraintes prévues.

La directive prend également en compte les dangers de provenance externe au matériel électrique, tels que :

- Les réponses aux exigences mécaniques prévues,
- Les réponses aux influences non mécaniques prévues (condition d'environnement),
- La protection contre les surcharges prévues.

Depuis quelques années, la directive basse tension prend en compte les rayonnements électromagnétiques provenant des appareils. Les normes appelées sont les suivantes :

EN 50366 :2003

Appareils électrodomestiques et analogues - Champs électromagnétiques - Méthodes d'évaluation et de mesure.

EN 62233 :2008

Méthodes de mesures des champs électromagnétiques des appareils électrodomestiques et similaires en relation avec l'exposition humaine.

Ces normes ne prennent en compte que le rayonnement de champ magnétique basse fréquence. Le critère retenu est la conformité aux exigences de la recommandation 1999/519/CE qui se ramènent aux valeurs ICNIRP.

La liste du matériel concerné par ces normes est donnée en annexe 2 de ce document.

5.8 La recommandation de la commission du 6 avril 2005 sur la communication électronique à large bande par courant porteur.

La recommandation de la commission du 6 avril 2005 vise à faire le point sur les conditions réglementaires de mise sur le marché des dispositifs de communication électronique à large bande par courant porteur.

Il y est précisé que les systèmes de communications par courant porteur recouvrent les équipements comme les réseaux.

De plus, les réseaux de communication par courant porteur sont des réseaux câblés et, en tant que tels, des réseaux de transmission guidée. Ils n'utilisent pas de radiofréquences pour la transmission.

La seule contrainte réglementaire résultant de cette recommandation est le respect de la directive CEM.

Or, les essais de conformité de la directive CEM ne prévoient que des mesures d'émissions rayonnées à partir de la fréquence de 30 MHz.

La gamme de fréquence mesurée est donc supérieure aux fréquences d'émissions réellement générées par les dispositifs de Courant Porteur en Ligne (CPL).

En effet, on classe traditionnellement les CPL en deux catégories en fonction du débit offert. Les CPL à haut débit utilisent des modulations multiporteuses dans la bande 1,6 à 30 MHz (bande HF allant de 3 à 30 MHz). Les CPL à bas débit utilisent des techniques de modulations assez simples, par exemple quelques porteuses (mais une seule à la fois) en modulation de fréquence. Les bandes des fréquences utilisées sont comprises entre 9 et 150 kHz en Europe.

Il y a donc une lacune sur la surveillance réglementaire du niveau d'émission des dispositifs de courant porteur en ligne, vis-à-vis de leur impact sanitaire.

6 Evaluation du niveau de champ émis pour les sources identifiées.

6.1 Les sources basses et moyennes fréquences.

6.1.1 *Les appareils domestiques.*

Les appareils électrodomestiques émettent des champs magnétiques basses fréquences. Le site EMWATCH (en anglais) fait un inventaire des mesures réalisées sur différents appareils.

Les données disponibles sur le site sont exprimées en milliGauss. Afin d'être en mesure de réaliser une comparaison directe avec les seuils ICNIRP, nous reportons les données ci-dessous en microTesla.

La conversion se fait simplement avec :

$$1 \text{ mG} = 0,1 \mu\text{T}$$

Appareil électrique	Champ magnétique en μT à la distance de :			
	15cm	30cm	60cm	1.2m
Appareil d'air conditionné	0,3	0,1	0	0
Ecoute bébé	0,6	0,1	0	0
Chargeur de batterie	3	0,3	0	0
blender	7	1	0,2	0
Ouvre-boîte électrique	60	15	2	0,2
Téléphone portable (BF uniquement)	0,5	0,2	0	0
Réveil analogique	1,5	0,2	0	0
Réveil numérique	0,6	0,1	0	0
Sèche-vêtement	0,3	0,2	0	0
Machine à café	0,7	0	0	0
Ecran cathodique d'ordinateur	1,4	0,5	2	0
Ecran LCD d'ordinateur	0,1	0	0	0
Ordinateur	0,3	0,1	0	0
Ordinateur portable	0,5	0,1	0	0
Plaque électrique	3	0,8	2	0
Lave-vaisselle	2	1	0,4	0
ventilateur	0,3	0,1	0	0
Fax	0,6	0	0	0
Lampe fluo-compacte	4	0,6	0,2	0
Mixeur	10	1	0,1	0
Broyeur d'ordures	8	1	0,2	0
Sèche-cheveux	30	0,1	0	0
Convecteur soufflant	10	2	0,4	0
Chaîne HI-fi, lecteur CD etc.	0,1	0	0	0
Fer à repasser	0,8	0,1	0	0
Four à micro-onde (BF uniquement)	20	4	1	0,2
Four	0,9	0,4	0	0

Appareils électriques	Champ magnétique en μT à la distance de :			
	15cm	30cm	60cm	1.2m
Perceuse électrique	15	3	0,4	0
Scie électrique	20	4	0,5	0
Imprimante	0,3	0,1	0	0
Réfrigérateur	0,2	0,2	0,1	0
Rasoir électrique	10	2	0	0
Grille-pain	1	0,3	0	0
Téléviseur avec tube cathodique	3	0,7	0,2	0
Aspirateur	30	6	1	0,1
Lave-linge	2	0,7	0,1	0

Tableau n°3 : Niveau de champ magnétique par appareil.
Données EMWATCH.

L'AFSSET a également fait procéder à des mesures par SUPELEC. Ces mesures, réalisées à 30 cm, sont répertoriées dans le rapport du sénat n°2558 du 28 mai 2010. Elles sont reprises ci-dessous.

Appareils électriques	Champ magnétique (μT)	Champ électrique (V/m)
Radio réveil A	0,08	16
Bouilloire électrique A	0,06	11
Grille-pain	0,21	10
Lave-vaisselle	0,21	9
Radio-réveil B	0,14	30
Machine à café express	0,7	8
Four à micro-ondes A	3,6	13
Cuisinière mixte	0,2	6
Four à micro-ondes B	7	4
Table à induction	0,2	32
Sèche-cheveux	0,05	28
Alimentation de PC	0,02	18
Bouilloire électrique B	0,05	18
Téléviseur LCD 15 p	0,01	75

Tableau n°4 : Mesures réalisées par SUPELEC à 30 cm.

Ces valeurs complètent les mesures ci-dessous rassemblées par l'AFSSET et provenant d'organismes étrangers :

Appareils électriques	Champ magnétique en μT
Grille-pain	0,006 à 0,7
Lave-vaisselle	0,6 à 0,3
Percolateur	0,08 à 0,15
Plaque de cuisson	0,1 à 0,35
Réfrigérateur	0,01 à 0,4
Chaîne stéréo	0,19
Ecran cathodique – TV	0,04 à 1
Fer à repasser	0,12 à 0,3
Perceuse	2 à 3,5
Machine à laver	0,15 à 3
Scie électrique	1 à 25
Séchoir	0,08 à 0,3
Rasoir à 3 cm	15 à 1500
Sèche cheveux à 6 cm	6 à 2000
Couverture chauffante à 3 cm	0,3 à 5
Lampe de chevet	2
Réveil électrique	0,1 à 1
Ampoule à incandescence	2
Aspirateur au sol	2 à 20
Chauffage électrique par le sol	8 à 12
Compteur d'énergie domestique	0,6 à 3,5
Lampe halogène	0,17
Radiateur électrique	0,15 à 5
Ventilateur	0,03 à 4

Tableau n°5 : Mesures rassemblées par l'AFSSET à partir d'organismes étrangers.

L'AFSSET a également collecté les résultats de mesures à partir d'études réalisées entre 1984 et 2009

Appareils électriques	Champ magnétique en μT
Photocopieur	1 à 1,2
Télécopieur	0,4
Ecran d'ordinateur	0,7

Tableau n°6 : Mesures rassemblées par l'AFSSET à partir d'études menées entre 1984 et 2009.

Enfin, on trouve des données spécifiques dans des publications traitant d'une source d'émission particulière.

Ainsi, la revue de Litvak [Litvak, 2002] fait état d'intensités de champ magnétique de 0,7 à 1,6 A/m, soit 0,9 à 2 μT mesuré à 30 cm de plaques à induction.

6.1.2 Les lampes fluo-compactes.

Les lampes fluo-compactes représentent une technologie récente. Elles ont fait l'objet d'une étude spécifique menée par l'ADEME.

L'ADEME a chargé le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) de réaliser les mesures sur une centaine de références de lampes, avec trois échantillons pour chacune de ces références.

Les puissances des lampes testées étaient comprises entre 5 et 30 W, puissances disponibles sur le marché pour l'éclairage domestique.

Les résultats des mesures réalisées à 30 cm montrent un champ moyen de 15,2 V/m en régime établi. Cependant, de fortes disparités dans les valeurs sont constatées, une mesure ayant été relevée à 63,4 V/m.

Il est à noter que les niveaux de champ à l'allumage sont plus importants (de 30 à 35 V/m quand le niveau en régime établi est de 16 V/m).

6.1.3 Exploitation des données et comparaison des appareils basses et moyennes fréquences avec les seuils ICNIRP.

6.1.3.1 Compilation des données.

A travers le tableau suivant, nous compilons les résultats entre les différentes études, lorsqu'il existe des mesures comparables pour un appareil donné.

Appareils électriques	Champ magnétique en μT mesuré à 30 cm		
	EMWATCH	SUPELEC	AFSSET
Réveil	0,1 à 0,2	0,14	0,1 à 1
Séchoir	0,2	Pas de données	0,08 à 0,3
Machine à café	0	0,7	0,08 à 0,15
Plaque électrique	0,8	Pas de données	0,1 à 0,35
Lave-vaisselle	1	0,21	0,6 à 0,3
ventilateur	0,1	Pas de données	0,03 à 4
Fax	0	Pas de données	0,4
Sèche-cheveux	0,1	0,05	6 à 2000 à 6 cm
Chaîne HI-fi,	0	Pas de données	0,19
Fer à repasser	0,1	Pas de données	0,12 à 0,3
Four à micro-onde (BF)	4	3,6	
Perceuse électrique	3	Pas de données	2 à 3,5
Scie électrique	4	Pas de données	1 à 25
Réfrigérateur	0,2	Pas de données	0,01 à 0,4

Appareils électriques	Champ magnétique en μT mesuré à 30 cm		
	EMWATCH	SUPELEC	AFSSET
Rasoir électrique	2	Pas de données	15 à 1500 à 3 cm
Grille-pain	0,3	0,21	0,006 à 0,7
Aspirateur	6	Pas de données	2 à 20
Lave-linge	0,7	Pas de données	0,15 à 3

Tableau n°7 : Comparaison des valeurs de champ magnétique issues des différentes études.

Pour la grande majorité des appareils, nous ne notons pas de différences notables entre les mesures relevant des différentes études.

Il existe un écart des valeurs concernant la machine à café. Nous estimons que la différence provient de la nature de machines testées. En effet, le site EMWATCH cite une machine à café, tandis que l'étude SUPELEC fait mention d'une machine à café express, et l'AFSSET mentionne un percolateur.

Un deuxième écart concerne les plaques à induction. L'AFSSET mentionne des valeurs entre 0,1 à 0,35 μT , tandis que la revue de Litvak fait état d'intensités de champ de 0,9 à 2 μT mesuré à 30 cm.

6.1.3.2 Sélection des émetteurs principaux et comparaison avec les seuils ICNIRP.

Les seuils ICNIRP dépendent des fréquences d'émissions. Pour rappel, les valeurs seuils respectives pour le champ électrique et le champ magnétique sont de :

- 5000 V/m et 100 μT à 50 Hz.
- Décroissant jusqu'à 3 kHz.
- 87 V/m de 3 kHz à 1 MHz ; 6,25 μT de 3 kHz à 150 kHz puis décroissant (1 μT à 1 MHz).

Le rasoir électrique constitue la source d'émission la plus importante, compte tenu de sa proximité avec la peau. Les niveaux de champ pourraient être de 1500 μT , mesurés à 3 cm. Même si l'émission est à très basse fréquence, cette valeur est supérieure aux seuils ICNIRP.

En absence de données, nous considérons que les tondeuses électriques pour cheveux devraient avoir un niveau d'émission équivalent aux rasoirs électriques. Compte tenu des fortes valeurs annoncées, il nous apparaît important de connaître précisément les niveaux de champ de ces appareils à leur voisinage, au travers de campagnes de mesures. La proximité des tondeuses avec le cerveau, et des rasoirs avec la glande thyroïde doit contribuer à une grande vigilance sur ces deux appareils.

Concernant le sèche-cheveux, des valeurs de champ magnétiques sont annoncées comme très importantes à 6 cm de l'appareil. Les données montrent une décroissance très nette du champ magnétique à 30 cm, ce qui apparaît comme une distance d'utilisation avec

le cerveau plus probable. En revanche, la main peut être à proximité de la source d'émission, constituée du moteur, et peut être soumise à un champ supérieur aux seuils ICNIRP.

Cette problématique est identique pour les outils électriques tenus à la main. Un champ magnétique de quelques microTesla a été mesuré à 30 cm des perceuses et des scies électriques. Les moteurs étant situés à proximité de la main, nous pensons qu'il est important de caractériser le champ à proximité des outils électriques portatifs.

Tous les autres appareils mesurés apparaissent comme inférieurs aux seuils ICNIRP.

La couverture chauffante, bien que proche de la peau, possède un niveau d'émission inférieur au seuil ICNIRP (mesuré à 3 cm).

Quelques appareils ont un niveau de champ magnétique plus important que la moyenne. Toutefois, ces appareils ne sont pas destinés à être utilisés proche de l'être humain. Les champs magnétiques mesurés à 30 cm, déjà inférieurs aux seuils ICNIRP, ne peuvent que décroître dans les conditions d'utilisations réelles de ces appareils.

Il s'agit des appareils suivants :

- Les fours micro-ondes (émission basse fréquence évaluée uniquement),
- Les aspirateurs,
- Les ouvres boîtes électriques,
- Les convecteurs soufflants,

Les plaques à inductions souffrent d'une absence de données fiables. Cependant, les ordres de grandeurs maximum annoncés restent inférieurs aux seuils ICNIRP (6,25 μ T aux fréquences de fonctionnement des plaques).

SUPELEC a complété les mesures de champ magnétique par des mesures de champ électrique, montrant que celles-ci pouvaient atteindre un niveau également important pour certains appareils (les normes EMF de sécurité électrique ne prennent à ce jour pas en compte les mesures de champ électrique).

Les plus forts niveaux de champs électriques répertoriés sont les suivants :

- Sèche-cheveux : 28 V/m environ à 30 cm ; domaine de fréquence d'émission non indiqué.
- Radio-réveil : 30 V/m environ à 30 cm ; domaine de fréquence d'émission non indiqué.
- Téléviseur LCD : 75 V/m environ à 30 cm ; domaine de fréquence d'émission non indiqué. A la distance d'usage normale, cette valeur doit décroître considérablement.

Enfin, les lampes fluo-compactes affichent une valeur moyenne de 15,2 V/m. Compte tenu des hautes fréquences de fonctionnement, le seuil ICNIRP à appliquer est de 87 V/m. Les plus fortes valeurs constatées sont de 63,4 V/m, soit 73 % de la valeur seuil. La distance de mesure de 30 cm n'est cependant réaliste que pour les lampes de bureau.

Enfin, précisons que nous n'avons pas pu trouver de données sur l'émission des dispositifs de Courant Porteur en Ligne (CPL) dans son environnement d'emploi.

6.1.4 Les champs électriques et magnétiques du réseau 50 Hz.

RTE, qui gère le réseau de transport d'électricité en France, fournit les valeurs de champ électrique et magnétique 50 Hz à proximité des lignes à haute tension.

	Champ électrique (V/m)			Champ magnétique (μT)		
	Sous la ligne	A 30 m	A 100 m	Sous la ligne	A 30 m	A 100 m
400 kV	5000	2000	200	30	12	1,2
225 kV	3000	400	40	20	3	0,3
90 kV	1000	100	10	10	1	0,1
20 kV	250	10	-	6	0,2	-
230 V	9	0,3	-	0,4	-	-

Tableau n°8 : Niveau de champ électrique et magnétique à proximité de ligne à haute tension (données RTE).

L'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) propose ces mêmes données sous forme de graphique. Nous y retrouvons très précisément les valeurs du tableau de RTE.

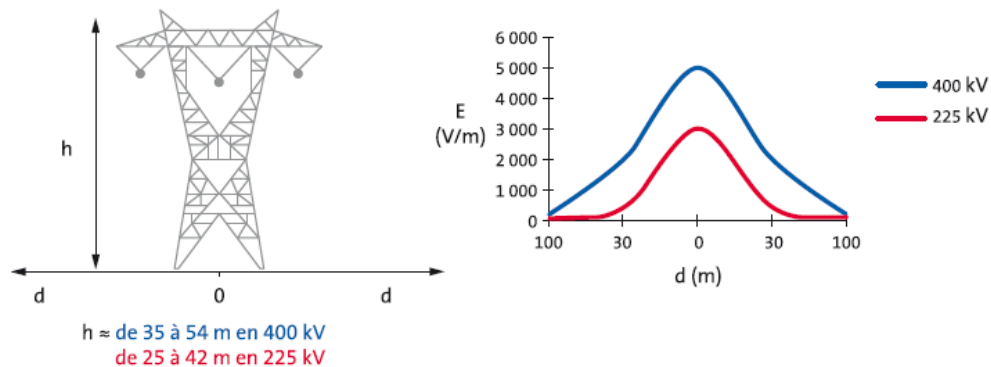


Figure n°5 : Courbes de champ électrique à proximité de lignes à haute tension (données INRS).

Les seuils ICNIRP à 50 Hz sont de :

- 5000 V/m pour le champ électrique,
- 100 μT pour le champ magnétique.

Nous constatons que la valeur limite de champ électrique est atteinte sous la ligne à haute tension de 400 kV.

6.1.5 Les mesures relevées dans les études.

L'AFSSET cite trois études étrangères concernant l'exposition générale de la population aux champs magnétiques d'extrêmement basses fréquences.

Une étude de 2001 en Allemagne a porté sur 1 835 résidences. Dans 1,4 % des cas, la médiane était supérieure à 0,2 μT et dans 0,2 % à 0,4 μT . la distribution d'électricité apparaît souvent comme la responsable de ce surcroît d'exposition.

Une étude de 1999 au Royaume-Uni a porté sur 6 670 résidences. 2,3 % des habitations présentaient une exposition supérieure à 0,2 μT et 0,4 % une exposition supérieure à 0,4 μT dont 20 % seulement se situaient à proximité des lignes à haute tension (400 m d'une ligne).

Enfin, une étude de 2007 à Taïwan a porté sur 2 214 foyers, en lien direct avec la présence d'enfants de moins de 7 ans au domicile. L'exposition moyenne des foyers calculée est d'environ 0,12 μT . Une exposition moyenne temporelle supérieure à 0,4 μT se retrouvait dans 5,4 % des cas.

En France, trois études ont également été menées.

L'étude Champlan a été réalisée par SUPELEC, à la demande de l'AFSSET durant les hivers 2007 et 2008.

La commune de Champlan est le lieu de passage de plusieurs lignes à haute tension et de chemin de fer. L'objet de l'étude était d'évaluer les niveaux de champ générés par ces éléments, tout en le distinguant des sources domestiques.

18 volontaires ont été équipés de mesureurs de champ magnétique durant 24 heures, dont 7 vivant à proximité avec les lignes à haute tension.

Dans la plupart des cas, l'exposition est faible. Dans 12 cas, elle est inférieure à 0,2 μT en moyenne sur 24 heures et, dans un seul cas, supérieure à 1 μT .

En revanche, on constate de multiples pics qui s'expliquent le plus fréquemment par l'usage des fours à micro-ondes et de divers appareils électroménagers ou le passage par le portique antiviol d'une grande surface.

L'étude Expers a également été réalisée par SUPELEC à la demande du Conseil supérieur d'hygiène public de France (CSHPF).

Cette étude, menée en 2004, avait pour objectif la mesure d'exposition durant 24 heures sur des enfants âgés de 0 à 14 ans et sur des adultes. Cette étude va plus loin que l'étude Champlan car elle se propose d'identifier les sources principales d'émission.

Les premiers résultats font ressortir la plus faible exposition des enfants par rapport aux adultes. Mais les enfants sont en proportion plus nombreux à être exposés en moyenne à plus de 0,4 μT (30 cas répertoriés). L'analyse de ces cas montre que :

- Dans 20 cas, l'exposition s'explique par la présence d'un radioréveil seul.
- Dans 4 cas par la présence conjointe d'un radioréveil et d'une source RTE, ERDF ou SNCF.
- Dans un cas, l'enfant habite et va à l'école à proximité d'une ligne SNCF.
- Dans quatre cas, la source est un appareil électrique.
- Dans un cas, il s'agit d'une ligne ERDF seule (moins de 50 kV).

Concernant les adultes, 11 cas ont été répertoriés comme exposé en moyenne à plus de 0,4 μ T.

- Dans 9 cas, les radioréveils sont impliqués.
- Dans deux autres cas, ce sont des appareils électriques.

Il ressort de cette étude que les radioréveils sont une grande source de champ. Pour pouvoir évaluer le niveau d'autres sources, cette étude a été complétée par une analyse de l'exposition hors sommeil.

Dans ce cas, seuls 11 enfants présentent une exposition moyenne supérieure à 0,4 μ T, principalement en raison de la présence d'appareils électriques, et de nouveaux les radioréveils (2 cas).

Pour les adultes : dans trois cas les transports ferroviaires sont responsables, dans quatre cas les appareils électriques et dans deux cas la profession.

Une étude sur l'exposition de la population française aux champs magnétiques émis par les lignes à haute et très haute tension a été conduite en 2004 en Côte-d'Or par EDF. Elle a porté sur 237 résidences réparties en fonction de leur proximité à des lignes 400 kV, 225 kV et 63 kV. L'exposition moyenne de ces foyers était de 0,005 μ T (Clinard et al.).

A partir de cette étude, RTE estime que 375 000 personnes en France seraient soumises à un champ magnétique de plus de 0,4 μ T, soit 0,6 % de la population. L'AFSSET estime toutefois que cette étude est de trop petite taille et difficile à généraliser compte tenu du caractère non représentatif des résidences retenues. L'AFSSET elle-même relève une étude belge réalisée en 2003 et indiquant un taux d'exposition des enfants à plus de 0,4 μ T dans une fourchette de 0,26 à 0,63 %, soit un résultat cohérent avec les données de RTE.

6.2 Les sources relevant du domaine « haute fréquence ».

6.2.1 Les réseaux sans fil RLAN (Radio Local Area Network) ou WLAN (Wireless Local Area Network).

6.2.1.1 La réglementation des puissances.

L'émission des technologies RLAN est régie par la directive R&TTE qui, outre la stabilité en fréquence et le respect des protocoles, fixe les niveaux maximums d'émission des appareils.

L'unité utilisée pour mesurer l'émission des appareils haute fréquence est la puissance P.I.R.E. (Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente), que l'on trouve également sous la dénomination E.I.R.P en anglais (Equivalent Isotropic Radiated Power).

Le P.I.R.E est la puissance rayonnée par l'antenne en tenant compte de son gain par rapport à une antenne isotrope. Il est exprimé en Watt (ou en dBm lorsqu'il est exprimé en décibel).

$$\text{PIRE} = P \times G_i$$

Avec P : Puissance injectée au pied de l'antenne en Watt

G_i : Gain numérique de l'antenne, par rapport à une antenne isotrope.

Le PIRE maximum admissible est de 1 W pour le WLAN (hors téléphonie mobile). Pour certaines technologies comme le Wi-Fi, cette limitation est de 100 mW. Cette limitation dépend également des bandes de fréquences utilisées : soit la bande autour de 2,4 GHz, soit celle autour de 5,8 GHz.

Pour la bande 433 MHz, la limitation est exprimé selon le P.A.R. (Puissance Apparente Rayonnée), également ERP en anglais (Effective Radiated Power). Il s'agit de la puissance rayonnée par l'antenne en tenant compte de son gain en dBd (référéncé par rapport à une antenne dipôle idéale).

$$\text{PAR}_{\text{dBd}} = \text{PIRE}_{\text{dBi}} - 2,15$$

ou plus simplement :

$$\text{PIRE} = \text{PAR} \times 1,64$$

La bande 433 MHz :

La bande 433 MHz est très largement utilisée pour les liaisons domestiques à faible performance ou débit, en particulier les télécommande de voiture ou de portail, les thermomètres extérieurs, les modems radio, les portiers vidéo sans fil, les alarmes sans fil, les baby phones, des jouets etc.

La bande de fréquence est comprise entre 433,050 et 434,790 MHz. La Puissance Apparente Rayonnée (PAR) maximum autorisée est de 10 mW (10 dBm).

La bande 2,4 GHz :

En Union européenne, la bande ISM (bande Industrielle, Scientifique et Médicale) principale utilisée est la bande de fréquences de la gamme des UHF allant de 2 400 à 2 483 MHz (bande S). Les réseaux WLAN et les dispositifs Bluetooth émettent dans la bande des 2,4 GHz.

Outre le Wi-Fi, la bande des 2,4 GHz est réservée à de nombreuses applications publiques et grand public sans fil, les caméras de vidéo-surveillance professionnelles et domestiques, les webcams, les transmetteurs (émetteur/récepteur) de salon audio-vidéo, tous ces appareils fonctionnant en vidéo composite PAL.

En France, la puissance PIRE autorisée est de :

- 100 mW (20 dBm) pour la bande des 2 400 à 2 454 MHz en intérieur ou extérieur,
- 100 mW (20 dBm) en intérieur pour la bande 2 454 à 2483,5 MHz,
- 10 mW (10 dBm) en extérieur pour la bande 2 454 à 2483,5 MHz.

Cette dernière limitation n'est pas présente dans les DOM-TOM et le reste de l'Europe.

La bande 5,8 GHz :

La bande dite des 5,8 GHz (de 5 150 à 5 350 MHz et de 5 470 à 5 725 MHz) est désormais libre avec des PIRE limitées à 1 W maximum (30 dBm)

L'AFSSET a résumé les puissances par type d'appareil dans le tableau suivant. La puissance est PAR pour le talkie-walkie et l'interphone bébé, PIRE pour les autres appareils (facteur de 1,64 entre les deux puissances). Les niveaux de Débit d'Absorption Spécifique (DAS) sont également donnés.

Sources proches du corps		
Application	Puissance	Exposition (DAS)
Téléphone mobile	2 W max	< 2W/kg
Talkie-Walkie	0,5 W max	<< 2W/kg
Téléphone sans fil DECT	0,25 W max	< 0,1 W/kg
RFID	Entre 0,01 W et 2 W max	<< 2W/kg
Wi-Fi	0,1 W max	< 0,2 W/kg
Interphone bébé	0,01 W max	< 0,1 W/kg
Bluetooth	Entre 0,001 et 0,025 W max	< 0,01 W/kg

Tableau n°9 : Résumé des puissances disponibles par type d'appareil (données AFSSET).

L'émission RFID n'est pas présente dans l'habitat et sort donc du cadre de cette étude.

6.2.1.2 L'évaluation du niveau de champ.

A partir de la puissance PIRE émise, il est relativement aisé de calculer le niveau de champ électrique (ou de la densité surfacique de puissance) à la distance souhaitée.

En effet, compte tenu des petites tailles d'antenne et des faibles longueurs d'onde, le champ émis se trouve très vite en condition de champ lointain.

Dans ce cas, le champ électrique se calcule avec :

$$E = \frac{1}{d} \sqrt{30 \times PIRE}$$

Avec E : champ électrique (en V/m),

d : distance à la source (en m),

PIRE : Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente (en W).

Dans ces mêmes conditions, la Densité Surfaccique de Puissance se calcule avec :

$$DSP = \frac{E^2}{120\pi}$$

DSP en W/m^2

E : champ électrique en V/m

SUPELEC a conduit une étude en 2006 intitulée « RLAN et Champs électromagnétiques ».

Elle s'intéressait aux niveaux de champs générés par les matériels RLAN WiFi (802.11b et 802.11g).

Cette étude aboutie au fait que, dans le pire cas simulé, à savoir pour une distance de 12,5 cm et une puissance PIRE de 100 mW, le niveau du champ maximum est de l'ordre de 23 % de la valeur limite du décret de 61 V/m (seuil ICNIRP).

Pour une utilisation plus réaliste de transfert de fichiers par l'ordinateur portable à débit maximum avec une puissance nominale PIRE de 50 mW, à 20 cm, l'étude aboutie à un niveau de champ d'environ 6 V/m soit 10 % du seuil ICNRP.

Les niveaux simulés par SUPELEC pour 50 mW sont donnés dans le tableau suivant :

D (cm)	E (V/m)	Dsp (W/m^2)
12	10,2	0,276
20	6,1	0,099
30	4,1	0,044
40	3,1	0,025
50	2,4	0,016
100	1,2	0,004
150	0,8	0,002
200	0,6	0,001

Tableau n°10 : simulation SUPELEC des niveaux de champ Wi-Fi pour un PIRE de 50 mW.

Nous constatons que ces résultats sont issus de l'application stricte des formules énoncées en début de paragraphe.

Nous pouvons calculer le niveau de champ électrique pour le PIRE maximum autorisé (1 W), pour une distance de 30 cm.

Le champ électrique calculé est de 18 V/m, soit 30 % de la valeur seuil définie par l'ICNIRP (61 V/m).

6.2.2 Les fours à micro-ondes.

Les fours à micro-ondes émettent également dans la bande de fréquence de 2,4 GHz.

L'émission interne générée par magnétron est importante, mais reste confinée au sein de la cavité métallique du four. Celle-ci est constituée des parois du four, et de la porte comportant un maillage métallique suffisant fin pour réfléchir les ondes à l'intérieur.

La continuité électrique entre la porte et les parois interne est requise pour éviter les fuites. Après des années d'usage, un four à micro-onde peut avoir subi des contraintes mécaniques sur sa porte, qui n'assure alors plus l'étanchéité nécessaire.

L'office fédérale de la santé suisse a procédé à une évaluation des fuites des fours à micro-ondes en service, mesurées à une distance de 5 cm. Cette évaluation s'est effectuée au travers de trois études.

Les résultats des différentes évaluations sont exprimés en densité surfacique de puissance. Nous convertissons ces données en V/m, dans le tableau ci-dessous :

		Rayonnement de fuite moyen (mW/cm ²)	Equivalent en champ électrique (V/m)	Nombre d'appareils mesurés	Age des appareils (années)
Etude n°1 Appareils usagés		0,41	39,3	106	0,1 - 14
Etude n°2	Appareils neufs	0,08	17,4	60	0
	Appareils usagés	0,17	25,3	103	1 – 23
Etude n°3 Appareils usagés		Moins de 0,062 pour 50 % des appareils. Max 0,086	Moins de 15,3 pour 50 % des appareils. Max 18	130	0,5 - 18

Tableau n°11 : mesures de fuite de fours à micro-ondes à 5 cm (données office fédérale de la santé suisse).

Même à 5 cm, ces valeurs restent inférieures aux seuils ICNIRP. A 30 cm, le niveau de champ électrique maximum évalué est de l'ordre de 6,5 V/m, le seuil ICNIRP étant de 61 V/m à la fréquence de fonctionnement du magnétron.

Toutefois, il faut noter que cette valeur est issue d'une moyenne des résultats de l'étude n°1. Les valeurs marginales ne sont pas indiquées.

De plus, nous pouvons souligner les différences assez importantes entre les différentes études, qui présentent pourtant des moyennes de résultats.

6.2.3 Les téléphones portables.

La téléphonie mobile constitue un cas spécifique. En effet, les puissances émises sont plus importantes que les réseaux RLAN (jusqu'à 2 W), et l'émetteur est situé directement à proximité du cerveau.

Le champ électrique est difficilement mesurable proche de l'antenne. Pour cette raison, l'unité considérée est le Débit d'absorption Spécifique (DAS), qui exprime la quantité de puissance absorbée par unité de masse de tissu.

La recommandation 1999/519/CE limite la valeur du DAS à 2 W/kg localement (tête ou tronc), évalué sur 10 grammes de tissu contigu.

Le site Internet du CNET établit une liste des téléphones portables à faible et à fort DAS. la liste du 17 juin 2011 présentée est la suivante :

Les 20 mobiles les plus vendus au DAS le plus faible :

1. Samsung Galaxy S	0,23 W/kg
2. Samsung Galaxy S 2	0,33 W/kg
3. HTC Desire S	0,35 W/kg
4. Sony Ericsson Xperia Play	0,36 W/kg
5. Samsung Nexus S	0,5 W/kg
6. HTC 7 Mozart	0,53 W/kg
7. LG Optimus 2X P990	0,54 W/kg
8. Samsung Wave 2	0,62 W/kg
9. Samsung Player 5	0,63 W/kg
10. HTC HD2	0,63 W/kg
11. Samsung Galaxy Naos	0,635 W/kg
12. HTC Sensation	0,64 W/kg
12 bis. Motorola Droid (Milestone)	0,64 W/kg
13. Sony Ericsson Xperia Arc	0,66 W/kg
14. Acer Liquid Metal	0,67 W/kg
15. Samsung Wave 575	0,7 W/kg
16. Acer Liquid Mini	0,71 W/kg
17. Acer Liquid	0,72 W/kg
18. HTC Wildfire	0,75 W/kg
18 bis. HTC Desire	0,75 W/kg
19. Blackberry Torch 9800	0,79 W/kg
20. HTC Desire HD	0,82 W/kg
20 bis. LG Viewty (KU990i)	0,82 W/kg

Les 20 mobiles les plus vendus au DAS le plus élevé :

1. Blackberry Pearl 3G	1.74W/kg
2. Sony Ericsson X10 Mini Pro	1,61 W/kg
3. Sony Ericsson Satio	1,58 W/kg
4. BlackBerry Curve 9300	1,45 W/kg
5. LG Optimus Black	1.27 W/kg
6. LG Optimus GT540	1.23 W/kg
7. Nokia 7230	1.14 W/kg
8. BlackBerry Bold 9780	1,11 W/kg
9. Apple iPhone 3 GS	1.1 W/kg
10 Motorola Defy	1.09W/kg
10 bis. Nokia C3	1.09W/kg
11. Sony Ericsson Yendo	1,07 W/kg
12. Nokia C6	1,05 W/kg
13. Nokia N8	1,02 W/kg
13 bis. BlackBerry Curve 8520	1,02 W/kg

14. Nokia 7230	0,97 W/kg
15. Samsung Wave 723	0,96 W/kg
16. iPhone 4	0,93 W/kg (GSM 1800 : 0,59 / EGSM 900 : 0,66)
17. HTC Wildfire S	0,89W/kg
18. Nokia E5	0,88 W/kg
19. HTC Incredible S	0,87 W/kg
20. Motorola Atrix	0,84 W/kg
20 bis. Samsung Galaxy Ace	0,84 W/kg

Certains téléphones atteignent donc 87 % de la valeur de DAS autorisée.

6.3 Synthèse sur l'évaluation des niveaux de champs émis.

Les mesures ont montré que les appareils basses fréquences sont sources de champ magnétique et de champ électrique.

Les rasoirs électriques et les tondeuses électriques à cheveux constituent la source d'émission la plus importante, et pourraient être la source de champs supérieurs aux seuils définis par l'ICNIRP.

Certains appareils tenus pourraient être source de champ local important au niveau de la main, susceptible de dépasser également le seuil ICNIRP. Les appareils concernés sont le sèche-cheveux et les outils électriques portatifs.

Les lampes fluocompactes et les réveils électriques présentent un niveau de champ électrique important, bien qu'inférieur aux seuils ICNIRP.

Les plaques à inductions souffrent d'une absence de données fiables. Il y a également absence de mesures sur les dispositifs de Courant Porteur en Ligne (CPL) implantés dans leur environnement d'emploi.

Les lignes à haute tension sont une source de champ important. Les seuils ICNIRP sont atteints en dessous des lignes 400 kV.

RTE estime que 375 000 personnes en France seraient soumises à un champ magnétique de plus de 0,4 μ T, soit 0,6 % de la population (corroboré par une étude belge).

Certaines études associent cette valeur de 0,4 μ T également à la présence de réveils électriques. Nous verrons dans les chapitres concernant les effets que cette valeur est soupçonnée d'avoir un impact sanitaire.

La littérature scientifique considère que les transformateurs EDF, de part leur conception, concentrent le champ magnétique au centre du bobinage. Cette affirmation mériterait d'être vérifiée à l'aide de mesures.

Concernant les émissions hautes fréquences, le téléphone portable représente la source la plus puissante et la plus proche du cerveau. Toutes les autres émissions « wireless » domestiques, wi-fi, bluetooth, baby-phone, etc. apparaissent nettement inférieures aux niveaux générés par les mobiles.

Des fuites de champ sont mesurées sur de vieux fours à micro-ondes. Il existe une grande disparité de niveau d'une étude sur l'autre. Une étude évalue le champ moyen à 30 cm à 10 % du seuil ICNIRP.

Nous n'avons pas accès à l'écart type des données des études. Une forte disparité des valeurs pourrait impliquer quelques modèles devenus non-conformes avec l'âge. Une campagne de mesure pourrait apporter un éclairage sur ce point.

7 Analyses des effets des champs électromagnétiques.

7.1 Les travaux de référence de l'ICNIRP

Les travaux de référence de l'ICNIRP ont été établis à partir de l'identification d'effets biologiques et sanitaires jugés significatifs chez l'animal d'expérience et d'une analyse globale des connaissances scientifiques disponibles.

Ainsi des valeurs limites ont été proposées et celles-ci sont fixées à des niveaux 50 fois plus faibles que ceux ayant entraînés des effets « sanitaires » les plus mineurs observables chez l'animal (ces effets se traduisent par des modifications du comportement chez le rat ou le singe d'expérience), pour introduire un élément de sécurité supplémentaire tenant compte du fait dans ce cas qu'il s'agit d'études sur l'animal et non sur l'homme.

Le guide des références a ainsi été conduit en appliquant des critères d'évaluation de la crédibilité des différentes observations rapportées [Repacholi et Stolwijk, 1991 ; Repacholi et Cardis, 1997]. Toutes les données ont été entièrement analysées et les résultats montrent un haut niveau de signification statistique. Les effets peuvent être reproduits par des laboratoires indépendants.

Les effets avérés ont été retenus comme fondements pour les valeurs limites d'exposition proposées. Les effets cancérigènes à long terme n'ont pas été considérés comme avérés par les travaux de l'ICNIRP ; les valeurs n'ont été fondées que sur des effets immédiats sur la santé, tels que la stimulation des muscles ou des nerfs périphériques, les chocs et brûlures provoqués par le contact avec des objets conducteurs, ou encore l'élévation de température des tissus sous l'effet de l'absorption d'énergie liée à l'exposition aux champs électromagnétiques.

7.2 Les autres acteurs.

ANSES (ex AFSSET).

L'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset), ancienne AFSSE devenue Afsset en 2005. Cette agence a fusionné au 1er juillet 2010 avec l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) pour former l'Agence nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses).

OMS (ou WHO).

OMS est une institution spécialisée de l'Organisation des Nations unies (ONU) pour la santé publique. Cette organisation dépend directement du Conseil économique et social des Nations unies et son siège se situe à Genève, en Suisse

IEEE.

l'IEEE (*Institute of Electrical and electronic Engineers*) formule également des recommandations en matière de valeurs limites d'exposition, qui diffèrent de celles de l'ICNIRP.

Les Etats-Unis et la Canada appliquent ainsi les recommandations de l'IEEE. Celles-ci définissent des niveaux limites d'exposition supérieures à celles définies par l'ICNIRP.

Les normes IEEE applicables sont les suivantes :

- Pour la bande 0 - 3 kHz : C95.6-2002 "IEEE Standard for Safety Levels With Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields",

- Pour la bande 3 kHz – 300 GHz : C95.1 « IEEE Standard for Safety Levels With Respect to Human Exposure to radio frequency Electromagnetic Fields »

En Asie, la situation est assez contrastée, les pays appliquant selon les cas les valeurs de l'ICNIRP, celles-ci et les valeurs de l'IEEE, ou encore des valeurs inférieures à celles de l'ICNIRP.

CSRSEN (SCENIHR en anglais)

Le Comité scientifique sur les risques sanitaires émergents et nouveaux.

Il est l'un des trois comités indépendants non-spécialistes des questions alimentaires qui donne des avis scientifiques sur la sécurité des consommateurs, la santé publique et l'environnement. Il a été constitué par la Commission européenne en 2004 afin d'évaluer les risques émergents issus des nouvelles technologies.

INERIS :

Institut national de l'environnement industriel et des risques.

Il a pour but d'évaluer et de prévenir les risques accidentels ou chroniques pour l'homme et l'environnement liés aux installations industrielles, aux substances chimiques et aux exploitations souterraines.

CIRC (ou IARC en anglais)

Le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC) fait partie de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS). La mission du CIRC consiste à coordonner et à mener des recherches sur les causes du cancer chez l'homme et sur les mécanismes de la cancérogenèse, ainsi qu'à élaborer des stratégies scientifiques de lutte contre le cancer. Le Centre participe à des recherches épidémiologiques et expérimentales, et assure la diffusion de l'information scientifique au moyen de publications, de conférences, de cours, et de bourses d'études.

SWEDISH RADIATION PROTECTION AUTHORITY (SSI)

SSI est une autorité de régulation suédoise chargée de promouvoir la radioprotection efficace pour les personnes et l'environnement, aujourd'hui et dans l'avenir.

7.3 Les effets des champs en fonction du domaine de fréquence

7.3.1 Les « basses fréquences »

Les « basses fréquences » sont parfois appelées « extrêmement basse fréquence ». Le terme « extrêmement basse fréquence » ou ELF (en anglais « extremely low frequency ») est utilisé pour décrire les fréquences inférieures à 300 Hz. Le champ électromagnétique produit par la transmission et l'utilisation de l'électricité appartient à cette catégorie.

Il n'existe pas de source naturelle pour ce type de champ. Nous retrouvons ici les sources liées au transport de l'électricité et à l'utilisation du courant électrique (réseau 50 Hz).

7.3.1.1 Etudes « in vitro »

Les différentes études in vitro ont porté sur les recherches d'effets des champs électromagnétiques basses fréquences sur les cellules. Les effets recherchés sont les suivants :

Génotoxicité :

La majorité des publications (notamment Cho et al. 2007) n'ont pas montré d'effet génotoxique (c'est à dire qui peut compromettre l'intégrité du génome) direct, ni de potentialisation de l'effet d'agents mutagènes connus (ultraviolet, rayonnement ionisant, substances chimiques) à des niveaux d'exposition atteignant 50 kV/m ou 1000 μ T.

Il n'est pas constaté d'effet de cassure de l'ADN, ni de perturbation sur le système de réparation de l'ADN lors de d'exposition à ces valeurs de champ.

L'OMS note qu'aucun effet génotoxique n'a été mis en évidence pour des champs extrêmement basses fréquences dont l'intensité est inférieure à 50 mT mais note néanmoins que certaines conditions d'exposition pourraient aboutir à des effets génotoxiques, notamment la durée de l'exposition associé à l'intensité de l'induction magnétique pour des champs supérieurs à 100 μ T.

Expression génique :

L'expression génique est l'ensemble des mécanismes qui assurent la transcription et la traduction de l'information génétique.

Aucune donnée expérimentale n'a montré que l'expression génique pourrait être modifiée par l'exposition aux champs électriques ou magnétiques basses fréquences.

Apoptose (ou mort cellulaire)

Un déficit de l'apoptose pourrait contribuer au développement de cellules tumorales.

Les études ont montré que l'exposition de cellules en culture à un champ magnétique pourrait au contraire induire une apoptose accrue pour des niveaux d'exposition de 100 μ T ou plus. Ces résultats indiquent que le développement de cellules tumorales n'est pas causé par les champs magnétiques basses fréquences.

La valeur de 100 μ T a été choisie comme valeur limite par l'ICNIRP pour la fréquence 50 Hz.

Croissance cellulaire :

La plupart des études n'ont montré aucun effet sur la prolifération cellulaire, en utilisant des modèles cellulaires différents, dont les cellules souches à l'origine des leucémies, pour des expositions inférieurs à 100 μ T (seuil ICNIRP à 50 Hz).

Au-dessus de 100 μT , des expérimentations ont montré un effet sur la croissance ou sur la différenciation cellulaire, mais les différences entre les conditions expérimentales des études menées ne permettent pas d'apporter de conclusion définitive.

Conclusion sur les effets « in vitro » :

Certaines études in vitro montrent un effet des champs basses fréquences à forte amplitude. Un accroissement de l'apoptose (mort cellulaire) a été constaté pour des champs magnétiques supérieures à 100 μT (valeur prise comme seuil ICNIRP à 50 Hz). De même, pour cette valeur de champ, il pourrait y avoir un effet sur la croissance cellulaire.

En revanche, la génotoxicité n'a pas été constatée, même pour des valeurs de champ électrique de 50 kV/m ou de champ magnétique de 1 mT (pas de cassure de l'ADN ni de perturbation sur le système de réparation). L'expression génique n'est également pas modifiée.

L'incertitude de l'existence ou non d'effets des champs extrêmement basses fréquences in vitro à des niveaux de champs faibles persiste.

Dans son ensemble, l'expertise internationale estime que les données in vitro sont très hétérogènes et manquent de validation. De plus, le degré de preuve est insuffisant pour suggérer un effet cancérigène, de type initiateur (phase d'accumulation des anomalies génétiques), pour des champs extrêmement basses fréquences d'intensité inférieure à 50 mT (500 fois supérieur à la valeur seuil fixée par l'ICNIRP).

7.3.1.2 Etudes sur les animaux

Les études d'impact sanitaire des champs électromagnétiques ont porté sur la reproduction, la tératogénèse (malformations congénitales) et la cancérigénèse.

Reproduction et tératogénèse

Une quinzaine d'études portant sur les rongeurs ont pris en compte une exposition au champ électrique pouvant atteindre 150 kV/m (seuil de perception du rat situé aux alentours de 2 à 12 kV/m).

Les résultats sont caractérisés par la rareté et l'inconsistance des effets observés qu'il est difficile d'attribuer à une action directe du champ. Les conditions d'hébergement et d'entretien de l'animalerie sont des points particulièrement critiques de l'interprétation des résultats.

Les études menées avec différents niveaux de champ magnétique de 0,2 μT à 1000 μT n'ont pas montré d'incidence supérieure des malformations chez les animaux exposés. Chez la souris mâle, aucune anomalie sur la spermatogénèse (processus de production des spermatozoïdes) n'est relevée sous un champ de 10 mT, cette valeur correspondant à 100 fois la valeur seuil définie par l'ICNIRP à 50 Hz.

Cancérogenèse

Quatre études, une canadienne, deux conduites aux États-Unis et la dernière japonaise ont exposés des rats et des souris pendant 2 ans (soit pendant toute leur vie) à différentes intensités de champ magnétique jusqu'à 5000 μ T. Aucune différence significative n'a été observée ni dans l'induction de tumeur, ni dans la mortalité, par comparaisons aux animaux témoins.

Une promotion de ces tumeurs pourrait néanmoins avoir été retrouvée dans certaines lignées particulièrement sensibles de souches de rat.

Les autres études ont recherché un effet promoteur où la croissance d'un cancer est favorisée par une exposition aux champs électrique et magnétique. La vingtaine d'études réalisées concernant différents types de tumeurs solides (peau, foie, cerveau, mamelle) ou hématopoïétiques (responsables de la production des éléments cellulaires du sang) c'est à dire leucémies ou lymphomes. Dans leur ensemble, les résultats ne permettent pas de conclure à un effet promoteur des champs.

Conclusions des études sur les animaux :

Les études sur des rongeurs soumis à des champs électriques de 150 kV/m ou magnétiques de 10 mT n'ont pas montré d'effet sur la reproduction et la tératogenèse (malformations congénitales).

Les résultats d'études sur les animaux ne retiennent pas non plus l'hypothèse d'une augmentation du risque des tumeurs dues aux champs extrêmement basses fréquences, mais ne l'exclut pas pour autant.

En effet, une promotion de ces tumeurs est retrouvée dans certaines lignées particulièrement sensibles de souches de rat.

Il est important de noter que les expérimentations sont menées à des niveaux très supérieurs aux limites définies par l'ICNIRP pour ces fréquences.

7.3.1.3 Epidémiologie

L'épidémiologie permet d'apprécier directement sur la population l'effet de l'agent suspecté. Elle connaît aussi des limites. Ainsi en matière de cancer, la longue période de latence entre l'exposition et survenue de la maladie rend nécessaire des études prospectives où l'évaluation de l'exposition plusieurs années avant le diagnostic est délicate.

De plus il est très souvent difficile d'isoler le facteur étudié avec certitude surtout si l'exposition est présente partout, comme c'est le cas pour le champ électromagnétique.

Etudes sur la population adulte :

Chez l'adulte en exposition résidentielle (comme professionnelle) aucune association n'a été établie à l'égard du risque de cancer (notamment du sein de la femme), mais aussi de maladies cardio-vasculaires, de dépressions ou de maladie neurodégénérative (qui affecte le fonctionnement du cerveau ou le système nerveux).

En particulier, la question du risque de survenue accrue de maladie d'Alzheimer ou de sclérose latérale amyotrophique reste du domaine des hypothèses.

Quelques études épidémiologiques portant sur le cancer chez l'adulte ont été réalisées. On peut citer [NAS, 1996]., [Wertheimer et Leeper, 1979 ; McDowall, 1985 ; Seversen et coll.1988 ; Coleman et coll., 1989 ; Schreiber et coll., 1993 ; Feychting et Ahlbom, 1994 ; Li et coll. 1996 ; Verkasalo, 1996]. Ces études ont toutes pâti à divers degrés du faible nombre de cas exposés, si bien qu'il est impossible d'en tirer des conclusions valables.

Etudes sur les enfants :

Les études épidémiologiques se sont multipliées pour explorer l'hypothèse soulevée par Wertheimer et Leeper [Wertheimer et Leeper, 1979] d'une augmentation du risque de leucémie de l'enfant dans les habitations présentant des câblages électriques particuliers et fortement exposées aux champs magnétiques extrêmement basses fréquences.

Les conclusions convergentes de ces deux rapport Ahlbom [Ahlbom et al., 2000] et Greenland [Greenland et al., 2000] en faveur d'une augmentation du risque ont été reprises dans la monographie du CIRC [IARC, 2002] qui a classé cet agent parmi les cancérogènes possibles. Depuis, aucun des rapports publiés n'a remis en question cette évaluation.

Une étude, menée en Allemagne, a fait l'objet d'un rapport [Michaelis et coll., 1997] après l'achèvement de l'étude bibliographique de la NAS. Il s'agit d'une étude cas-témoins sur la leucémie chez l'enfant, portant sur 129 cas et 328 témoins. L'évaluation de l'exposition comportait la mesure du champ magnétique sur 24 heures dans la chambre de l'enfant, au domicile où l'enfant avait passé le plus de temps avant l'établissement du diagnostic. Un risque relatif plus élevé, de 3,2 a été observé pour des valeurs supérieures à 0,2 μ T.

Egalement, dans son rapport de janvier 2009 [SCENIHR, 2009], le Scenihr considère que la littérature épidémiologique converge vers une possible augmentation du risque de leucémie chez les enfants exposés à des champs magnétiques résidentiels de plus de 0,3 à 0,4 μ T.

Une revue récente [Kheifets et al., 2009] a analysé en détail huit études qui comportaient une mesure des champs électriques résidentiels. Cette revue a conclu à l'absence d'élément en faveur d'un effet de ces champs, ce qui conforte le jugement du CIRC de 2002 d'une classification en classe 3 (preuves insuffisantes de cancérogénicité) pour les champs électriques extrêmement basses fréquences.

Autres types de cancers chez l'enfant

Les cancers chez l'enfant autres que les leucémies sont moins fréquents mais ne semblent pas être associés aux champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences résidentiels. Là encore, en 2009, le Scenihr reste sur les conclusions de la monographie du CIRC de 2002 qui restreint le classement 2B au seul lien avec les leucémies de l'enfant.

Conclusion sur les études épidémiologiques des champs basse fréquence.

Pour l'adulte, le faible nombre de cas exposé ne permet pas de conclure sur un éventuel risque de cancer ou de maladies cardio-vasculaires, de dépressions ou de maladie neurodégénérative

L'OMS a classé les champs magnétique extrêmement basse fréquence comme cancérigène possible (groupe 2B).

Les champs électriques extrêmement basse-fréquences sont, quant à eux considérés « inclassables quant à leur cancérogénicité pour l'Homme » (Groupe 3)

Pour l'enfant, certaines études considèrent que le champ magnétique d'amplitude supérieure à 0,2 - 0,4 μT serait susceptible d'accroître les risques de leucémie.

7.3.1.4 Hypersensibilité électromagnétique

L'hypersensibilité électromagnétique concerne les basse fréquences comme les plus hautes fréquences.

L'hypersensibilité électromagnétique (appelée aussi EHS) est « caractérisée par divers symptômes que les individus concernés attribuent à l'exposition aux champs électromagnétiques » [OMS, 2005]. Les personnes EHS attribuent leurs symptômes aux champs électromagnétiques en général, avec cependant une dominance des champs radiofréquences.

Les symptômes présentés par les individus EHS peuvent être très variés mais les plus rapportés sont :

- des symptômes dermatologiques (rougeurs, picotements et sensations de brûlure)
- des symptômes neurasthéniques et végétatifs (fatigue, lassitude, difficultés de concentration, étourdissements, nausées, palpitations cardiaques et troubles digestifs) selon l'OMS.
- des maux de tête et de troubles locomoteurs, cardiorespiratoires, auditifs, allergiques ou vasomoteurs parfois sévères.

Les travaux réalisés jusqu'à présent n'ont pas réussi à dégager un ensemble de symptômes réellement spécifique de l'EHS ([Osterberg et al., 2007] ; [Eltiti et al., 2007]). Elle n'est pas associée à des troubles psychiatriques de la personnalité, mais les patients atteints d'EHS souffrent plus souvent d'anxiété vis-à-vis de l'environnement et de la vie professionnelle et de souffrance psychique au travail que les sujets présentant les mêmes symptômes mais ne les attribuant pas aux champs électromagnétiques ([Osterberg et al., 2007] ; [Rubin et al., 2005]).

Étant donné que les symptômes présentés par les personnes se disant EHS sont subjectifs, il n'existe évidemment pas d'approche expérimentale cellulaire ou animale pour l'étude de l'EHS. C'est pourquoi, les seules études disponibles ont été faites chez l'homme.

L'OMS rapporte qu'une enquête réalisée dans des centres de médecine du travail a évalué à quelques sujets par million la prévalence de l'EHS dans la population. Sur la totalité des cas rapportés, environ 10 % sont considérés comme graves [OMS, 2005].

Par contre, aucune étude de provocation n'est parvenue à démontrer l'existence de l'hypersensibilité électromagnétique liée à l'exposition aux champs magnétiques extrêmement basses fréquences [SCENIHR, 2007]. Un rapport plus récent, publié en 2009 [SCENIHR, 2009], présente la même conclusion que l'édition précédente de 2007.

En conclusion, l'EHS est un syndrome hétérogène que les données actuelles ne permettent pas de relier spécifiquement aux champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences.

7.3.1.5 Synthèse sur les effets des champs « basses fréquences »

Les études in vitro semblent montrer un accroissement de l'apoptose (mort cellulaire) pour des champs magnétiques supérieures à 100 μ T (valeur prise comme seuil ICNIRP à 50 Hz). Ni une génotoxicité (compromission de l'intégrité du génome) ni une modification de l'expression génique n'a été mise à jour. Les études manquent toutefois de validation.

Les études sur des rongeurs n'ont pas montré d'effet sur la reproduction et la tératogénèse (malformations congénitales), ni même sur le développement de tumeurs.

Les études épidémiologiques ne permettent pas de conclure sur un éventuel risque de cancer ou de maladies cardio-vasculaires, de dépressions ou de maladie neurodégénérative

Pour l'enfant, certaines études considèrent que le champ magnétique d'amplitude supérieure à 0,2 - 0,4 μ T serait susceptible d'accroître les risques de leucémie. La conclusion du CIRC (Le Centre international de Recherche sur le Cancer de l'Organisation mondiale de la Santé) n'est pas remise en cause par les études publiées depuis 2002. Les éléments en faveur d'une association entre la leucémie de l'enfant et l'exposition aux champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences restent valides.

S'appuyant sur le CIRC, les classifications des champs électromagnétiques basses fréquences par l'OMS sont les suivantes :

- Les champs magnétiques extrêmement basse-fréquences sont considérés comme « peut être cancérigène pour l'homme » (Groupe 2B).
- Les champs électriques statiques et les champs électriques extrêmement basse-fréquences sont considérés « inclassables quant à leur cancérigénicité pour l'Homme » (Groupe 3).

Enfin l'hypersensibilité électromagnétique n'a pas été démontrée par des tests l'exposition aux champs magnétiques basse fréquence sur les personnes.

7.3.2 Les « moyennes fréquences »

Les fréquences intermédiaires (IF) sont définies ici comme la bande de fréquence entre les fréquences extrêmement basse (ELF) et les radiofréquences.

On parle généralement de la gamme 300 Hz à 10 MHz, elles font intervenir les mécanismes liés aux fréquences basses (courants induits) et les mécanismes liés aux radiofréquences (absorption diélectrique).

Cette bande de fréquence couvre les équipements comme les plaque à induction , mécanismes anti-intrusion, chauffage par induction, mais également les moniteurs d'ordinateurs ou TV (avant le LCD ou plasma), la radio grandes ou moyennes ondes, et également des lampes basses consommation...

7.3.2.1 Facteurs physiologiques

La stimulation des tissus excitables résulte des courants induits, prédominants dans les basses fréquences. Les mécanismes biophysiques répondent alors à des modèles différents suivant que le champ magnétique ou électrique prédomine.

Le phénomène d'agitation moléculaire provoque un échauffement par l'intermédiaire de l'absorption diélectrique et il est prédominant dans les fréquences élevées. Plus le champ électromagnétique dure longtemps et plus l'échauffement sera important.

Le paramètre est la puissance absorbée par unité de masse soit également appelé « débit d'absorption spécifique » (DAS ou SAR).

Ainsi en dessous de 100 kHz l'absorption d'énergie par relaxation diélectrique est négligeable (effet thermique) et au-dessus de 10 MHz la stimulation tissulaire (stimulation nerveuse) n'est plus efficace. Entre ces deux fréquences, la superposition des champs a lieu.

Pour les plus basses fréquences les mécanismes d'induction sont plus importants.

Ainsi nous pouvons trouver les trois effets suivants associés aux champs moyenne fréquence :

- Stimulation nerveuse
- Stimulation de la rétine et du muscle cardiaque
- Echauffement

Stimulation nerveuse

Les champs magnétiques peuvent induire des courants dans le corps. Ces courants induits sont susceptibles de produire une stimulation physiologique des tissus excitables plus en moins important en fonction de la fréquence et de l'intensité du champ produit dans les tissus.

Le niveau de champ nécessaire pour stimuler un nerf, pour les fréquences de champ magnétique inférieures à 10 kHz, est de l'ordre de 0,6 à 1 mA. La réglementation précise les niveaux maximums du courant induit à ne pas dépasser.

Stimulation de la rétine et du muscle cardiaque

Le champ magnétique peut stimuler la rétine créant des sensations lumineuses appelées « magnetophosphènes » (équivalent de l'acouphène pour l'œil). En dessous de 10 kHz le seuil d'excitabilité de la rétine est plus faible que celui des nerfs périphériques. Le cœur est moins susceptible d'être perturbé que les nerfs périphériques en cas d'exposition intense accidentelle.

Echauffement

Dans la gamme des Radiofréquences (RF), c'est à dire à partir de quelques Mégahertz, le mécanisme connu est l'absorption d'énergie entraînant une élévation de la température des tissus.

- Pour des élévations supérieures à 5°C, des brûlures peuvent être produites
 - Pour des élévations de l'ordre de 4-5°C le risque de cancer lors d'une exposition chronique répétée a été montré dans plusieurs études, ainsi qu'un risque de cataracte.
- Pour des élévations de l'ordre de 2-3°C, il peut se produire un œdème cérébral éventuellement accompagné d'une perméabilisation de la barrière hémato-encéphalique.

Ainsi, pour les Radiofréquences, le seuil d'échauffement à l'origine des troubles fonctionnels, de l'ordre de 1 °C est la base de recommandation de l'ICNIRP.

7.3.2.2 Terminaux cathodiques de télévision et d'ordinateur (VDU, VDT)

Le principe de fonctionnement d'un écran cathodique repose sur le balayage de l'écran par un faisceau d'électrons. Ce balayage est produit par un champ magnétique alternatif « en dents de scie » à une fréquence de 15 à 25 kHz, avec des harmoniques à plus faible intensité jusqu'à 125 kHz. Ces écrans génèrent différents types de champs électromagnétiques : champs électrostatiques, champs extrêmement basses fréquences liés à la fréquence d'alimentation de l'écran et des champs magnétiques de fréquences intermédiaires en « dent de scie » liés au balayage.

Reproduction et développement :

Bien que les technologies «à écran plat» supplantent progressivement les écrans cathodiques, un grand nombre de ces écrans reste encore en service. La plupart des études sur les écrans ont été provoqué à la fin des années 1970 par la découverte de taux anormaux de fausses couches dans quelques groupes de femmes qui travaillaient avec des écrans à tube cathodique VDT aux Etats-Unis et Canada. Cependant d'autres facteurs de risques, comme les solvants peuvent expliquer ces découvertes.

En 1982, un laboratoire espagnol a reporté des malformations sur des embryons de poulet exposés à des champs magnétiques IF.

Depuis la majorité des études humaines n'ont trouvé aucune augmentation de fausses couches lors d'expositions à partir des VDTs (études Ericson and Kallen, 1986; Bryant and Love, 1989; Nielsen and Brandt, 1990).

Après l'étude de Wu [Wu, 2005], celle de Tachi [Tachi, 2005] ne montre pas d'effets des expositions aux champs magnétiques des VDU sur l'induction de ruptures d'ADN sur modèle

cellulaire. Les études de Haga [Haga, 2005] ou Igarashi [Igarashi, 2005], et de Nakasono [Nakasono, 2005] sont, elles aussi, négatives.

Effets cancérogènes :

Lee et al. (2007) ont évalué les possibles effets cancérogènes d'un champ magnétique de fréquence 20 kHz de forme triangulaire et d'intensité 6,25 μ T. Les conditions d'exposition ont été choisies pour correspondre au système d'émission Vidéo (VDU, écrans TV cathodiques) et aux limites d'expositions publiques coréennes. Cette étude a été conduite sur des animaux (souris, rats) en observant des tumeurs au niveau des poumons, de la partie mammaire et de la peau.

Les résultats étudiés incluaient aussi bien les cancers au niveau oculaire, les problèmes de peau, maux de tête, fatigue, le système cardiovasculaire et la reproduction. Aucun risque particulier (cancer ou autre) n'a été identifié dans ces études. Cependant, la qualité des études reste limitée et les effets d'autres facteurs non maîtrisés sont mal définis. En effet, quelques symptômes constatés (maux de tête, fatigue, etc.) pourraient être causés par la qualité de l'air, température de la pièce ou posture inappropriée pendant le travail en face des VDTs.

Durant les études avec les animaux, quelques effets sur la reproduction et le développement ont été constatés, mais celles-ci n'apportaient pas de preuve évidente d'effets établis avec le champ électromagnétique aux fréquences intermédiaires.

Les écrans vidéo ne sont pas considérés comme une source d'exposition significative aux champs électromagnétiques. Aucune récente étude volontaire n'a été publiée depuis.

7.3.2.3 Plaques de cuisson domestiques à induction

Les cuisinières à induction utilisent des fréquences de 20 à 50 kHz.

Selon la synthèse de de Séze [de Séze, 2006], les niveaux de champ estimés par des calculs préliminaires montrent des niveaux locaux de courants induits, à hauteur des mains par exemple, qui pourraient dépasser les valeurs recommandées existantes, sans que les implications en termes de santé soient bien claires à ce jour. Cette estimation est retrouvée dans la revue de Litvak [Litvak, 2002] qui relève des intensités à proximité des plaques de l'ordre de 0,7-1,6 A/m (à 30 cm) et jusqu'à 25 A/m en surface de bobine.

Effets génotoxiques ou tératogènes :

Pour les études in vitro, Fujita (2007) a développé un modèle thermorégulé, comprenant un bobinage inclus dans l'incubateur, opérant à 23 kHz. Ce bobinage a été utilisé dans l'étude de Miyakoshi et al (2007) : celui-ci a étudié les possibles effets génotoxiques des champs magnétiques similaires à ceux émis par les plaques de cuisson domestique à induction. Des cultures cellulaires de mammifère et des bactéries ont été exposées. Aucun effet statistique n'a été observé et l'auteur concluait que l'exposition à un champ magnétique IF ne causait pas de génotoxicité dans les bactéries ou cellules. Cependant le nombre de répétition est faible et l'étude apparaît peu documentée dans le pouvoir statistique.

7.3.2.4 Les lampes fluo-compactes (LFCs) basse consommation

Les lampes basse consommation fonctionnent sur le même principe que les tubes fluorescents (ou « néons »). Elles utilisent un ballast électronique et émettent un champ électromagnétique de 50 Hz à 10 MHz.

Le SCENIHR a examiné 3 caractéristiques des lampes : éclat, champ électromagnétique et UV.

Concernant le champ électromagnétique, aucune conséquence particulière sur la santé n'a été constatée.

L'étude CSTB / ADEME a permis d'évaluer le niveau de champ électrique à 15 V/m environ, hors phase de démarrage (inférieur au seuil ICNIRP).

7.3.2.5 Conclusion sur les « moyennes fréquences »

Des effets physiologiques sont susceptibles d'être produits par le champ électromagnétique de moyenne fréquence et de très grande amplitude :

- Stimulation nerveuse,
- Stimulation de la rétine,
- Echauffement.

Cependant, peu d'études expérimentales et épidémiologiques sont disponibles concernant les effets des champs électromagnétiques des fréquences intermédiaires sur la santé. Elles ne permettent pas de conclure quant à l'existence ou non d'effet dangereux lié à des niveaux d'exposition non thermiques. Quelques publications mentionnent des effets sur des systèmes cellulaires en division.

On retient également la difficulté de caractérisation de l'exposition dans ces bandes de fréquences.

Des études spécifiques ont eu lieu sur les terminaux cathodiques de télévision et d'ordinateur, sur les plaques à induction et les lampes fluo-compactes, sans pouvoir mettre en évidence un effet cancérigène, génotoxique ou sur la reproduction.

Le nombre d'étude portant sur ce domaine de fréquence est bien plus faible que pour les hautes fréquences, malgré l'accroissement de l'exposition à ce type de rayonnement. Il est important de noter que nous n'avons pas trouvé d'études portant sur l'impact sanitaire des dispositifs à Courant Porteur en Ligne (CPL).

Il persiste donc une zone d'incertitude qui empêche de proposer des conclusions définitives sur les champs à fréquences intermédiaires.

7.3.3 Les « hautes fréquences »

Aux fréquences comprises entre 10 MHz et 300 GHz, l'échauffement constitue l'effet principal de l'absorption d'énergie électromagnétique, et toute élévation de température

supérieure à 1 ou 2 °C peut avoir des effets nocifs tels que le coup de chaleur ou l'insolation [ACGIH, 1996].

7.3.3.1 Applications FM –RADIO-(TV): (80 - 400 MHz)

Les applications aux télécommunications dans cette bande regroupent essentiellement la radiodiffusion (bande FM de 88 à 108 MHz). La télévision (VHF de 30 à 300 MHz et UHF de 300 MHz à 3 GHz). La fin du réseau UHF en France vers le numérique terrestre TNT aura lieu le 29 novembre 2011.

Ce type d'émission existe depuis les débuts de la radiodiffusion. Etant donné que les tours d'émissions hertziennes sont généralement hautes et que l'émission est orientée pour une portée lointaine (à l'horizon), l'exposition au niveau du sol est généralement faible (le champ électrique est de l'ordre de 1 à 2 V/m).

Une des grandes limitations aux enquêtes épidémiologiques est la difficulté d'évaluer les expositions, qui par définition sont discontinues dans le temps et hétérogènes dans l'espace. Les effets biologiques et cancérigènes ont été étudiés :

7.3.3.1.1 Effets biologiques

Boscolo [Boscolo, 2001 ; Boscolo, 2006] s'est intéressé au retentissement immunitaire de l'exposition chronique résidentielle des femmes. Pour cela, il a mesuré les niveaux de champ sur les balcons (moyenne de $4,3 \pm 1,4$ V/m en 2000, puis $3,7 \pm 1,3$ V/m en 2005). La comparaison a été réalisée par rapport à une population témoin (avec une exposition environnementale inférieure à 2 V/m). Des groupes comparables en âge, habitudes, tabagisme, niveau social ont été réalisés, et les niveaux d'anxiété intrinsèque ou temporaire ont été évalués par des tests.

L'auteur discute la possibilité d'un effet des rayonnements accrue par l'anxiété ou une autre cause liée au mode de vie.

Une étude, proche dans le principe, [Clark, 2007] porte sur la corrélation entre sécrétion de mélatonine et d'oestrogènes et l'exposition résidentielle dans les bandes de fréquences radio-TV et du courant domestique (60 Hz) (niveaux classés en fort - $4 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ - , moyen - $0,5\text{-}4 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ - et faible - inférieur à $0,5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$). Les conditions d'exposition ont été regroupées en 4 classes de niveau ; les populations ont été classées par groupes (3 périodes du cycle pour les femmes non ménopausées, et deux classes de femmes en péri-ménopause, c'est à dire dans la phase de diminution des périodes des cycles, ou ménopausées).

Aucun effet de l'exposition n'est mis en évidence avant la ménopause ; chez les femmes ménopausées, une association entre forte exposition résidentielle, proximité et visibilité de l'émetteur d'une part, et augmentation de l'excrétion de E1G est identifiée.

Alpeter [Alpeter, 2006] s'est également intéressé au cycle de la mélatonine ainsi qu'à la qualité du sommeil dans une population proche d'une tour hertzienne lors de son arrêt (6-22 MHz, radio-TV). L'étude a été menée durant une semaine avant l'arrêt et une semaine après l'arrêt. L'excrétion de mélatonine a été modélisée et la sécrétion obtenue par calcul. Il a observé une différence à la fois dans la sécrétion de mélatonine sous forme d'un rebond lors de l'arrêt de l'exposition, et dans la qualité du sommeil, meilleur après l'arrêt. Dans la discussion, la possibilité d'un effet nocebo a été analysée, et aucune relation causale n'a été formellement identifiée.

7.3.3.1.2 Effets cancérogènes

Les études [Hocking], radiovatican [Michelozzi, 2001] et anglaise [Dolk, 1997a, 1997b]. avaient trouvé une augmentation de l'incidence des cancers dans les populations proches des tours d'émission radio-TV, mais souffraient de faibles effectifs, de biais probables et de l'absence de relation dose-effet. (revue de Schütz [Schütz, 2008] pour plus de précisions).

L'étude de Merzenich [Merzenich, 2008] est une étude cas-témoins portant sur les hémopathies malignes de l'enfant de 3 à 14 ans (Leucémies Lymphoïdes Chroniques, Leucémies Myéloïdes Chroniques, syndromes myéloprolifératifs, myélodysplasies) dans l'entourage de 16 tours d'émission radio TV. L'identification des cas a été réalisée sur une période 1984 - 2003 à partir des registres des cancers. Cette étude ne montre pas d'incidence de la proximité des antennes de radiotélé-diffusion avec la fréquence de survenue de leucémies infantiles.

L'étude sud coréenne de Ha [Ha, 2007] est une étude de cohorte sur les tumeurs cérébrales et les leucémies infantiles dans l'entourage de 31 tours d'émission AM (modulation d'amplitude). Un excès de leucémies a été observé dans un périmètre de 2 km (l'incidence des leucémies lymphoïdes était accrue alors que celle des leucémies myéloïdes était diminuée). Aucun effet sur les tumeurs cérébrales et cancers infantiles (toutes localisations) n'est mis en évidence. L'auteur discute lui-même les limites de l'étude : pas de prise en compte de l'influence sur la grossesse, l'évolution des tours, l'association aux autres sources (GSM, etc.).

Les revues d'Ahlbom [Ahlbom, 2004 ; Ahlbom, 2008] confirment le peu de données valables sur les contributions relatives des différentes sources. Aucun élément tangible n'est relevé sur l'exposition résidentielle des enfants et les potentiels effets dangereux pour la santé:

Les résultats publiés se focalisent sur de rares affections, cancers du cerveau et leucémies. Sur ces derniers points, les études récentes sont les suivantes :

- [Merzenich, 2008] (revue de 142 références), non spécifiques des rayonnements mais qui attire l'attention sur la prise en compte attentive des différents critères environnementaux et socio-économique dans l'analyse de risques,
- [Schütz, 2008] (revue bibliographique) portant à la fois sur les associations possibles entre exposition aux extrêmement basses fréquences et aux radiofréquences, qui suggère que des études épidémiologiques supplémentaires ne s'imposent pas en l'absence d'éléments tangibles,
- [Solenova, 2004] (étude de cohorte de la mortalité générale et par cancer chez les travailleurs dans les environnements TV selon les postes de travail) montre une absence de développement de cancer lié à la proximité des émetteur TV mais, s'appuyant sur le fait que l'enfant est plus sensible aux « toxiques environnementaux » que peuvent être les ondes, Kheifets [Kheifets, 2005] souligne la nécessité de poursuivre la recherche depuis la conception jusqu'à la maturité.

Des études anciennes réalisées sur les expositions résidentielles associées aux tours d'émission hertziennes radio FM et TV avaient montré une augmentation de l'incidence des

cancers dans les populations proches des tours. Leurs limites méthodologiques empêchaient de conclure à la causalité.

Les deux études cas-témoins récentes réalisées chez les enfants sur les leucémies pour la première, sur les leucémies et les tumeurs cérébrales pour la seconde ne permettent pas de conclure sur les effets cancérigènes potentiels des expositions résidentielles associées aux tours d'émission hertziennes radio FM et TV. Les résultats sur les leucémies sont contradictoires entre les deux études et difficiles à interpréter en l'absence de données précises sur l'exposition. L'étude sur les tumeurs cérébrales ne montre pas d'effet.

7.3.3.2 Communications sans fil

Les communications sans fil sont nombreuses et variées : on peut ainsi citer la téléphonie mobile, DECT, Wi-fi, Bluetooth, RLAN, Wimax, etc. Les études concernent essentiellement la téléphonie mobile avant tout car c'est la source principale d'exposition. Les sources lointaines (station de base, Wi-fi et Wimax) posent moins de problème sanitaire car le niveau d'exposition qui en résulte est très bas.

Les ondes se propagent dans les tissus biologiques et y sont rapidement atténuées de manière exponentielle. Pour des fréquences aux alentours du GigaHertz la profondeur de pénétration des ondes est de l'ordre de 3 cm. La propagation à l'intérieur des tissus (absorption et réflexion) dépend des propriétés diélectriques des tissus.

Les liquides biologiques (sang, liquide céphalo-rachidien, etc.) absorbent plus que les os qui contiennent peu d'eau.

Le développement rapide de la téléphonie mobile a engendré un nombre important de recherches. L'Europe a été très active sur ce secteur (Grande-Bretagne, Allemagne, Italie et Finlande en particulier) ainsi que d'autres pays (Japon, Etats-Unis, Australie).

7.3.3.2.1 Etudes cellulaires

Les effets génotoxiques

Ces tests de génotoxicité recourent à différentes techniques, parmi lesquelles figurent les tests de brins d'ADN (cometassay) ou encore les tests d'aberrations chromosomiques. L'une des plus célèbres études – au motif qu'elle a été l'objet d'accusations de fraude – a été l'étude REFLEX (programme européen, de 2000 à 2004).

Différents systèmes cellulaires isolés (fibroblastes, lymphocytes, etc..) ont été soumis à une gamme variable d'expositions électromagnétiques.

Les résultats de cette étude ont indiqué que des ruptures simples ou doubles des brins d'ADN de plusieurs systèmes cellulaires se produisaient sous l'effet des champs à très basses fréquences ou des radiofréquences auxquels ils ont été exposés.

A la suite d'une enquête de l'Université de Vienne, en 2008, qui a révélé l'existence d'une fraude, les résultats de l'étude ont été disqualifiés. Ultérieurement à l'étude REFLEX, le programme Perform B a procédé à la réplique de l'expérience de Litovitz sur l'activité de l'enzyme ODC (Ornithine Décarboxylase), mais elle a donné des effets négatifs, tout comme

des études sur la génotoxicité effectuées à Rome et à Oxford, ainsi qu'une réplique des études de Lai sur la mémoire des rats.

Les effets non génotoxiques

Tout comme le programme Perform, B, Hoÿtö et al. (2008) se sont penchés sur l'activité de l'ornithine décarboxylase (ODC) dans des lignées cellulaires de souris soumis à des champs de 872 ou de 835 MHz et à des DAS de 2,5 ou 6 W/kg durant 2, 8 ou 24 h.

Cette étude qui était destinée à répliquer plusieurs recherches antérieures a indiqué une activité accrue d'ODC dans les cellules L929 mais n'a pas observé d'effets.

Conclusion sur les études cellulaires associées aux communications sans fil.

Les différentes études menées jusqu'à présent ne permettent pas de constater avec certitude des effets du champ électromagnétique provenant des communications sans fil lors d'études cellulaires.

Le bilan des études in vitro et in vivo tiré par la synthèse du rapport de l'AFSSET confirme le manque d'interprétation des études réalisées (sans compter la fraude de l'étude REFLEX). Cette synthèse exprime d'une part la difficulté à se limiter à un simple comptage des études positives et des études négatives, et d'autre part, la nécessité de tenir compte de la méthodologie employée par les différents auteurs.

7.3.3.2 Etudes animales

Un grand nombre d'études sur des animaux ont été conduites en utilisant des champs électromagnétiques aux différentes fréquences et modulations de la téléphonie mobile.

Il apparaît clairement que la grande majorité des effets biologiques rapportés relèvent d'effets thermiques apparaissant à des niveaux de DAS (Débit d'Absorption Spécifique) élevés.

Les effets biologiques constatés seraient dus soit à une élévation de température des tissus, soit aux réponses physiologiques visant à minimiser l'élévation de la température.

La majorité des études animales à long terme ont porté sur des modèles de cancer et indiquent que les radiofréquences ne sont pas cancérigènes chez l'animal.

Une étude a montré une augmentation de l'incidence des tumeurs après l'exposition à des rayonnements GSM. Ces résultats n'ont cependant pas été confirmés dans deux études similaires de réplique (notamment dans le programme européen Perform A) En conclusion il n'apparaît pas que l'exposition aux signaux de la téléphonie mobile augmente l'incidence des tumeurs à court et long terme.

7.3.3.2.3 Études humaines

Des effets mineurs transitoires, négatifs et positifs, ont été observés lors d'EEG (électro-encéphalographie), sur la structure du sommeil, et les processus cognitifs.

Plusieurs autres recherches ont visé à étudier les effets possibles, après des expositions aiguës aux signaux GSM et/ou UMTS sur les fonctions cognitives. La plupart d'entre elles ont été des études transversales ayant recouru à des protocoles en double aveugle, c'est-à-dire que ni l'expérimentateur ni la personne ayant participé à l'expérience ne connaissait les conditions de cette dernière. Plusieurs de ces recherches n'ont indiqué aucun effet (Kleinhogel et al.2008a et 2008b, Thomas et al.2008, Riddervold et al.2008, Unterlechner et al.2008).

Les études récentes font état de résultats contradictoires. Perentos et al.(2007) ont exposé 12 personnes durant quinze minutes à des signaux modulés et non modulés GSM, sans trouver aucun effet sur l'EEG. En revanche, Croft et al (2008) ont exposé 120 personnes durant 30 minutes et ont mesuré les signaux de l'EEG avant, durant et après l'exposition. Cette étude a trouvé un accroissement de la puissance de l'EEG durant l'exposition, et qui a cessé lorsque celle-ci s'est achevée.

7.3.3.2.4 Effets sur la barrière hémato-encéphalique (BHE)

Le cerveau humain adulte pèse approximativement 1,4 kg, soit environ 2 % du poids du corps. Il utilise à lui seul approximativement un quart de l'oxygène et du glucose consommé par l'organisme au repos. Ceci fait de cet organe en fonctionnement l'un des tissus dépendant le plus des ressources énergétiques. La protection du microenvironnement cérébral nécessite un isolement du cerveau vis-à-vis de l'environnement externe en prévenant l'accès de la plupart des substances circulantes tout en facilitant le prélèvement de nutriments et substrats du métabolisme et l'élimination des déchets du métabolisme. Cette fonction hautement spécialisée est assurée par un système appelé barrière hémato-encéphalique (BHE).

Une augmentation de la perméabilité de la BHE pourrait être à l'origine d'altérations au niveau du métabolisme cérébral et de l'activité synaptique des neurones. Elle est impliquée dans le mécanisme de nombreux états pathologiques : maladie neurologique auto-immune chronique (sclérose en plaques), pathologies infectieuses (méningites, paludisme, SIDA) mais également au cours de l'ischémie (diminution de la vascularisation au niveau d'une zone d'un tissu ou d'un organe), de l'hypertension, des traumatismes crâniens ou des tumeurs cérébrales. Des investigations sont conduites in vivo ou in vitro pour examiner l'effet des radiofréquences sur l'intégrité de la BHE.

Les résultats des études effectuées en la matière sont contradictoires. En effet, Salford et al. ont suggéré que l'exposition de rats âgés de 12 à 26 semaines, pendant 2 heures à des signaux GSM à de bas niveaux pouvait, de façon irréversible, endommager la BHE, en causant une fuite d'albumine dans le cerveau et en provoquant ainsi une augmentation des neurones sombres (signe de lésions neuronales).

Les expériences ultérieures ont toutefois montré que les effets sur la BHE ne semblaient se produire qu'à un niveau thermique. Une confirmation est venue du groupe de

Cassel, qui, dans le cadre du programme européen Perform-B a obtenu des résultats négatifs, à l'aide d'une méthode indirecte d'évaluation de la perméabilité de la BHE sur des rats exposés à 2,45 GHz.

7.3.3.2.5 Développement

Pour l'humain

La récente analyse d'une étude de cohorte danoise a rapporté que cette dernière avait indiqué que des enfants âgés de sept ans, dont les mères ont utilisé le téléphone mobile soit durant soit après la grossesse, connaissaient des risques accrus de troubles du comportement. Comme M. Eric Van Rongen, membre du Conseil de la santé des Pays-Bas l'a fait remarquer, les troubles du comportement ne sont pas liés à une exposition propre, mais à l'utilisation du téléphone mobile par la mère durant la grossesse. Il ne s'agit donc pas du niveau d'exposition du fœtus in utero.

Pour l'animal

En ce qui concerne les recherches animales, une récente étude (Odaci et al.2008) a examiné les effets concernant l'exposition prénatale de jeunes rattes à un champ de 900 MHz durant soixante minutes par jour. L'expérience a porté sur trois rattes gestantes dans le groupe exposé et dans le groupe des témoins. Le niveau d'exposition était de 2 W/kg. Le nombre de cellules granules dans le groupe exposé était de 20% inférieur à celui du groupe de témoins, suggérant que l'exposition prénatale à des champs de radiofréquences empêche la neurogénèse (processus de création d'un neurone fonctionnel) des cellules granules.

Toutefois aucune conclusion ne peut-être tirée de cette étude à cause du nombre peu important d'animaux et d'indications inadéquates concernant la dosimétrie.

7.3.3.2.6 Etudes épidémiologiques

Jusqu'en 2003 la majorité des études épidémiologiques de type cas-témoins avait porté sur l'incidence de tumeurs chez les utilisateurs de téléphones mobiles. Elles n'avaient pas permis de conclure à un effet dangereux et étaient peu informatives, car que les données de l'exposition étaient entachées d'incertitudes importantes non traitable de manière statistique.

L'étude internationale récente Interphone a été pilotée par le CIRC et portait sur les tumeurs de la tête et du cou. Elle a été réalisée par 13 pays et permet quant à elle d'avoir une meilleure interprétation statistique.

Pour le neurinome de l'acoustique, tumeur rare et bénigne, certains résultats montrent que pour une utilisation de plus de plus de 10 ans, il existe une augmentation de l'incidence du côté d'utilisation du téléphone mobile, sans que les auteurs ne puissent conclure à une relation causale entre exposition et développement des neurinomes.

Les résultats globaux de l'étude Interphone sur les gliomes et méningiomes ne montrent aucun risque significatif pour ceux qui utilisent un portable depuis plus de 4 ans

mais elle montre un effet protecteur que les auteurs attribuent à des biais et erreurs méthodologiques.

Parmi les utilisateurs ayant utilisé le téléphone mobile depuis un à quatre ans, l'étude montre un risque significatif de gliome uniquement pour les gros utilisateurs (plusieurs heures par jour). Les auteurs et l'ICNIRP notent que cette catégorie d'utilisateurs comprend des personnes ayant rapporté des temps d'utilisation hautement improbables.

Une autre étude de ce même type, c'est à dire cas-témoins, sur les cancers de l'enfant est en cours : MOBI-KIDS.

Les études épidémiologiques disponibles présentent des biais méthodologiques ; en particulier l'exposition des personnes est rarement bien connue, ce qui a pour effet de réduire la confiance des résultats sur les facteurs de risque (le nombre de cas est faible dans certaines catégories d'exposition, la population témoin est mal identifiée, etc.).

Cependant, les études prospectives de type cohorte continuent d'avoir lieu (études fondées sur l'observation de deux groupes de sujets), même si elles sont associées à d'autres difficultés de réalisation et d'interprétation, telles que la durée, le coût, une faible puissance pour étudier les maladies rares par exemple.

Une étude de grande ampleur (COSMOS) est actuellement en cours depuis 2008. Elle associe plusieurs pays d'Europe du Nord.

Pendant vingt à trente ans, 250.000 utilisateurs de téléphone portable seront suivis dans cinq pays pour mettre en évidence l'éventuel effet des ondes sur l'apparition de cancers mais aussi d'autres pathologies comme les maux de tête ou troubles du sommeil. Les résultats sont attendus pour 2030 au plus tôt ou 2040 au plus tard..

7.3.3.2.7 Hypersensibilité électromagnétique

L'étude TNO, entreprise en 2003, au sein du comité sur les champs électromagnétiques du Conseil de la Santé des Pays-Bas a eu tout d'abord pour objectif de déterminer s'il existait une relation de cause à effet entre les champs électromagnétiques et les symptômes subjectifs, tels que les vertiges, les maux de tête et autres maladies. Son second objectif a été d'évaluer la modification de la performance cognitive en cas d'exposition.

Deux groupes de personnes ont participé à cette expérience.

Le premier groupe – constitué de 25 femmes et de 11 hommes – comprenait des personnes présentant des symptômes qu'elles attribuaient au fait d'être des riverains d'antennes relais. Le second – constitué de 14 femmes et de 22 hommes – était un groupe témoin n'incluant pas de sujets électrohypersensibles.

Conduite en double aveugle, l'expérience a consisté à exposer les deux groupes à des champs électromagnétiques d'intensité variable : 900 MHz et 1800 MHz pour le GSM, 2100 MHz pour simuler l'UMTS.

Les sujets ignoraient évidemment à quel champ ils étaient exposés. Quatre sessions ont eu lieu, de trente minutes chacune, séparées entre elles d'un intervalle de vingt minutes. La première est en quelque sorte une session d'adaptation, sans exposition, pour maîtriser les appareils et les tests utilisés. Les sessions suivantes donnaient lieu à exposition, ou non, de manière aléatoire.

L'exposition avait lieu dans une pièce protégée. S'agissant du GSM, l'exposition était de l'ordre de 1 V/m, pour des limites ICNIRP de 41 et 58 V/m respectivement pour le 900 MHz et 1800 MHz.

Quant à l'UMTS, le champ était d'une amplitude de 0,7 V/m pour une limite ICNIRP de 61 V/m.

Un rapprochement des résultats obtenus par les deux populations lors de leur exposition aux trois champs révèle qu'il n'existe pas pour l'exposition au GSM, au sein d'une même population, de différence de bien-être significative entre les sujets exposés et ceux qui ne le sont pas.

Pour l'exposition au champ UMTS, l'étude TNO révèle un ressenti de « mal-être » significativement plus marqué en cas d'exposition réelle qu'en cas d'exposition fictive. S'agissant des fonctions cognitives, ont été testés le temps de réaction, la mémoire, l'attention visuelle, l'ouïe et la coordination entre l'oeil et la main. Les résultats bruts révèlent que les améliorations ou les dégradations ne sont pas clairement marquées, que ce soit pour les personnes avec ou sans symptômes.

L'étude TNO conclut donc que l'exposition à l'UMTS a un effet négatif sur le bien-être.

Cette étude a été répliquée (Regel et al, 2006), mais les résultats n'ont pas confirmé l'étude néerlandaise, puisque aucun effet sur le bien-être ou les fonctions cognitives n'a pu être constaté.

De même, des études en Suisse, en Grande-Bretagne, au Danemark et au Japon n'ont pas confirmé les observations de l'étude néerlandaise.

Kundi et Hutter ont publié des études en 2006, de nature différente, mais dont les conclusions sont identiques.

L'étude épidémiologique porte sur les symptômes subjectifs, les troubles du sommeil et les performances cognitives de 365 personnes vivant à proximité de stations de base.

La puissance des champs hautes fréquences émis a été mesurée dans la chambre à coucher de 336 ménages.

Le niveau d'exposition constaté (au maximum 4,1 mW/m²) était très inférieur aux valeurs limites recommandées. Les riverains demeuraient de 24 à 600 mètres des stations de base en zone rurale et de 20 à 250 mètres en zone urbaine. La puissance moyenne était légèrement supérieure en zone rurale (0,05mW/m²) à celle mesurée en zone rurale, soit 0,02 mW/m².

Les auteurs constatent que le niveau d'exposition aux stations de base est bas, mais à des valeurs plus ou moins constantes durant de nombreuses heures le jour et, en particulier, la nuit (les valeurs de champ sont plus basses la nuit que le jour). Les auteurs soulèvent la question de la dangerosité des champs de faible amplitude mais émises constamment.

Ils n'ont constaté aucune influence de la crainte des effets négatifs des stations de base sur les performances cognitives.

Par contre, les auteurs estiment que les effets à de très bas, mais durables, niveaux d'exposition aux stations de base ne peuvent être écartés. Il reste à étudier si de l'association observée entre les symptômes subjectifs et une exposition prolongée peut résulter un état manifeste de maladie

La revue de l'étude en 2009 montre de solides indications selon lesquelles l'exposition à long terme aux stations de base affecte le bien-être. Les symptômes les plus souvent associés à l'exposition sont : les maux de tête, les difficultés de concentration, l'inquiétude et les tremblements. Les troubles du sommeil ont été également reliés à la distance séparant les riverains des stations de base ou encore à la puissance de ces dernières. Mais il est possible qu'entrent en jeu des confusions avec les inquiétudes que suscitent les effets sanitaires néfastes des antennes relais, ou de façon plus générale, avec les traits spécifiques de la personnalité.

Les conclusions du congrès de l'OMS de 2004 étaient que la réalité d'une telle hypersensibilité aux champs électromagnétique n'est pas démontrée.

Depuis plusieurs articles de revue de la littérature sur le sujet ont conclu à l'absence de preuves d'un lien causal entre exposition aux champs électromagnétiques et symptômes.

7.3.3.3 Synthèse sur les effets des champs « hautes fréquences »

Aux fréquences comprises entre 10 MHz et 300 GHz, l'échauffement constitue l'effet principal de l'absorption d'énergie électromagnétique.

Les émissions provenant des tours hertziennes ont été les premières étudiées. Elles concernent la radiodiffusion et la télévision.

Une étude de 2007 semble associer chez les femmes ménopausées une forte exposition résidentielle et une augmentation de l'excrétion de E1G.

Une étude de 2006 s'est intéressée au cycle de la mélatonine ainsi qu'à la qualité du sommeil dans une population proche d'une tour hertzienne. Il a été observé une différence à la fois dans la sécrétion de mélatonine sous forme d'un rebond lors de l'arrêt de l'exposition, et dans la qualité du sommeil, meilleur après l'arrêt. Dans la discussion, la possibilité d'un effet nocebo a été analysée, et aucune relation causale n'a été formellement identifiée.

Malgré de nombreuses études, l'influence des ondes hertziennes sur le développement de cancer n'a pas été établie.

Concernant la téléphonie mobile et les réseaux WLAN, une étude de 2008 indique une activité accrue d'ODC (ornithine décarboxylase) dans les cellules L929 de souris soumis à des champs GSM très importants (supérieurs aux seuils ICNIRP), mais n'a pas observé d'effets.

Des effets mineurs transitoires, négatifs et positifs, ont été observés sur l'humain lors d'EEG (électro-encéphalographie) et également sur la structure du sommeil et les processus cognitifs.

Les résultats globaux de l'étude Interphone sur les gliomes suggèrent un risque significatif de gliome uniquement pour les gros utilisateurs (plusieurs heures par jour). Cette catégorie d'utilisateurs comprend des personnes ayant rapportées des temps d'utilisation hautement improbables.

Il n'apparaît pas que l'exposition aux signaux de la téléphonie mobile augmente l'incidence des tumeurs à court et long terme. De même, l'hypersensibilité n'a pas été démontrée. Une étude parmi plusieurs suggère une sensation de mal-être liée aux émissions à la fréquence UMTS.

En conclusion, les résultats de recherche actuels, portant aussi bien sur des études épidémiologiques que sur des animaux en laboratoire exposés ponctuellement ou tout au long de leur vie, n'apportent aucune preuve que l'exposition soit cause de cancers ou d'autres maladies.

Il reste cependant quelques questions en particulier en ce qui concerne la sensibilité des enfants aux champs RF émis par le téléphone mobile. Les recherches en cours devraient aider à lever ces incertitudes dans les années qui viennent.

7.3.3.4 Recommandations de l'AFFSET pour limiter l'impact du champ électromagnétique.

L'AFFSET recommande de fournir aux utilisateurs d'équipements personnels émetteurs de radiofréquences des mesures simples pour leur permettre de réduire leur exposition. Par exemple :

- favoriser les systèmes qui minimisent la puissance émise des téléphones sans fil DECT,
- éteindre les interrupteurs de l'émission Wi-Fi sur les émetteurs de type « modem »,
- s'éloigner des sources d'émission. Le niveau d'exposition diminuant fortement avec la distance à l'émetteur, sur des équipements tels que la base d'un téléphone DECT, des périphériques Bluetooth ou des veille-bébés, une distance de quelques dizaines de centimètres entre l'appareil et l'utilisateur permet de diminuer considérablement l'exposition,
- faciliter le recours au kit piéton.

7.4 Synthèse sur les effets des champs électromagnétiques.

L'OMS effectue la classification suivantes :

- Les champs magnétiques extrêmement basse-fréquences sont considérés comme « peut être cancérigène pour l'homme » (Groupe 2B).
- Les champs électriques statiques et les champs électriques extrêmement basses fréquences sont considérés « inclassables quant à leur cancérigénicité pour l'Homme » (Groupe 3).
- Les champs électromagnétiques du téléphone portable sont considérés comme « peut être cancérigène pour l'homme » (Groupe 2B).

Concernant les champs très basses fréquences, quelques effets semblent aboutir à des effets sur l'organisme.

Le champ magnétique de grande amplitude (100 μ T, valeur prise comme seuil ICNIRP à 50 Hz) est ainsi considéré comme pouvant augmenter l'apoptose des cellules (mort cellulaire).

Pour l'enfant, certaines études considèrent que le champ magnétique d'amplitude supérieure à 0,2 - 0,4 μ T est susceptible d'accroître les risques de leucémie. Cette position est également celle du Centre international de Recherche sur le Cancer de l'Organisation Mondiale de la Santé.

Aucune étude n'a pu démontrer un effet sur la reproduction, la tératogénèse (malformations congénitales), le développement de tumeurs, de maladies cardio-vasculaires, de dépressions ou de maladie neurodégénérative.

Les études sur les champs à fréquence intermédiaire ne peuvent à ce jour aboutir à des conclusions définitives.

Aux fréquences comprises entre 10 MHz et 300 GHz, l'échauffement constitue l'effet principal de l'absorption d'énergie électromagnétique.

Quelques études épidémiologiques semblent montrer un effet de l'émission hertzienne sur le cycle de mélatonine et la qualité du sommeil, ainsi que l'augmentation de E1G chez la femme ménopausée.

Concernant la téléphonie mobile et les réseaux WLAN, une étude de 2008 indique une activité accrue de l'enzyme ODC dans les cellules de souris soumis à des champs GSM très importants, sans autre effet.

Une différence de résultats d'EEG (électro-encéphalographie) a été observée sur l'humain soumis à des champs. De même, il pourrait y avoir un effet sur la structure du sommeil et les processus cognitifs.

Enfin, l'étude interphone aboutie à l'absence de gliome pour les utilisateurs de téléphone portable, sauf pour ceux utilisant leur téléphone pendant une durée improbable.

Pour les champs électromagnétiques de quelque nature que ce soit, aucune étude ne montre de lien avec le développement de tumeurs à court et long terme.

De même, l'hypersensibilité n'a pas été démontrée en haute et basse fréquence. Une étude parmi plusieurs suggère cependant une sensation de mal-être liée aux émissions à l'UMTS.

8 Recommandations et proposition du LNE liées aux manques d'études identifiés.

A travers ce chapitre, nous reportons les manques d'études identifiés au cours de l'élaboration de ce document.

En premier lieu, nous constatons que le nombre d'études in vitro, animales et épidémiologiques est nettement moins important pour les champs aux fréquences intermédiaires (« moyennes fréquence ») que pour les champs basses et hautes fréquences. Il existe pourtant dans ce domaine deux sources de champ importantes : les lampes fluo-compactes et les plaques à induction.

On observe une grande disparité sur les mesures réalisées sur les plaques à induction. Une campagne de mesure de référence pourrait être nécessaire afin de quantifier précisément le niveau de champ.

De même, nous pensons qu'une campagne de mesure sur les dispositifs de Courant Porteur en Ligne (CPL) dans leur environnement d'emploi est nécessaire pour évaluer leur niveau de champ.

De plus, nous constatons l'absence d'études épidémiologiques sur cette technologie, notamment quant à la qualité du sommeil

Les rasoirs électriques et les tondeuses électriques à cheveux constituent la source d'émission la plus importante en basse fréquence. Ils pourraient être à l'origine de champs supérieurs aux limites réglementaires au niveau de la peau (les tondeuses sont utilisées proche du cerveau ; les rasoirs électriques sont utilisés proche de la glande thyroïde). Une surveillance s'impose sur ces appareils. Une caractérisation du niveau de champ très proche (quelques centimètre) doit être réalisée.

De plus, nous n'avons pas trouvé d'étude épidémiologique sur l'impact des rasoirs électriques sur le fonctionnement de la glande thyroïde.

Les tests d'électrosensibilité conduisent généralement à une absence de perception. Une étude suggère un sentiment de mal-être lié à l'émission de niveau UMTS. Il pourrait être intéressant de mener une campagne d'essai en France, ce qui n'a pas encore été réalisé, afin de statuer définitivement sur ce point.

Enfin, nous proposons deux campagnes de mesure afin d'évaluer précisément :

- L'amplitude du champ magnétique 50 Hz à proximité de transformateurs EDF.
- L'amplitude du champ électromagnétique à 2,45 GHz de fours à micro-ondes usagés.

9 Annexe 1 : Bibliographie

9.1 Bibliographie générale citée

- Repacholi M.H. (1997). Radiofrequency field exposure and cancer: what do the laboratory studies suggest ? *Environ Health Perspect.*; 105 Suppl 6:1565-8.
- Repacholi M.H. (1998). Low-level exposure to radiofrequency electromagnetic fields: health effects and research needs. *Bioelectromagnetics*; 19(1):1-19.
- REPACHOLI, M.H. - Low-level exposure to radiofrequency fields : health effects and research needs. *Bioelectromagnetics 19 : 1-19 ; 1998.*
- REPACHOLI, M.H. ; STOLWIJK, J.A.J. - Criteria for evaluating scientific literature and developing exposure limits. *Rad. Protect. Australia 9 : 79-84 ; 1991.*
- REPACHOLI, M.H. CARDIS, E. - Criteria for EMF health risk assessment. *Rad. Protect. Dosim. 72 : 305- 312 ; 1997.*
- WERTHEIMER, N. ; LEEPER, E. - Electrical wiring configuration and childhood cancer. *Am. J. Epidemiol.102 : 273-284 ; 1979.*
- MCDOWALL, M. - Mortality in persons resident in the vicinity of electricity transmissions facilities. *Br. J.Cancer 53 : 271-279 ; 1985.*
- SEVERSON, R.K. ; STEVENS, R.G. ; KAUNE, W.T. ; THOMAS, D.B. ; HOUSER, L. ; DAVIS, S. ; SEVER, L.E. - Acute nonlymphocytic leukemia and residential exposure to power frequency magnetic fields. *Am. J. Epidemiol. 128 : 10-20 ; 1988.*
- COLEMAN, M.P., BELL, C.M.J. ; TAYLOR, H.L. ; PRIMIC-ZAKELJ, M. - Leukemia and residence near electricity transmission equipment : a case-control study. *Br. J. Cancer 60 : 793-798 ; 1989.*
- SCHREIBER, G.H. ; SWAEN, G.M. ; MEIJERS, J.M. ; SLANGEN, J.J. ; STURMANS, F. - Cancer mortality and residence near electricity transmission equipment : a retrospective cohort study. *Int. J. Epidemiol. 22 : 9-15 ; 1993.*
- FEYCHTING, M. ; AHLBOM, A. - Magnetic fields, leukemia, and central nervous system tumors in Swedish adults residing near high-voltage power lines. *Epidemiology 5 : 501-509 ; 1994.*
- VERKASALO, P.K. - Magnetic fields and leukemia : risk for adults living next to power lines. *Scand. J. Work Environ. Health 22 (Suppl. 2) : 7-55 ; 1996.*
- LI, C.Y. ; THÉRIAULT, G. ; LIN, R.S. – Epidemiological appraisal of studies of residential exposure to power frequency magnetic fields and adult cancers. *Occup. Environ. Med. 53 : 505-510 ; 1996.*
- Kheifets L., Bowman J.D., Checkoway H. et al. (2009). Future needs of occupational epidemiology of extremely low frequency electric and magnetic fields: Review and recommendations. *Occup Environ Med.*;66(2):72-80.

- OMS (2005). Champs électromagnétiques et santé publique. Aide-mémoire n°296.
www.who.int/mediacentre/factsheets/fs296/fr
- Osterberg K., Persson R., Karlson B. et al. (2007). Personality, mental distress, and subjective health complaints among persons with environmental annoyance. *Hum Exp Toxicol.*;26(3):231-41.
- Eltiti S., Wallace D., Zougkou K. et al. (2007). Development and evaluation of the electromagnetic hypersensitivity questionnaire. *Bioelectromagnetics*;28:137-51.
- Rubin G.J., Das Munshi J., Wessely S. (2005). Electromagnetic hypersensitivity: A systematic review of provocation studies. *Psychosom Med.*;67(2):224-32.
- SCENIHR (2009). Health Effects of Exposure to EMF. Brussels: European Commission, Health and Consumers DG:83p.
- Nielsen, C.V. & Brandt, L.P. (1990) Spontaneous abortion among women using video display terminals. *Scand. J. Work environ. Health*, 16, 323–328
- Ericson, A. & Källén, B. (1986a) An epidemiology study of work with video screens and pregnancy outcome: I. A registry study. *Am. J. ind. Med.*, 9, 447–457
- Ericson, A. & Källén, B. (1986b) An epidemiological study of work with video screens and pregnancy outcome: II. A case–control study. *Am. J. ind. Med.*, 9, 459–475
- Bryant, H.E. & Love, E.J. (1989) Video display terminal use and spontaneous abortion risk. *Int. J. Epidemiol.*, 18, 132–138
- Tachi S., Kakikawa M., Hashimoto S. et al. (2005). Effects on bacterial cells of exposure to very low frequency magnetic fields. *J Magn Soc Japan*; 29: 356-359.
- Wu H., Ren K., Zhao W. et al. (2005). Effect of electromagnetic fields on proliferation and differentiation of cultured mouse bone marrow mesenchymal stem cells. *J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci.* 25(2) :185-7.
- Haga A., Kumagai Y., Mitsuki H. et al. (2005). Evaluation of damage in DNA molecules by VLF fields using bacterial cells. *IEICE trans Comm.*; E88:3249-3255.
- Igarashi A., Matsuki H., Endo G. et al. (2005). Evaluation of damage in DNA molecules by VLF fields by using bacterial mutation repairing genetic system. *IEEE Trans on Magnetics*; 41:4368-4370.
- Nakasono S., Nishimura I. (2005). Evaluation of biological effects of intermediate frequency magnetic fields – micronucleus formation and chick embryo development. *CRIEPI Reports*; V06007:44-45; V04008:62-63.
- Lee H.J., Choi S.Y., Jang J.J. et al. (2007). Lack of promotion of mammary, lung and skin tumorigenesis by 20 kHz triangular magnetic fields. *Bioelectromagnetics*; 28(6):446-53.

- René de Sèze ,Environnement, Risques & Santé. Volume 5, Numéro 1, 31-5, Janvier-Février 2006, Synthèse Effets biologiques et sanitaires des fréquences intermédiaires
- Litvak E., Foster K.R., Repacholi M.H. (2002). Health and safety implications of exposure to electromagnetic fields in the frequency range 300 Hz to 10 MHz. *Bioelectromagnetics*; 23(1):68-82.
- Fujita A., Hirota I., Kawahara Y. *et al.* (2007). Development and evaluation of intermediate frequency magnetic field exposure system for studies of in vitro biological effects. *Bioelectromagnetics.*; 28(7):538-45.
- Merzenich H., Schmiedel S., Bennack S. *et al.* (2008). Childhood leukemia in relation to radio frequency electromagnetic fields in the vicinity of TV and radio broadcast transmitters. *Am J Epidemiol.*; 168(10):1169-78.
- Ha M., Im H., Lee M. *et al.* (2007). Radio-frequency radiation exposure from AM radio transmitters and childhood leukemia and brain cancer. *Am J Epidemiol.*; 166(3):270-9.
- Ahlbom A., Green A., Kheifets L. *et al.* (2004). Epidemiology of Health Effects of Radiofrequency Exposure. *Environ Health Perspect.*; 112(17): 1741-54.
- Ahlbom A., Bridges J., de Seze R. *et al.* (2008). Possible effects of electromagnetic fields (EMF) on human health--opinion of the scientific committee on emerging and newly identified health risks (SCENIHR). *Toxicology*; 246(2-3):248-50.
- Merzenich H., Schmiedel S., Bennack S. *et al.* (2008). Childhood leukemia in relation to radio frequency
- electromagnetic fields in the vicinity of TV and radio broadcast transmitters. *Am J Epidemiol.*; 168(10):1169-78.
- Schüz J., Ahlbom A. (2008). Exposure to electromagnetic fields and the risk of childhood leukaemia: a review. *Radiat Prot Dosimetry.*; 132(2):202-11.
- Solenova L.G., Dymova E.G., Fir N. (2004). [General and oncologic mortality in cohort of television workers]. *Med Tr Prom Ekol.*; (5):20-4.
- Hoyto A., Luukkonen J., Juutilainen J. *et al.* (2008a). Proliferation, oxidative stress and cell death in cells exposed to 872 MHz radiofrequency radiation and oxidants. *Radiat Res.*; 170(2):235-43.
- Regel S.J., Gottselig J.M., Schuderer J. *et al.* (2007a). Pulsed radio frequency radiation affects cognitive performance and the waking electroencephalogram. *Neuroreport*; 18(8):803-7.
- Regel S.J., Negovetic S., Roosli M. *et al.* (2006a). UMTS base station-like exposure, well-being, and cognitive performance. *Environ Health Perspect.*; 114(8):1270-5.
- Regel S.J., Tinguely G., Schuderer J. *et al.* (2007b). Pulsed radio-frequency electromagnetic fields: dose dependent effects on sleep, the sleep EEG and cognitive performance. *J Sleep Res.*; 16(3):253-8.

- Hardell L., Mild K.H., Kundi M. (2005e). Re: "Long-term mobile phone use and brain tumor risk". *Am J Epidemiol.*; 162(6):600-1.
- Hutter H.P., Moshhammer H., Wallner P. *et al.* (2006). Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. *Occup Environ Med.*; 63(5):307-13.
- Zwamborn A.P., Vossen S.H., van Leersum B.J. *et al.* (2003). Effects of Global Communication system radio-frequency fields on Well Being and Cognitive Functions of human subjects with and without subjective complaints. The Hague: TNO Physics and Electronics Laboratory. 89 p. (FEL-03-C148).
- Odaci E., Bas O., Kaplan S. (2008). Effects of prenatal exposure to a 900 MHz electromagnetic field on the dentate gyrus of rats: a stereological and histopathological study. *Brain Res.*; 1238:224-9.
- Perentos N., Croft R.J., McKenzie R.J. *et al.* (2007). Comparison of the effects of continuous and pulsed mobile phone like RF exposure on the human EEG. *Australas Phys Eng Sci Med.*; 30(4):274-80.
- Croft R.J., Hamblin D.L., Spong J. *et al.* (2008a). The effect of mobile phone electromagnetic fields on the alpha rhythm of human electroencephalogram. *Bioelectromagnetics*; 29(1):1-10.
- Croft R.J., McKenzie R.J., Inyang I. *et al.* (2008b). Mobile phones and brain tumours: a review of epidemiological research. *Australas Phys Eng Sci Med.*; 31(4):255-67.
- SCENIHR (2007). Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF). Brussels: European Commission, Health and Consumers DG:64p.
- Altpeter E.S., Roosli M., Battaglia M. *et al.* (2006). Effect of short-wave (6-22 MHz) magnetic fields on sleep quality and melatonin cycle in humans: the Schwarzenburg shut-down study. *Bioelectromagnetics.*; 27(2):142-50.
- Clark M.L., Burch J.B., Yost M.G. *et al.* (2007). Biomonitoring of estrogen and melatonin metabolites among women residing near radio and television broadcasting transmitters. *J Occup Environ Med.*; 49(10):1149-56.
- Perrin A., Souques (2010), M. Champs électromagnétiques, environnement et santé (ed Springer).
- COSMOS (www.ukcosmos.org)
- MOBI-KIDS (www.mbkds.com)

9.2 Lignes haute-tension / lignes de transport

- Aboud, A., & Anis, H. (2009). Probabilistically based risk of exposure to power line magnetic fields. *Electric Power Components and Systems*, 37(11), 1241-1259.
- Ahmadi, H., Mohseni, S., & Shayegani, A. A. A. (2010). Electromagnetic fields near transmission lines - problems and solutions. *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 7(2), 181-188.
- Al Salameh, M. S. H., & Hassouna, M. A. S. (2010). Arranging overhead power transmission line conductors using swarm intelligence technique to minimize electromagnetic fields. *Progress in Electromagnetics Research B*, (26), 213-236
- Auger, N., Joseph, D., Goneau, M., & Daniel, M. (2011). The relationship between residential proximity to extremely low frequency power transmission lines and adverse birth outcomes. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 65(1), 83-85
- Bottauscio, O., Chiampi, M., Pastorelli, M., Pons, E., & Zilberti, L. (2009). Electromagnetic impact of underground HVDC cables. Paper presented at the 2009 13th European Conference on Power Electronics and Applications, EPE '09,
- Bumby, S., Druzhinina, E., Feraldi, R., Werthmann, D., Geyer, R., & Sahl, J. (2010). Life cycle assessment of overhead and underground primary power distribution. *Environmental Science and Technology*, 44(14), 5587-5593.
- Clinard, F., Deschamps, F., Milan, C., Bouvier, A.-M., Carli, P.-M., Moutet, J.-P., Faivre, J., (...), Hillon, P. Évaluation de l'exposition aux champs magnétiques dans les habitations situées à proximité des lignes de transport de l'électricité en France, *Environnement, Risques et Sante* 3 (2), pp. 111-118
- Comba, P., & Fazzo, L. (2009). Health effects of magnetic fields generated from power lines: New clues for an old puzzle. *Annali Dell'Istituto Superiore Di Sanita*, 45(3), 233-237
- Ellithy, K. A. (2010). Measurement of magnetic fields in a 220kV gas insulated substation. Paper presented at the 2010 IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition: Smart Solutions for a Changing World
- Guo, Y., Wang, T., Li, D., Yang, H., & Huang, H. (2010). The review of electromagnetic pollution in high-voltage power systems. Paper presented at the Proceedings - 2010 3rd International Conference on Biomedical Engineering and Informatics, BMEI 2010, , 3 1322-1326.
- Huss, A., Spoerri, A., Egger, M., Rösli, M., Residence near power lines and mortality from neurodegenerative diseases: Longitudinal study of the Swiss population, 2009, *American Journal of Epidemiology* 169 (2), pp. 167-175
- Jackson, T. O., & Pitts, J. (2010). The effects of electric transmission lines on property values: A literature review. *Journal of Real Estate Literature*, 18(2), 239-259.

- Jeffers D, Transmission lines, emf and population mixing, Radiat Prot dosimetry.2006, Nov 15
- Kavet, R., Daigle, J.P., Zaffanella, L.E., Residential magnetic fields, contact voltage and their relationship: The effects of distribution unbalance and residential proximity to a transmission line, 2006, Health Physics 91 (6), pp. 592-607
- Kroll ME, Swanson J, Vincent TJ, Draper GJ., Childhood cancer and magnetic fields from high-voltage power lines in england and wales: a case-control study, Br J Cancer. 2010; 103(7): 931-2.
- Lai, G. G., Yang, C. -, & Su, C. -. (2010). Estimation and management of magnetic flux density produced by underground cables in multiple-circuit feeders.
- Li CY, Sung FC, Chen FL, Lee PC, Silva M, Mezei G., Extremely-low-frequency magnetic field exposure of children at schools near high voltage transmission lines, Science of the Total Environment, 2007; 376 :151-159.
- Li, C. -, Thériault, G., & Lin, R. S. (1997). A validity analysis of residential magnetic fields estimated from high-voltage transmission lines. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 7(4), 493-504.
- Lowenthal RM, Tuck DM, Bray IC., Residential exposure to electric power transmission lines and risk of lymphoproliferative and myeloproliferative disorders: a case-control study, Intern Med J. 2007; 37: 614-619
- Malagoli, C., Fabbi, S., Teggi, S., Calzari, M., Poli, M., Ballotti, E., et al. (2010). Risk of hematological malignancies associated with magnetic fields exposure from power lines: A case-control study in two municipalities of northern italy. Environmental Health: A Global Access Science Source, 9(1)
- Sarma Maruvada, P., Turgeon, A., Goulet, D.L., Cardinal, C.U., A statistical model to evaluate the influence of proximity to transmission Lines on residential magnetic fields, (1998) IEEE Transactions on Power Delivery, 13 (4), pp. 1322-1327
- Sarma Maruvada, P., Turgeon, A., Goulet, D.L., Cardinal, C. , An experimental study of residential magnetic fields in the vicinity of transmission lines, (1998) IEEE Transactions on Power Delivery, 13 (4), pp. 1328-1334.
- Maslanyj M , Simpson J , Roman E , Schüz J ., Power frequency magnetic fields and risk of childhood leukaemia: misclassification of exposure from the use of the 'distance from power line' exposure surrogate., Bioelectromagnetics. 2009;30(3):183-188.
- Matthews, J. C., Ward, J. P., Keitch, P. A., & Henshaw, D. L. (2010). Corona ion induced atmospheric potential gradient perturbations near high voltage power lines? Atmospheric Environment, 44(39), 5093-5100.
- Mazzanti, G., Evaluation of continuous exposure to magnetic field from AC overhead transmission lines via historical load databases: Common procedures and innovative heuristic formulas, 2010, IEEE Transactions on Power Delivery 25 (1), art. no. 5352323, pp. 238-247

- Nicolaou, C. P., Papadakis, A. P., Razis, P. A., Kyriacou, G. A., & Sahalos, J. N. (2011). Measurements and predictions of electric and magnetic fields from power lines. *Electric Power Systems Research*, 81(5), 1107-1116.
- Ögel, E. G., Özen, Ş, & Helhel, S. (2010). Evaluation of the electric and magnetic field levels of around the medium voltage power lines in related to public health. Paper presented at the 2010 15th National Biomedical Engineering Meeting, BIYOMUT2010
- Qin, Q. -, Chen, Y., Fu, T. -, Ding, L., Li, J. -, & Han, L. -. (2010). Measurement and analysis of electromagnetic radiation of 110KV high-voltage lines in one urban location in chongqing P.R. china. Paper presented at the 2010 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, iCBBE 2010,
- Radulović, J., & Ranković, V. (2010). Feedforward neural network and adaptive network-based fuzzy inference system in study of power lines. *Expert Systems with Applications*, 37(1), 165-170
- Saied, M. M. (2008). Assessment and optimal passive-loop mitigation of power lines' magnetic fields. Paper presented at the 2008 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility and 19th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility, APEMC 2008, 807-810.
- Smale En, L. J., & Van Der Sluijs, J. P. (2010). Magnetic fields from power lines and childhood leukemia: The precautionary principle in the dutch environmental and liability laws. [Magnetische velden van hoogspanningslijnen en kinderleukemie: Het voorzorgsbeginsel in het Nederlandse omgevingsrecht en in het aansprakelijkheidsrecht] *TMA - Tijdschrift Voor Milieuschade En Aansprakelijkheidsrecht*, 24(4), 143-153.
- Sohrabi, M. -, Tarjoman, T., Abadi, A., & Yavari, P. (2010). Living near overhead high voltage transmission power lines as a risk factor for childhood acute lymphoblastic leukemia: A case-control study. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 11(2), 423-427.
- Sumper, A., Boix-Aragonès, O., Villafáfila-Robles, R., Bergas-Jané, J., & Ramírez-Pisco, R. (2010). Methodology for the assessment of the impact of existing high voltage lines in urban areas. *Energy Policy*, 38(10), 6036-6044.
- Tsitomeneas, S., Kokkosis, A., & Charitopoulos, A. (2010). Radiation telemetry over the local electrical power infrastructures. Paper presented at the IET Conference Publications, , 2010(572 CP)
- Vujević, S., Lovrić, D., & Sarajčev, P. (2011). Comparison of 2D algorithms for the computation of power line electric and magnetic fields. *European Transactions on Electrical Power*, 21(1), 505-521.
- Wang, X., Chen, S., Chen, C., Yang, S., & Zhang, Y. (2010). Induced overcurrent characteristics generated by close triggered lightning on the overhead power line. Paper presented at the 2010 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility, APEMC 2010, 1514-1517

- Wartenberg, D., Greenberg, M. R., & Harris, G. (2010). Environmental justice: A contrary finding for the case of high-voltage electric power transmission lines. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 20(3), 237-244.
- Yamazaki S., Sokejima S., Mizoue T., Eboshida A., Kabuto M., Yamaguchi N., Akiba S., Fukuhara S., Nitta H, Association between high voltage overhead transmission lines and mental health: a cross-sectional study, *Bioelectromagnetics*. 2006; 27 : 473-478.
- Zhang, W.-d. Xing, Y. Cui, X. , Measurement System for Near Field Electromagnetic Radiation of Power Line Communication Networks PROCEEDINGS- CHINESE SOCIETY OF ELECTRICAL ENGINEERING 2010 VOL 30; NUMB 12 , page(s) 117-121
- Zilberti, L., Pons, E., Bottauscio, O., Chiampi, M., & Pastorelli, M. (2010). Evaluation of the electromagnetic environment around underground HVDC lines. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 25(4), 3085-3094.
- Zucca, M., Lorusso, G., Fiorillo, F., Roccatò, P. E., & Annibale, M. (2008). Highly efficient shielding of high-voltage underground power lines by pure iron screens. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 320(20), e1065-e1069.

9.3 Wi-Fi / Bluetooth / Wireless

- J.B. Andersen, P.E. Morgensen and G.F. Pedersen, Power variations of wireless communication systems, *Bioelectromagnetics* 31 (4) (2010), pp. 302–310
- Barbiroli, M., Carciofi, C., Guiducci, D. , Assessment of population and occupational exposure to Wi-Fi systems: Measurements and simulations, *2011 IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility* 53 (1), pp. 219-228
- Bit-Babik, G., Guy, A.W., Chou, C.-K., Faraone, A., Kanda, M., Gessner, A., Wang, J., (...), Fujiwara, O., Simulation of exposure and SAR estimation for adult and child heads exposed to radiofrequency energy from portable communication devices, (2005) *Radiation Research*, 163 (5), pp. 580-590
- Chang, D. -, Ito, K., Chen, C. -, & Pei, T. -. (2010). The effect of the antenna performance and SAR on human's abdomen high sensitivity antennas for EMI application. Paper presented at the International Conference on Applications of Electromagnetism and Student Innovation Competition Awards, AEM2C 2010, 51-55.
- Copes, R., *Wireless technology: A risk to health?* 2011 *British Columbia Medical Journal*, 53 (4) pp. 198-199.
- COMAR technical information statement: Expert reviews on potential health effects of radiofrequency electromagnetic fields and comments on the bioinitiative report.(2009). *Health Physics*, 97(4), 348-356.
- Fang, M., & Malone, D. (2010). Experimental verification of a radiofrequency power model for wi-fi technology. *Health Physics*, 98(4), 574-583.
- R P Findlay and P J Dimbylow, SAR in a child voxel phantom from exposure to wireless computer networks (Wi-Fi), *Physics in Medicine and Biology*, 2010, Volume 55 Number 15 pdf
- Findlay, R. P., & Dimbylow, P. J. (2010). SAR in a child voxel phantom from exposure to wireless computer networks (wi-fi). *Physics in Medicine and Biology*, 55(15), N405-N411.
- Foster, K.R. , Radiofrequency exposure from wireless lans utilizing Wi-Fi technology, 2007 *Health Physics* 92 (3), pp. 280-289
- Hamnerius, Y. (2009). Measurements of human exposure from emerging wireless technologies. *Environmentalist*, 29(2 SPEC. ISS.), 118-123.
- Han, Y. -, Lu, Y. -, Zhang, J. -, & Zhu, X. -. (2006). The interaction between PIFA for bluetooth applications and a high-fidelity human body model. Paper presented at the Proceedings - Fourth Asia-Pacific Conference on Environmental Electromagnetics, CEEM'2006, 331-335.
- Ho, K. M., Chan, W. C., & Tam, K. W. (2003). In body human head exposures FDTD simulation for GSM and bluetooth. Paper presented at the Proceeding of the International Conference on Telecommunications, 329-332.

- Januszkiewicz, L. (2010). Analysis of the thermal effect of wireless computer networks interaction with human body. [Badanie efektu termicznego oddziaływania nadajników bezprzewodowych sieci komputerowych na ciało człowieka] Przegląd Elektrotechniczny, 86(5), 336-338.
- Kovacic, P. Somanathan, R., Electromagnetic fields: mechanism, cell signaling, other bioprocesses, toxicity, radicals, antioxidants and beneficial effects JOURNAL OF RECEPTORS AND SIGNAL TRANSDUCTION RESEARCH 2010 VOL 30; NUMBER 4 , page(s) 214-226
- Koutitas, G., & Samaras, T. (2010). Exposure minimization in indoor wireless networks. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 9, 199-202
- Kühn, S., Lott, U., Kramer, A., Kuster, N., Assessment of human exposure to electromagnetic radiation from wireless devices in home and office environments
- (2005) Proceedings of the WHO Workshop on Base Stations & Wireless Networks: Exposure and Health Consequences
- Logan, A.C., Hallberg, Ö., Skin cancer epidemic in a wireless world, 2011, Pathophysiology 18 (2), pp. 167-169
- Malone, D., & Malone, L. A. (2009). Ambient radiofrequency power: The impact of the number of devices in a wi-fi network. Health Physics, 96(6), 629-635.
- Mat, D. A. A., Kho, F., Joseph, A., Kipli, K., Sahrani, S., Lias, K., et al. (2010). The effect of headset and earphone on reducing electromagnetic radiation from mobile phone toward human head. Paper presented at the 8th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies, APSITT 2010,
- Martinez-Búrdalo M et al. (2009). FDTD assessment of human exposure to electromagnetic fields from WiFi and bluetooth devices in some operating situations. Bioelectromagnetics, 30(2):142–151.
- Paffi, A., Liberti, M., Lopresto, V., Merla, C., Lodato, R., Lovisolo, G. A., et al. (2010). A wire patch cell exposure system for in vitro experiments at wi-fi frequencies. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 58(12 PART 2), 4086-4093.pdf
- Papageorgiou, C.C., Hountala, C.D., Maganioti, A.E., Kyprianou, M.A., Rabavilas, A.D., Papadimitriou, G.N., Capsalis, C.N. Effects of Wi-Fi signals on the p300 component of event-related potentials during an auditory Hayling task 2011 Journal of Integrative Neuroscience, 10 (2) pp. 189-202.
- Peyman, A. Khalid, M. Calderon, C. Addison, D. Mee, T. Maslanyj, M. Mann, S, Assessment of Exposure to Electromagnetic Fields from Wireless Computer Networks (Wi-Fi) in Schools; Results of Laboratory Measurements, HEALTH PHYSICS 2011 VOL 100; NUMB 6 594-612
- Picard D. Comparaison de l'exposition de la tête de l'utilisateur d'un téléphone mobile avec et sans kit mains libres filaires ou oreillette Bluetooth. Deuxièmes rencontres scientifiques. Fondation Santé Radiofréquences. Paris : Télécom Paris Tech, octobre 2009. pdf

- Sage, C., & Carpenter, D. O. (2009). Public health implications of wireless technologies. *Pathophysiology*, 16(2-3), 233-246 pdf
- Sambucci, M. Laudisi, F. Nasta, F. Pinto, R. Lodato, R. Altavista, P. Lovisolo, G.A. Marino, C. Pioli, C. Prenatal Exposure to Non-ionizing Radiation: Effects of WiFi Signals on Pregnancy Outcome, Peripheral B-Cell Compartment and Antibody Production *RADIATION RESEARCH -NEW YORK- 2010 VOL 174; NUMB 6; PART 1* , page(s) 732-740
- Schmid, G., Lager, D., Preiner, P., Ueberbacher, R., & Cecil, S. (2007). Exposure caused by wireless technologies used for short-range indoor communication in homes and offices. *Radiation Protection Dosimetry*, 124(1), 58-62
- Schuerenberg, B. K. (2007). RFID and wi-fi square off. *Health Data Management*, 15(5), 45-46, 48, 50 passim.
- Sven Kuehn, Axel Kramer, Urs Lott, and Niels Kuster Assessment Methods for Demonstrating Compliance with Safety Limits of Wireless Devices Used in Home and Office Environments,
- Tsai, C.-J., Tsai, B.-Y., Guo, J.-K., Lu, C.-L., Liu, C.-F., Lin, Y.-S., Wang, Y.-H. Analysis of the em field distribution in smart home, 2010 Proceedings - International Conference on Computational Aspects of Social Networks, CASoN'10 , pp. 167-170
- Valberg, P. A., van Deventer, E., & Repacholi, M. H. (2007). Workgroup report: Base stations and wireless networks - radiofrequency (RF) exposures and health consequences. *Environmental Health Perspectives*, 115(3), 416-424.
- Wong, K.-L., Hsu, M.-R., Li, W.-Y., Su, S.-W., Chen, A., Study of the bluetooth headset antenna with the user's head, (2007) *Microwave and Optical Technology Letters*, 49 (1), pp. 19-23
- Zheng, Z. Q., Zhang, J. L., Lv, Y. H., & Yang, J. S. (2008). Compare of human head model SAR about different frequency radiation in BAN. Paper presented at the 2008 International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology Proceedings, ICMMT, , 4 1714-1716.

9.4 Appareils électrodomestiques

- Aggarwal, A., Gupta, A., Effect of electromagnetic radiations on humans: A study 2011 TechSym 2011 - Proceedings of the 2011 IEEE Students' Technology Symposium, art. no. 5783805, pp. 75-80.
- Ainsbury, E. A., & Henshaw, D. L. (2006). Observations on the relationship between magnetic field characteristics and exposure conditions. *Physics in Medicine and Biology*, 51(23), 6113-6123
- Ainsbury, E. A., Conein, E., & Henshaw, D. L. (2005). An investigation into the vector ellipticity of extremely low frequency magnetic fields from appliances in UK homes. *Physics in Medicine and Biology*, 50(13), 3197-3209
- Ali, E., Memari, A.R. , Effects of magnetic field of power lines and household appliances on human and animals and its mitigation 2010 MECAP'10, 1st Middle East Conference on Antennas and Propagation,
- Behrens, T., Terschüren, C., & Hoffmann, W. (2004). Limitations of interview-based risk assessment of RF exposure from appliances. *Archives of Environmental Health*, 59(6), 292-299
- Behrens, T., Terschüren, C., Kaune, W. T., & Hoffmann, W. (2004). Quantification of lifetime accumulated ELF-EMF exposure from household appliances in the context of a retrospective epidemiological case-control study. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 14(2), 144-153
- Beniashvili, D., Avinoach, I., Baazov, D., & Zusman, I. (2005). Household electromagnetic fields and breast cancer in elderly women. *In Vivo*, 19(3), 563-566.
- Beniashvili, D., Avinoach, I., Baasov, D., & Zusman, I. (2005). The role of household electromagnetic fields in the development of mammary tumors in women: Clinical case-record observations. *Medical Science Monitor*, 11(1), CR10-CR13
- Carballo, D. M. (2011). Advances in the household archaeology of highland mesoamerica. *Journal of Archaeological Research*, 19(2), 133-189.
- Cartwright, R. A. (1999). Exposure from domestic appliances. *Radiation Protection Dosimetry*, 83(1-2), 87-91..
- Chen, W. -, & Tzou, Y. -. (2009). Efficiency optimization control for single-phase brushless DC fan motors. Paper presented at the 2009 IEEE 6th International Power Electronics and Motion Control Conference, IPEMC '09, 1913-1918
- Dawe AS, Bodhicharla RK, Graham NS, May ST, Reader T, Loader B, Gregory A, Swicord M, Bit-Babik G, and de Pomerai DI (2009). Low-intensity microwave irradiation does not substantially alter gene expression in late larval and adult *Caenorhabditis elegans*. *Bioelectromagnetics*, 30(8), 602-612
- DE SEZE R., GUIMIOT I., AMMARI M., HERNANDEZ C., BOURREL E., GAMEZ C., MAILLOT-MARECHAL E., FONTAINE J.F., FONTA C Biological effects of high power

microwaves, Abstracts of the 25th Progress In Electromagnetics Research Symposium (PIERS 2009), 23-27 march 2009, Beijing, China, pp. 318-319

- Farag, A. S., Dawoud, M. M., Selim, S. Z., Cheng, T. C., Marcus, A. M., & Penn, D. (1998). Electromagnetic fields in the home. *Electric Power Systems Research*, 45(2), 73-89.,
- Farag, A. S., Dawoud, M. M., Selim, S. Z., Cheng, T. C., Marcus, A. M., & Penn, D. (1996). Power-frequency electromagnetic fields in the home. *Electric Machines and Power Systems*, 26(7), 749-773.
- C Garrido, AF Otero, Low-frequency magnetic fields from electrical appliances and power lines, *Power Delivery, IEEE Transactions on*, 2003, Volume: 18 Issue:4, p.1310 – 1319,
- Gomes, C., & Cooray, V. (2010). Electromagnetic transients in radio/micro wave bands and surge protection devices. *Progress in Electromagnetics Research*, 108, 101-130.
- Gurney, J.G., Mueller, B.A., Davis, S., Schwartz, S.M., Stevens, R.G., Kopecky, K.J., Childhood brain tumor occurrence in relation to residential power line configurations, electric heating sources, and electric appliance use, (1996) *American Journal of Epidemiology*, 143 (2), pp. 120-128.
- Hatch, E.E., Linet, M.S., Kleinerman, R.A., Tarone, R.E., Severson, R.K., Hartsock, C.T., Haines, C., (...), Wacholder, S., Association between childhood acute lymphoblastic leukemia and use of electrical appliances during pregnancy and childhood, (1998) *Epidemiology*, 9 (3), pp. 234-245
- Hossam-Eldin, A., Youssef, K., & Karawia, H. (2006). Investigations of induced currents in human bodies due to exposure to EMF from low voltage appliances. Paper presented at the Proceedings of the 11th International Middle East Power Systems Conference, MEPCON'2006, , 2 523-527
- Keishi, T, Electromagnetic theory as an aid to understanding electromagnetic field analysis. 2011 SEI Technical Review, (72) pp. 17-24.
- Kleinerman, R.A., Linet, M.S., Hatch, E.E., Tarone, R.E., Black, P.M., Selker, R.G., Shapiro, W.R., (...), Self-reported electrical appliance use and risk of adult brain tumors , 2005 *American Journal of Epidemiology* 161 (2), pp. 136-146
- Lee, K. -, Hong, J., Lee, S. B., & Lee, S. (2010). Quality assurance testing for magnetization quality assessment of BLDC motors used in compressors. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 46(6), 2452-2458.
- Leitgeb N, Cech R, Schröttner J, Lehofer P, Schmidpeter U, Rampetsreiter M., Magnetic emissions of electric appliances, *Int J Hyg Environ Health*. 2008; 211: 69-73
- Leitgeb, N., Cech, R., Schröttner, J., Lehofer, P., Schmidpeter, U., & Rampetsreiter, M. (2008). Magnetic emission ranking of electrical appliances. A comprehensive market survey. *Radiation Protection Dosimetry*, 129(4), 439-445.

- Leitgeb, N., Cech, R., & Schröttner, J. (2008). Electric emissions from electrical appliances. *Radiation Protection Dosimetry*, 129(4), 446-455.
- Leitgeb, N. Cech, R. Schrottner, Assessment of inhomogeneous ELF magnetic field exposures *J. RADIATION PROTECTION DOSIMETRY 2008 VOL 131; NUMBER 2* , page(s) 251-258
- MS Linet, EE , Self-reported electrical appliance use and risk of adult brain tumors Hatch, *Am. J. Epidemiol.* (2005) 161 (2): 136-146
- MA McNeil..., Modeling diffusion of electrical appliances in the residential, *Energy and Buildings*, Volume 42, Issue 6, June 2010, Pages 783-790
- Mader, D.L., Peralta, S.B, Residential exposure to 60-Hz magnetic fields from appliances, (1992) *Bioelectromagnetics*, 13 (4), pp. 287-301
- Maekawa, T., Kishino, Y., Sakurai, Y., Suyama, T., Recognizing the use of portable electrical devices with hand-worn magnetic sensors 2011 *Lecture Notes in Computer Science* (including subseries *Lecture Notes in Artificial Intelligence* and *Lecture Notes in Bioinformatics*), 6696 LNCS pp. 276-293.
- Mansor, M.S.F., Wan Abas, W.A.B.W., Wan Mahadi, W.N.L ., Study of electromagnetic field radiation on the human muscle activity 2011 *IFMBE Proceedings*, 35 *IFMBE* pp. 352-355.
- Martens, L , Different basic dosimetric quantities for the characterization of exposure to low-frequency electric and magnetic fields and the implication for practical exposure conditions and guidelines 2007 *Health Physics* 92 (6), pp. 515-520
- Mezei G, Kheifets LI, Nelson LM, Mills KM, Iriye R, Kelsey JL., Household appliance use and residential exposure to 60-hz magnetic fields, *J Expo Anal Environ Epidemiol.* 2001 Jan-Feb;11(1):41-9.,
- Mills, K. M., Kheifets, L. I., Nelson, L. M., Bloch, D. A., Takemoto-Hambleton, R., & Kelsey, J. L. (2000). Reliability of proxy-reported and self-reported household appliance use. *Epidemiology*, 11(5), 581-588.
- Min, S.-W. Song, K.-H. Yang, K.-H. Ju, M.-N., Analysis on Harmonics Characteristics of ELF Magnetic Fields Generated by Electric Appliances *TRANSACTIONS-KOREAN INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS A 2005 VOL 54; PART 1* , page(s) 31-37
- Mitolo, M. Freschi, F. Pastorelli, M. Tartaglia, Ecodesign of Low-Voltage Systems and Exposure to ELF Magnetic Fields *M. IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS 2011 VOL 47; NUMBER 2* , page(s) 984-988
- Mohammed, M., Ishak, D., & Hammadi, K. (2010). Improved speed operation of sensorless BLDC motor drives using IIR digital filter. Paper presented at the *PECon2010 - 2010 IEEE International Conference on Power and Energy*, 759-764.
- Moriyama, K., & Yoshitomi, K. (2005). Apartment electrical wiring: A cause of extremely low frequency magnetic field exposure in residential areas. *Bioelectromagnetics*, 26(3), 238-241.

- Nishizawa, S., Landstorfer, F.M., Kamimura, Y., Low-frequency dosimetry of inhomogeneous magnetic fields using the coil source model and the household appliance , 2007 IEEE Transactions on Biomedical Engineering 54 (3), art. no. 19, pp. 497-502
- Omura, Y., & Losco, M. (1993). Electro-magnetic fields in the home environment (color TV, computer monitor, microwave oven, cellular phone, etc) as potential contributing factors for the induction of oncogen C-fos Ab1, oncogen C-fos Ab2, integrin $\alpha 5\beta 1$ and development of cancer, as well as effects of microwave on amino acid composition of food and living human brain. *Acupuncture and Electro-Therapeutics Research*, 18(1), 33-73
- Park, J. .-, Hwang, S. .-, Kim, J. .-, & Ahn, J. .-. (2010). Sensorless drive of brushless DC motors with estimating torque constant for home appliance. Paper presented at the 2010 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, ECCE 2010 - Proceedings, 3798-3802.
- Pellegrino, G., Bojoi, R. I., Guglielmi, P., & Cupertino, F. (2010). Accurate inverter error compensation and related self-commissioning scheme in sensorless induction motor drives. *IEEE Transactions on Industry Applications*,
- Peyman A, Gabriel C, Grant E H, Vermeeren G and Martens L (2009). Variation of the dielectric properties of tissues with age: the effect on the values of SAR in children when exposed to walkie-talkie devices. *Phys Med Biol*, 54, 227–241
- Preece, A. W., Kaune, W. T., Graingert, P., & Golding, J. (1999). Assessment of human exposure to magnetic fields produced by domestic appliances. *Radiation Protection Dosimetry*, 83(1-2), 21-27
- Preece, A. W., Kaune, W., Grainger, P., Preece, S., & Golding, J. (1997). Magnetic fields from domestic appliances in the UK. *Physics in Medicine and Biology*, 42(1), 67-76.
- Schmutzner, E., Friedl, K., & Aigner, M. (2009). Quick and efficient method for low-frequency emf evaluation of electric power systems considering multiple sources with different frequencies and harmonics. Paper presented at the IET Conference Publications, (550 CP)
- Straume, A., Johnsson, A., Oftedal, G., Wilén, J. Frequency spectra from current vs. magnetic flux density measurements for mobile phones and other electrical appliances, 2007 *Health Physics* 93 (4), pp. 279-287
- Tanaka, K. Mizuno, Y. Naito, K. , Quantification of Low Frequency Magnetic Fields Generated by Household Appliances *IEEJ TRANSACTIONS ON FUNDAMENTALS AND MATERIALS A* 2009 VOL 129; NUMB 9 , page(s) 627-632
- Tongzhang Zheng, Theodore R. Holford, Susan Taylor Mayne, Exposure to Electromagnetic Fields from Use of Electric Blankets and Other In-Home Electrical Appliances and Breast Cancer Risk, *American Journal of Epidemiology*, Volume151, Issue11, Pp. 1103-1111.,

- Vulević, B., Osmokrović, P., Survey of ELF magnetic field levels in households near overhead power lines in Serbia 2011 Radiation Protection Dosimetry, 145 (4), art. no. ncq439, pp. 385-388.
- Yamazaki, K., Kawamoto, T., Fujinami, H., & Shigemitsu, T. (2004). Equivalent dipole moment method to characterize magnetic fields generated by electric appliances: Extension to intermediate frequencies of up to 100 kHz. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 46(1), 115-120.
- Yamazaki, K., Kawamoto, T., Fujinami, H., & Shigemitsu, T. (2004). Equivalent dipole moment method to characterize magnetic fields generated by electric appliances: Extension to intermediate frequencies of up to 100 kHz. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 46(1), 115-120.
- Zhang J, Nair I, Morgan MG., Effects function simulation of residential appliance field exposures, Bioelectromagnetics. 1997;18(2):116-24.
- Lioy, P. J., Wainman, T., Zhang, J. J., & Goldsmith, S. (1999). Typical household vacuum cleaners: The collection efficiency and emissions characteristics for fine particles. Journal of the Air and Waste Management Association, 49(2), 200-206.
- Abel EL, Hendrix SL, McNeeley GS, O'Leary ES, Mossavar-Rahmani Y, Johnson SR, Kruger M, Use of electric blankets and association with prevalence of endometrial cancer, Eur J Cancer Prev. 2007; 16 : 243-250.
- Gammon MD, Schoenberg JB, Britton JA, et al. Electric blanket use and breast cancer risk among younger women. Am J Epidemiol 1998;148:556–63.
- Kabat GC, O'Leary ES, Schoenfeld ER, et al. Electric blanket use and breast cancer on Long Island. Epidemiology 2003;14:514–20,
- Laden F, Neas LM, Tolbert PE, et al. Electric blanket use and breast cancer in the Nurses' Health Study. Am J Epidemiol 2000;152:41–9.
- McElroy JA, Newcomb PA, Remington PL, et al. Electric blanket or mattress cover use and breast cancer incidence in women 50–79 years of age. Epidemiology 2001;12:613–17.
- Vena JE, Graham S, Hellman R, et al. Use of electric blankets and risk of postmenopausal breast cancer. Am J Epidemiol 1991;134:180–5.
- Vena JE, Freudenheim JL, Marshall JR, et al. Risk of premenopausal breast cancer and use of electric blankets. Am J Epidemiol 1994;140:974–9.
- Kwee, S., The biological effects of microwave radiation, (1997) Proceedings of the Second World Congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine
- Staub, O. Zuercher, J.-F. Morel, P. Croisier, Indoor Propagation and Electromagnetic Pollution in an Industrial Plant A. IECON -PROCEEDINGS- 1997 VOL 3 , page(s) 1198-1203

- Xiaowei, G. Lin, M. Yiqin, S., Electromagnetic field optimisation procedure for the microwave oven INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRONICS 2010 VOL 97; NUMBER 3 , page(s) 339-347
- Yakymenko, I.L., Sidorik, E.P., Tsybulin, O.S., Metabolic changes in living cells under electromagnetic radiation of mobile communication systems 2011 Ukrain'skyi Biokhimichnyi Zhurnal, 83 (2) pp. 20-28.
- Andreuccetti, D., Bini, M., Ignesti, A., Olmi, R., Rubino, N., Vanni, R., Analysis of electric and magnetic fields leaking from induction heaters, (1988) Bioelectromagnetics, 9 (4), pp. 373-379
- Preumont, N., Ahadi, N., Rahnama, M., Dierickx, M., Gilles, P. H., & Stoupel, E. (1997). Interference with cardiac pacemaker by electric induction cooktops. Acta Cardiologica, 52(5), 446.
- F. Tavakoli, M.H. Karbaschi, H. Samavat Computational Study of Electromagnetic Fields, Eddy Currents and Induction Heating in Thin and Thick Workpieces, COMMUNICATIONS IN COMPUTATIONAL PHYSICS 2010 VOL 8; NUMB 1 , page(s) 211-225
- Szczegielniak, T. Piatek, Z. PRACE, Application FLUX2D program to numerical analysis of electromagnetic field and temperature in the induction heating device for flat charges - INSTYTUT ELEKTROTECHNIKI 2009 VOL 241 , page(s) 29-38
- Kaune, W. T., Miller, M. C., Linet, M. S., Hatch, E. E., Kleinerman, R. A., Wacholder, S., et al. (2002). Magnetic fields produced by hand held hair dryers, stereo headsets, home sewing machines, and electric clocks. Bioelectromagnetics, 23(1), 14-25.
- Baltrenas, P. Buckus, R. Research and Assessment of Safety Distance of TV Electromagnetic Fields, INTERNATIONAL JOURNAL OF OCCUPATIONAL SAFETY AND ERGONOMICS 2011 VOL 17; NUMB 1 33-4
- Kaune, W. T., Miller, M. C., Linet, M. S., Hatch, E. E., Kleinerman, R. A., Wacholder, S., et al. (2000). Children's exposure to magnetic fields produced by U.S. television sets used for viewing programs and playing video games. Bioelectromagnetics, 21(3), 214-227

9.5 Téléphone portable / cellulaire / mobil / antennes relais

- Collectifs, Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study, International Journal of Epidemiology 2010;1-20,
- Ahlbom A, Feychting M, Green A, Kheifets L, Savitz DA et Swerdlow AJ. Epidemiologic evidence on mobile phones and tumor risk: a review. Epidemiology, 2009 ; 20 : 639-52.
- Ali, M., Douglas, M. G., Sayem, A. T. M., Faraone, A., & Chou, C. -. (2007). Threshold power of canonical antennas for inducing SAR at compliance limits in the 300-3000 MHz frequency range. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 49(1), 143-152.
- Anders Ahlbom, Adele Green, Leeka Kheifets, David Savitz, and Anthony Swerdlow, (ICNiRP), Epidemiology of Health Effects of Radiofrequency Exposure, Environmental Health Perspectives • VOLUME 112 | NUMBER 17 | December 2004,
- Arnetz, B.B. Kuster, N. Hillert, L. Moffat, S.D Exploring Exposure to Mobile Phone Electromagnetic Fields and Psychophysiological and Self-rated Symptoms, PSYCHOSOMATIC MEDICINE -WASHINGTON- 2009 VOL 71; NUMB 1 115-115
- Awang Mat, D. A., Kho, F., Joseph, A., Kipli, K., Sahrani, S., Lias, K., et al. (2010). Electromagnetic radiation from mobile phone near ear-skull region. Paper presented at the International Conference on Computer and Communication Engineering, ICCCE'10,
- Baliatsas, C., Van Kamp, I., Kelfkens, G., Schipper, M., Bolte, J., Yzermans, J., Lebre, E.? Non-specific physical symptoms in relation to actual distance and perceived proximity to mobile phone base stations and powerlines 2011 BMC Public Health, p. 421.
- Balmori, A. (2009). Electromagnetic pollution from phone masts. effects on wildlife. Pathophysiology, 16(2-3), 191-199.
- Behari, J. (2010). Biological responses of mobile phone frequency exposure. Indian Journal of Experimental Biology, 48(10), 959-981.
- Berg-Beckhoff, G., Blettner, M., & Kowall, B. (2009). Mobile phone base stations and symptoms: II - part of the exposure. [Antennes relais et symptômes: II - La part de l'exposition] Environnement, Risques Et Sante, 8(4), 291-292
- Bienkowski, P. Zubrzak, B. Surma, R., Electromagnetic field of the mobile phone base station: Case study, MEDYCYNA PRACY 2011 VOL 62; NUMB 1 37-46
- Bittera, M. Smiesko, V. Kovac, K. Hallon, J., Directional properties of the Bilog antenna as a source of radiated electromagnetic interference measurement uncertainty IET MICROWAVES ANTENNAS AND PROPAGATION Asia-Pacific Microwave Conference 2010 VOL 4; ISSU 10 , page(s) 1469-1474

- Blackman, C DANKER-HOPFE, H. DORN, H. BAHR, A. ANDERER, P. SAUTER, C. Cell phone radiation: Evidence from ELF and RF studies supporting more inclusive risk identification and assessment. PATHOPHYSIOLOGY -AMSTERDAM- 2009 VOL 16; NUMBER 2-3 , page(s) 205-216
- Bornkessel, C., Assessment of exposure to mobile telecommunication electromagnetic fields, WIENER MEDIZINISCHE WOCHENSCHRIFT 2011 VOL 161; NUMBER 9-10 233-239
- Borraz O, Devigne M et Salomon D. Controverses et mobilisations autour des antennes-relais de téléphonie mobile (rapport de recherche).2004. 159 p.,
- Breckenkamp, J., Neitzke, H. P., Bornkessel, C., & Berg-Beckhoff, G. (2008). Applicability of an exposure model for the determination of emissions from mobile phone base stations. Radiation Protection Dosimetry, 131(4), 474-481.
- L.Casavola, A.Ziyyat, D.Picard and J.Ch.Bolomey, Rapid evaluation of electric and magnetic field radiated by base station antennas for cellular communication, pas de date, extrait du site de l'ursi,
- Cousin, M. -, & Siegrist, M. (2010). The public's knowledge of mobile communication and its influence on base station siting preferences. Health, Risk and Society, 12(3), 231-250.
- Christ A et al. (2010b). Age-dependent tissue-specific exposure of cell phone users. Physics in Medicine and Biology, 55(7):1767–1783.
- G. Cerri(1), R. De Leo(2), D. Micheli(3), P. Russo , Reduction of electromagnetic pollution in mobile communication systems by an optimized location of radio base stations, pas de date, extrait du site de l'ursi,
- Colletti, V., Mandalà, M., Manganotti, P., Ramat, S., Sacchetto, L., Colletti, L. Intraoperative observation of changes in cochlear nerve action potentials during exposure to electromagnetic fields generated by mobile phones 2011 Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, 82 (7) pp. 766-771
- Dai, J., Bai, X., Yang, Z., Shen, Z., & Xuan, D. (2010). Mobile phone-based pervasive fall detection. Personal and Ubiquitous Computing, 14(7), 633-643.
- David, V., Nica, I., & Salceanu, A. (2009). Survey of electromagnetic environment due to mobile communications. Environmental Engineering and Management Journal, 8(2), 341-345.
- De Marchi B. Electromagnetic fields (mobile phones). In final report of the Risk Bridge project. (project no. sas6-ct-2006-036661-riskbridge). 2009. pp. 73-104.
- Dubey, R.B., Hanmandlu, M., Gupta, S.K. , Risk of brain tumors from wireless phone use, 2010 Journal of Computer Assisted Tomography 34 (6), pp. 799-807
- Elliott, P., Toledano, M. B., Bennett, J., Beale, L., De Hoogh, K., Best, N., et al. (2010). Mobile phone base stations and early childhood cancers: Case-control study. BMJ, 341(7762), 31

- Eltiti S, Wallace D, Ridgewell A, Zougkou K, Russo R, Sepulveda F, Fox E (2009). Short-term exposure to mobile phone base station signals does not affect cognitive functioning or physiological measures in individuals who report sensitivity to electromagnetic fields and controls. *Bioelectromagnetics*, 30(7), 556-63
- Fouquet L, Galdeano S, Gilbergues M, Picard D, Chauvin S et Desreumaux J. Représentativité du DAS constructeur dans l'exposition moyenne des utilisateurs de téléphones mobiles GSM/DCS. Deuxièmes Rencontres Scientifiques. Fondation Santé et Radiofréquences. Paris : Télécom Paris Tech, octobre 2009.
- Frei, P., Mohler, E., Neubauer, G., Theis, G., Bürgi, A., Fröhlich, J., Braun-Fahrlander, C., (...), Rösli, M., Temporal and spatial variability of personal exposure to radio frequency electromagnetic fields, (2009) *Environmental Research*, 109 (6), pp. 779-785
- Franzellitti S et al. (2010). Transient DNA damage induced by high-frequency electromagnetic fields (GSM 1.8 GHz) in the human trophoblast HTR-8/ SVneo cell line evaluated with the alkaline comet assay. *Mutation Research*, 683(1-2):35–42.
- Genç, O., Bayrak, M., & Yaldiz, E. (2010). Analysis of the effects of GSM bands to the electromagnetic pollution in the RF spectrum. *Progress in Electromagnetics Research*, 101, 17-32.
- Goiceanu, C., Danulescu, R., & Danulescu, E. (2010). Investigation on residential exposure to electromagnetic radiation in the proximity of mobile phone base stations. Paper presented at the European Microwave Week 2010, EuMW2010: Connecting the World, Conference Proceedings - European Microwave Conference, EuMC 2010, 1449-1452.
- Gomes, J., Al Zayadi, A., Guzman, A., Occupational and environmental risk factors of adult primary brain cancers: A systematic review 2011 *International Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 2 (2) pp. 82-111
- Goyal, S., Sagoo, H. S., & Pramod, J. (2009). Oncogenic potential of radiofrequency emissions for mobile phones. *Online Journal of Health and Allied Sciences*, 8(3)
- Hardell L, Carlberg M et Mild KH. Case-control study of the association between the use of cellular and cordless telephones and malignant brain tumors diagnosed during 2000-2003. *Environ. Res.*, 2006 ; 100 : 232-41.
- Hardell, L. Carlberg, M. Hansson Mild, K. Eriksson, M., Case-control study on the use of mobile and cordless phones and the risk for malignant melanoma in the head and neck region, *PATHOPHYSIOLOGY -AMSTERDAM-* 2011 VOL 18; NUMB 4 325-333
- Hu, J., Lu, Y., Zhang, H., Xie, H., & Yang, X. (2009). [Level of microwave radiation from mobile phone base stations built in residential districts]. *Wei Sheng Yan Jiu = Journal of Hygiene Research*, 38(6), 712-716
- INTERPHONE Study Group (2010). Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *International Journal of epidemiology*, 2010 39: 675-694,

- Ivanov, N. M. Onishchenko, V. S. Shevchenko, V. N., Spatial localization of the sources of a polarized electromagnetic field JOURNAL OF COMMUNICATIONS TECHNOLOGY AND ELECTRONICS C/C OF RADIOTEKHNIKA I ELEKTRONIKA 2010 VOL 55; NUMBER 1 , page(s) 44-51
- Jianqing WANG and Osamu FUJIWARA, Electric Field Intensity Assessment of Cellular Phone Base Stations Based on Amplitude Probability Distribution Measurement, pas de date, extrait du site de l'ursi,
- Johansen C, Krewski D, Kurttio P, Lagorio S, Lönn S, McBride M, Montestrucq L, Parslow RC, Sadetzki S, Schüz J, Tynes T, Woodward A, Cardis E (2009). Determinants of mobile phone output power in a multinational study: implications for exposure assessment. *Occup Environ Med*, 66(10), 664-71.
- Joseph, W., Verloock, L., Goeminne, F., Vermeeren, G., Martens, L., Assessment of general public exposure to LTE and RF sources present in an urban environment, 2010, *Bioelectromagnetics* 31 (7), pp. 576-579
- Kheifets, L., Swanson, J., Kandel, S., & Malloy, T. F. (2010). Risk governance for mobile phones, power lines, and other EMF technologies. *Risk Analysis*, 30(10), 1481-1494.
- Kowalczyk C, Yarwood G, Blackwell R, Priestner M, Sienkiewicz Z, Bouffler S, Ahmed I, Abd-Alhameed R, Excell P, Hodzic V, Davis C, Gammon R, and Balzano Q (2010). Absence of nonlinear responses in cells and tissues exposed to RF energy at mobile phone frequencies using a doubly resonant cavity. *Bioelectromagnetics*
- Kuloğlu, M., Korkmaz, S, Neuropsychological effects of mobile phones and base stations. 2011 Yeni Symposium, 49 (2) pp. 99-105
- Kwon, M. S. Hmlinen, H, Effects of mobile phone electromagnetic fields: Critical evaluation of behavioral and neurophysiological studies, *Bioelectromagnetics* 2011 VOL 32; NUMBER 4 253-272
- Lai H, Hardell L , Cell phone radiofrequency radiation exposure and brain glucose metabolism, *JAMA*. 2011 Feb 23;305(8):828-9.
- Lehrer S, Green S, Stock RG., Association between number of cell phone contracts and brain tumor incidence in nineteen U.S. States, *J Neurooncol*. 2011 Feb;101(3):505-7. Epub 2010 Jun 30
- Levitt, B.B., Lai, H., Erratum: Biological effects from exposure to electromagnetic radiation emitted by cell tower base stations and other antenna arrays (*Environmental Reviews* 18 (369-395)) 2011 *Environmental Reviews*, 19 (1) p. 1.
- Maceika, K. (2010). Lithuanian experience of evaluation on radar antenna radiation. Paper presented at the 4th Microwave and Radar Week, MRW-2010 - 18th International Conference on Microwaves, Radar and Wireless Communications, MIKON 2010 - Conference Proceedings,
- Markovà, E., Malmgren, L. O. G., & Belyaev, I. Y. (2010). Microwaves from mobile phones inhibit 53BP1 focus formation in human stem cells more strongly than in

differentiated cells: Possible mechanistic link to cancer risk. *Environmental Health Perspectives*, 118(3)

- Mat, D.A.A., Kho, F., Joseph, A., Kipli, K., Sahrani, S., Lias, K., Marzuki, A.S.W., The effect of headset and earphone on reducing electromagnetic radiation from mobile phone toward human head , 2010 8th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies, APSITT 2010
- Michelozzi, P., Ancona, C., Fusco, D., Forastiere, F., Perucci, C.A., Risk of leukemia and residence near a radio transmitter in Italy, (1998) *Epidemiology*, 9 (SUPPL), p. 354.
- Mortazavi, S.M.J., Atefi, M., Kholghi, F., The pattern of mobile phone use and prevalence of self-reported symptoms in elementary and junior high school students in Shiraz, Iran 2011 *Iranian Journal of Medical Sciences*, 36 (2) pp. 96-103.
- Moulder JE, Foster KR, Erdreich LS et McNamee JP. Mobile phones, mobile phone base stations and cancer: a review. *Int. J. Radiat. Biol.*, 2005 ; 81 : 189-203
- Noone P., Cancers and mobile phone use, *Occup Med (Lond)*. 2009 Jun;59(4):286-7
- Okonigene, R. E. (2010). Siting of GSM base station antenna and its health consequences. Paper presented at the ITNG2010 - 7th International Conference on Information Technology: New Generations, 613-618.
- Otto, M., & von Mühlendahl, K. E. (2007). Electromagnetic fields (EMF): Do they play a role in children's environmental health (CEH)? *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 210(5), 635-644.
- Panagopoulos, D. J., & Margaritis, L. H. (2010). The identification of an intensity 'window' on the bioeffects of mobile telephony radiation. *International Journal of Radiation Biology*, 86(5), 358-366
- Panagopoulos, D. J., Chavdoula, E. D., & Margaritis, L. H. (2010). Bioeffects of mobile telephony radiation in relation to its intensity or distance from the antenna. *International Journal of Radiation Biology*, 86(5), 345-357.
- Prissette, L. Ducournau, G. Akalin, T. Peytavit, E. Beck, A. Zaknoune, M. Ducatteau, D. Lampin, Radiation Pattern Measurements of an Integrated Transverse Electromagnetic Horn Antenna Using a Terahertz Photomixing Setup, *J. F. IEEE MICROWAVE AND WIRELESS COMPONENTS LETTERS 2011 VOL 21; NUMBER 1* , page(s) 49-51
- Proios, A.N., Halevidis, C.D., Koufakis, E.I., Bourkas, P.D., Magnetic-field measurements near Two-Pole-Type distribution substations 2011 *IEEE Transactions on Power Delivery*, 26 (2), art. no. 5654623, pp. 1137-1144.
- Ra▫betli, M. C., Aydinlio▫lu, A., Koyun, N., Ra▫betli, C., Bektas, E., & Ozdemir, S. (2010). The effect of mobile phone on the number of purkinje cells: A stereological study. *International Journal of Radiation Biology*, 86(7), 548-554.

- Rööfli, M., Frei, P., Mohler, E., & Hug, K. (2010). Systematic review on the health effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields from mobile phone base stations. *Bulletin of the World Health Organization*, 88(12), 887-896.
- Rööfli, M., Hug, K., Wireless communication fields and non-specific symptoms of ill health: A literature review 2011 *Wiener Medizinische Wochenschrift*, 161 (9-10) pp. 240-250.
- Sage, C., & Carpenter, D. O. (2009). Public health implications of wireless technologies. *Pathophysiology*, 16(2-3), 233-246
- Saracci, R., & Samet, J. (2010). Commentary: Call me on my mobile phone...or better not ?-A look at the INTERPHONE study results. *International Journal of Epidemiology*, 39(3), 695-698.
- Schüz J, Elliott P, Auvinen A, Kromhout H, Poulsen AH, Johansen C, Olsen JH, Hillert L, Feychting M, Fremling K, Toledano M, Heinävaara S, Slottje P, Vermeulen R, and Ahlbom A (2010). An international prospective cohort study of mobile phone users and health (Cosmos): Design considerations and enrolment. *Cancer Epidemiol*,
- Spichtig, S., Scholkmann, F., Chin, L., Lehmann, H., Wolf, M., Assessment of intermittent UMTS electromagnetic field effects on blood circulation in the human auditory region using a near-infrared system 2011 *Bioelectromagnetics*
- Stipičić, D., Beroš, V., Gnjidić, Z., Does mobile phone use cause brain tumors, 2011 *Medicina Fluminensis*, 47 (2) pp. 200-205.
- Stumpf, M. de Hoop, A.T. Lager, I.E., Pulsed electromagnetic field radiation from a narrow slot antenna with a dielectric layer *RADIO SCIENCE -WASHINGTON- 2010 VOL 45; NUMB 5 , page(s) RS5005*
- Valberg, P. A., van Deventer, E., & Repacholi, M. H. (2007). Workgroup report: Base stations and wireless networks - radiofrequency (RF) exposures and health consequences. *Environmental Health Perspectives*, 115(3), 416-424.
- Viel, J. -, Clerc, S., Barrera, C., Rymzhanova, R., Moissonnier, M., Hours, M., et al. (2009). Residential exposure to radiofrequency fields from mobile phone base stations, and broadcast transmitters: A population-based survey with personal meter. *Occupational and Environmental Medicine*, 66(8), 550-556.
- Volkow ND, Tomasi D, Wang GJ, Vaska P, Fowler JS, Telang F, Alexoff D, Logan J, Wong C., Effects of cell phone radiofrequency signal exposure on brain glucose metabolism, *JAMA*. 2011 Feb 23;305(8):808-13
- M. Vrijheid, S. Mann, P. Vecchia, J. Wiart, M. Taki, L. Ardoino, B.K. Armstrong, A. Auvinen, D. Bédard, G. Berg-Beckhoff, J. Brown, A. Chetrit, H. Collatz-Christensen, E. Combalot, A. Cook, I. Deltour, M. Feychting, G.G. Giles, S.J. Hepworth, M. Hours, I. Iavarone, C. Johansen, D. Krewski, P. Kurttio, S. Lagorio, S. Lönn, M. McBride, L. Montestrucq, R.C. Parslow, S. Sadetzki, J. Schüz, T. Tynes, A. Woodward and E. Cardis, Determinants of mobile phone output power in a multinational study: implications for exposure assessment, *Occup. Environ. Med.* 66 (10) (2009), pp. 664–671.

- Wiart J, Bravo A, Téléphonie mobile et protection des personnes : dosimétrie et gestion des risques, une approche constructiviste et citoyenne, REE, 2010, n°25, p.1-7
- Zhao, A. Ollikainen, J. Thaysen, J. Bodvarsson, T A novel approach to reduce the near field electromagnetic scattering for designing HAC compatible mobile phones. MICROWAVE AND OPTICAL TECHNOLOGY LETTERS 2010 VOL 52; NUMBER 3 , page(s) 709-715

10 Annexe 2 : liste des appareils électrodomestiques pouvant émettre un champ magnétique, dans la norme EN 50366/A1 (2006)

- Purificateurs d'air,
- Climatiseurs,
- Chargeurs de batterie (y compris à induction),
- Couvertures,
- Mélangeurs,
- Presse-citron,
- Horloges,
- Cafetières,
- Moulins à café,
- Convecteurs de chauffage,
- Friteuses,
- Appareils d'hygiène dentaire,
- Épilateurs,
- Lave-vaisselle,
- Cuiseurs à œufs,
- Dispositifs de commande électriques et électroniques pour ensembles de voie,
- Appareils de sauna facial,
- Ventilateurs,
- Appareils de chauffage soufflants,
- Cireuses,
- Lustreuses,
- Préparateurs culinaires,
- Enceintes de réchauffage de nourriture,
- Chancelières,
- Appareils de chauffage au gaz posés sur le sol,
- Appareils de chauffage au gaz fixés au mur,
- Allume-gaz,
- Grils,
- Tondeuses,
- Sèche-cheveux,
- Pompes à chaleur,
- Carpettes chauffantes,
- Coussins chauffants,
- Tables de cuisson,
- Réchauds,
- Sorbetières,
- Thermoplongeurs,
- Tables de cuisson à induction et plaques chauffantes,
- Fers à repasser,
- Machines à repasser,
- Centrifugeuses,
- Bouilloires,
- Balances de cuisine,
- Couteaux électrique,
- Appareils de massage,
- Fours à micro-ondes,
- Batteurs,
- Radiateurs à bain d'huile,
- Fours,

- Cuisinières,
- Hottes,
- Appareils de réfrigération,
- Cuiseurs à riz,
- Rasoirs,
- Appareils à trancher,
- Solariums,
- Essoreuses,
- Appareils de chauffage à accumulation,
- Théières,
- Grille-pain,
- Outils guidés à la main,
- Outils portatifs,
- Machines-outils semi-fixes,
- Outils avec éléments chauffants,
- Pistolets à colle,
- Sèche-linge,
- Aspirateurs portés en bandoulière,
- Aspirateurs portatifs,
- Autres aspirateurs,
- Machines à laver et lavantes-séchantes
- Dispositifs de chauffage pour matelas à eau
- Chauffe-eau
- Baignoires à système de brassage d'eau