



Effets potentiels sur la santé de l'exposition aux champs électromagnétiques

Mise à jour 2015

Source :
CSRSSEN (2015)
Résumé & Détails:
GreenFacts

Niveau 2 - Détails sur Effets potentiels sur la santé de l'exposition aux champs électromagnétiques

1. **Introduction aux champs électromagnétiques.....3**
 - 1.1 Que sont les champs électromagnétiques ?.....3
 - 1.2 Comment les risques pour la santé des champs électromagnétiques ont-ils été réévalués ?.....3
 - 1.3 Quel était le but et le résultat de la consultation publique organisée sur le projet préliminaire d'Avis de 2014 sur les champs électromagnétiques ?.....4
2. **Quelles sont les sources d'exposition aux champs de radiofréquences ?.....4**
 - 2.1 Comment les champs électromagnétiques de RF interagissent-ils avec le corps humain ?.....5
 - 2.2 Quelle est l'exposition à partir de téléphones mobiles et les appareils sans fil ?.....6
 - 2.3 Quel est le niveau d'exposition à partir des stations de base de téléphonie mobile et des tours de radiodiffusion ?.....7
 - 2.4 Comment les champs de radio fréquence (RF) sont-ils utilisés en médecine ?.....8
3. **Les téléphones mobiles peuvent-ils provoquer des cancers ?.....9**
 - 3.1 L'utilisation des téléphones mobiles peut-il augmenter le risque de tumeurs cérébrales ?.....9
 - 3.2 Des études expérimentales ont-elles révélé un risque accru de cancer ?.....9
 - 3.3 Des études sur des cultures cellulaires ont-elles révélé des effets génétiques ?.....10
4. **Les téléphones mobiles ou des stations de base peuvent-ils provoquer des maux de tête ou d'autres effets sur la santé ?.....10**
 - 4.1 Des maux de tête et d'autres symptômes ont-ils été liés aux téléphones mobiles ?.....10
 - 4.2 Les téléphones mobiles peuvent-ils affecter le cerveau ?.....11
 - 4.3 Des effets des champs des téléphones mobiles sur la reproduction et le développement RF ont-ils été rapportés ?.....12
 - 4.4 Les enfants sont-ils plus vulnérables aux effets éventuels des téléphones mobiles ?.....12
5. **Conclusions sur les téléphones mobiles et les champs de radiofréquence...13**
6. **Champs de fréquence intermédiaire comme ceux des fours à induction.....14**
 - 6.1 Quelles sont les sources de champs de fréquences intermédiaires (les champs FI) ?.....14
 - 6.2 Quels effets sanitaires possibles des champs de fréquences intermédiaires ont-ils été étudiés ?.....14
7. **Les champs de fréquence extrêmement basse comme ceux des lignes électriques et des appareils électroménagers.....15**
 - 7.1 Quelles sont les sources de champs EBF ?.....15
 - 7.2 Quel est le niveau d'exposition aux champs EBF ?.....15
 - 7.3 Les champs EBF peuvent-ils augmenter le risque de leucémie infantile et d'autres cancers ?.....16
 - 7.4 Les champs EBF peuvent-ils provoquer des maux de tête ou d'autres effets sur la santé ?.....17
 - 7.5 Les champs magnétiques EBF ont-ils des effets sur la reproduction humaine ?.....17
 - 7.6 Que peut-on conclure sur les champs EBF ?.....17
8. **Champs magnétiques statiques comme ceux des appareils à piles et des lignes électriques aériennes DC à haute tension.....18**

8.1	Quelles sont les sources de champs magnétiques statiques ?.....	18
8.2	Quels effets sur la santé possibles des champs magnétiques statiques (CMS) ont-ils été étudiés ?.....	19
9.	Les expositions combinées à différents CEM ou la co-exposition avec d'autres agents ont-elles des effets sur la santé ?	20
10.	Conclusions sur les effets sur la santé des champs électromagnétiques.....	20
10.1	Conclusions sur les champs de fréquence radio (RF).....	20
10.2	Conclusions sur les champs de fréquence intermédiaire (IF).....	21
10.3	Conclusions sur les champs d'extrêmement basses fréquences (EBF).....	21
10.4	Conclusions sur les champs magnétiques statiques (CMS).....	22
10.5	Conclusions sur l'exposition combinée aux champs électromagnétiques et une co-exposition à un stress environnemental.....	22
10.6	Recommandations de recherche.....	22

Les réponses à ces questions sont un résumé fidèle de l'avis scientifique formulé en 2015 par le Comité scientifique des risques sanitaires émergents et nouveaux (CSRSEN) :
"Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health "

La publication complète est disponible sur : <https://copublications.greenfacts.org/fr/champs-electromagnetiques/>
et sur : <http://ec.europa.eu/health/opinions2/fr/champs-electromagnetiques/>



Ce document PDF contient le Niveau 2 d'une Co-publication de GreenFacts. Les Co-publications de GreenFacts sont disponibles en plusieurs langues sous forme de questions-réponses et présentées selon la structure originale et conviviale de GreenFacts à trois niveaux de détail croissant :

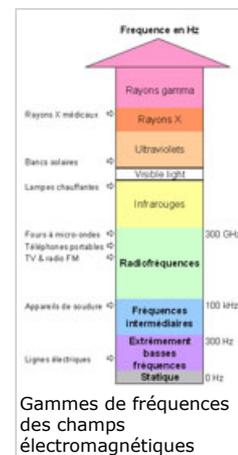
- Chaque question trouve une réponse courte au Niveau 1.
- Ces réponses sont développées en plus amples détails au Niveau 2.
- Le Niveau 3 n'est autre que le document source, l'avis scientifique reconnu internationalement et fidèlement résumé dans le Niveau 2 et plus encore dans le Niveau 1.

Toutes les Co-publications de GreenFacts en français sont disponibles sur : <https://copublications.greenfacts.org/fr/>
et sur : http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/policy/opinions_plain_language/index_fr.htm

1. Introduction aux champs électromagnétiques

1.1 Que sont les champs électromagnétiques ?

Dans ce résumé, le terme « champ électromagnétique » est utilisé comme un terme générique comprenant les champs magnétiques et électriques statiques, les champs électriques et magnétiques alternatifs à basse fréquence et les champs électromagnétiques de fréquence radio (RF). Alors que jusqu'à la gamme de radiofréquences les champs électriques et magnétiques peuvent être considérés indépendamment les uns des autres, dans la gamme RF, comme les maillons d'une chaîne, ils sont étroitement couplés entre eux. Ils peuvent être d'origine naturelle, tels que le champ magnétostatique de la terre ou les champs électriques générés par frottement (qui peuvent être ressentis comme des micro chocs lorsque l'on touche un objet), ou les champs électromagnétiques à large bande causés par les coups de foudre ou l'activité solaire. L'utilisation de l'électricité dans des applications techniques provoque principalement des champs alternatifs sinusoïdaux qui peuvent être générés dans la gamme des basses fréquences (par les appareils ménagers, les lignes électriques), dans la gamme de fréquences intermédiaires (par les lampes à économie d'énergie, les systèmes anti-vol d'articles) ainsi que dans la gamme de fréquence radio (par exemple, les antennes de radiodiffusion, de télécommunication mobile, les fours à micro-ondes).



Les champs magnétiques statiques sont générés par des aimants permanents tels que ceux utilisés dans des fermoirs ou des fermetures magnétiques (par exemple dans des colliers, sous-vêtements, sacs à main ou titulaires) ou générés par des courants continus tels que ceux des batteries tandis que les champs magnétostatiques extrêmement élevés sont utilisés sur certains lieux de travail et en imagerie médicale.

1.2 Comment les risques pour la santé des champs électromagnétiques ont-ils été réévalués ?

Dans le cadre de son mandat, le SCENIHR est invité à surveiller en permanence les nouvelles données scientifiques qui peuvent influencer l'évaluation des risques pour la santé humaine dans le domaine des champs électromagnétiques (CEM) et d'en fournir des mises à jour régulières à la Commission. Le but du présent Avis est de mettre à jour celui de 2009 à la lumière des nouvelles informations disponibles et d'accorder une attention particulière aux zones où d'importantes lacunes ont été identifiées dans les Avis précédents. En outre, des mécanismes d'interactions biophysiques et le rôle potentiel de la co-exposition à des facteurs de stress environnementaux ont été abordés.

L'examen des publications scientifiques pertinentes a été réalisé. Les études utilisées dans les Avis du SCENIHR sont obtenues principalement à partir des documents de recherche originaux publiés dans des revues scientifiques internationales à comité de lecture et pondérés en fonction de critères établis par le Mémoire du SCENIHR "Use of the scientific literature for risk assessment purposes – a weight of evidence approach". Le Comité a passé en revue plus de 700 études publiées principalement entre 2009 (lorsque le précédent avis a été publié) et juin 2014. Les zones où les données de la littérature sont particulièrement limitées sont signalées, et une explication est donnée sur la non inclusion de certaines études. Cette évaluation évalue les effets potentiels sur les groupes de personnes qui ont été exposés à des champs électromagnétiques dans leur vie quotidienne (preuves épidémiologiques) et les effets potentiels observés dans des expériences de

laboratoire effectués sur des volontaires humains, des animaux et des cultures cellulaires (preuves expérimentales).

Basé sur ces éléments de preuve combinés, il est alors estimé s'il y a un lien de causalité entre l'exposition aux champs électromagnétiques et les effets néfastes sur la santé observés. La réponse à cette question n'est pas nécessairement un oui ou un non définitif, mais reflète le poids de la preuve en faveur ou non de ce lien de causalité entre l'exposition à un champ électromagnétique et l'effet constaté. Si un tel lien est observé, l'évaluation des risques évalue le niveau de l'effet sur la santé et quel serait le degré de risque pour la santé pour différents niveaux d'exposition et de modes d'exposition (relation dose-réponse). La nature et l'étendue des incertitudes sont soulignées et les mécanismes (plausibles) par lesquels les champs électromagnétiques pourraient entraîner des effets néfastes sont évalués.

1.3 Quel était le but et le résultat de la consultation publique organisée sur le projet préliminaire d'Avis de 2014 sur les champs électromagnétiques ?

Dans le processus de préparation de ses Avis, le Comité scientifique mène des consultations publiques ouvertes en présentant l'avis préliminaire et recueille les commentaires et des contributions spécifiques. Dans le cas de l'avis sur les CEM, une consultation publique a été ouverte sur le site Web des Comités scientifiques du 4 février au 16 avril 2014. En outre, une audition publique a eu lieu à Athènes le 27 mars 2014. Cinquante-sept organisations et personnes y ont participé, fournissant 186 commentaires aux différents chapitres et sections de l'Avis. Chaque soumission a été soigneusement examinée par le SCENIHR et l'Avis scientifique a été révisé pour tenir compte de ces observations.

2. Quelles sont les sources d'exposition aux champs de radiofréquences ?

Les appareils générant des champs électromagnétiques dans la gamme de fréquence radio (RF) (de 100 kHz à 300 GHz) sont largement utilisés dans notre société. Les principales sources de champs RF comprennent les téléphones mobiles, les téléphones sans fil, les réseaux locaux sans fil et les antennes de transmission de radiodiffusion. Ils sont également utilisés dans le diagnostic médical et la thérapie, par des systèmes de radar et par les fours à micro-ondes.



L'information sur la force des champs RF générée par une source donnée est facilement disponible et utile pour déterminer leur conformité aux limites de sécurité. Par contre, l'évaluation de l'exposition quotidienne des individus aux champs RF est beaucoup plus difficile alors que de telles données sont essentielles pour les études épidémiologiques sur les effets potentiels des CEM sur la santé. La connaissance pourrait en être augmentée par l'amélioration des méthodes de mesure, telles que l'utilisation d'exposimètres personnels et de dispositifs portés par les individus pour mesurer leur exposition aux champs électromagnétiques au cours du temps. L'évaluation de l'exposition ne doit pas être limitée à des sources uniques seulement, comme les stations de base de téléphonie mobile, mais devrait comprendre les expositions multi-sources.

Le fait qu'il y ait une évolution continue des technologies, par exemple, le passage de la radiodiffusion analogique à la numérique, et l'émergence de nouvelles solutions sur le marché comme les technologies ultra-large bande (UWB), conduit à long terme à l'évolution des modes d'exposition de la population. Les sources de champs RF opèrent dans différentes bandes de fréquences mais la force des champs électromagnétiques diminue rapidement

avec la distance. Au fil du temps, une personne peut absorber plus d'énergie RF à partir d'un appareil situé à proximité du corps que d'une source puissante qui est plus lointaine. Les téléphones sans fil, les réseaux locaux sans fil et les dispositifs anti-vol sont des sources d'exposition pour les communications à petite distance. Les sources d'exposition à longue distance comprennent les tours de transmission radio et les stations de téléphonie mobile.

En 2014, l'Union internationale des télécommunications a estimé qu'il y a environ 7 milliards de téléphones mobiles en usage dans le monde entier. La plupart des communications mobiles en Europe utilisent soit la technologie GSM, soit l'UMTS. L'Union européenne a fixé des limites de sécurité pour l'énergie absorbée par le corps lors de l'exposition via un téléphone mobile. Les téléphones portables vendus en Europe doivent se soumettre à des tests standardisés pour prouver leur conformité aux spécifications du Comité européen de normalisation électrotechnique (CENELEC) aux fréquences typiques pour les appareils générant des champs de fréquence RF.

Sources typiques de champs électromagnétiques

Plage de fréquences	Fréquences	Exemples de sources d'exposition
Statique	0 Hz	écrans vidéo ; IRM (Imagerie médicale) et autres instruments scientifiques ou de diagnostic ; électrolyse industrielle ; équipement de soudure
ELF [Extrêmement basses fréquences]	0-300 Hz	lignes électriques ; lignes de distribution domestique ; appareils domestiques ; moteurs électriques dans les voitures, trains et trams ; équipement de soudure.
IF [Fréquences intermédiaires]	300 Hz - 100 kHz	écrans vidéo ; systèmes antivols dans les magasins ; systèmes de contrôle d'accès main libre, lecteurs de carte et détecteurs de métaux ; IRM ; équipement de soudure
RF [Fréquences radio]	100 kHz - 300 GHz	Téléphones portables et sans-fil ; radio et télédiffusion ; fours micro-ondes ; émetteurs radar et radio ; radios portables ; IRM
Technologies THz	300 GHz - 20 THz	applications sont encore en développement, mais en ce moment ce sont principalement des applications de télécommunication ou des scanners de sécurité qui sont considérés

2.1 Comment les champs électromagnétiques de RF interagissent-ils avec le corps humain ?

Les mécanismes d'interactions des champs électromagnétiques de RF sont bien établis. Dans l'ensemble, c'est une absorption d'énergie qui est basée sur les forces mécaniques des CEM qui accélèrent des molécules (induisant ainsi une énergie cinétique) qui entrent en collision les unes avec les autres, ce qui provoque le réchauffement du tissu qui y est exposé. Même si l'interaction physique de base est non-thermique, les réponses biochimiques et physiologiques dépendent de l'effet de la température. Ces mécanismes établis permettent l'extrapolation des résultats scientifiques à l'ensemble de la gamme de fréquence et à une évaluation des risques de santé très étendue. Ils ont été utilisés pour aider à limiter l'exposition aux CEM et offrir le même degré de protection sur toute la gamme de fréquences.

Un certain nombre d'études ont suggéré d'autres mécanismes hypothétiques, cependant, aucun n'a été fermement vérifié comme opérant dans le corps humain à un niveau d'exposition situé en dessous des limites existantes.

2.2 Quelle est l'exposition à partir de téléphones mobiles et les appareils sans fil ?

Lorsqu'il est exposé à des champs de fréquences radio, le corps humain absorbe de l'énergie. La vitesse à laquelle l'énergie est absorbée est nommée le débit d'absorption spécifique (DAS ou SAR en anglais). Elle varie d'un endroit à l'autre du corps. La Recommandation 1999/519/EC du Conseil européen définit les restrictions de base et les niveaux de référence qui limitent l'exposition du grand public aux CEM en fixant des valeurs maximales de DAS qui ne doivent pas être dépassées. Comme un bon nombre des grandeurs physiques utilisées pour fixer les limites de base ne peuvent pas être facilement mesurées, les niveaux de référence sont fournis à des fins pratiques d'évaluation de l'exposition afin de déterminer si les limites de base risquent d'être dépassées.

Pour les téléphones mobiles, l'exposition est en grande partie limitée à la partie de la tête la plus proche de l'antenne du téléphone. La recommandation du Conseil fixe une limite de sécurité de fréquence radio pour un débit d'absorption spécifique (DAS) de 2 W (2000 mW) par kilo de poids corporel, considéré en moyenne pour toute portion de 10 g de tissu de la tête et du tronc du corps humain.

Les téléphones portables sont testés en supposant les pires conditions d'utilisation, à savoir des téléphones mobiles fonctionnant à la puissance maximale. Dans la pratique, en fonction de la qualité de la transmission, la puissance transmise au cours d'une conversation téléphonique mobile est généralement beaucoup plus faible, souvent plus faible de plusieurs ordres de grandeurs que la puissance de sortie maximale de l'appareil. Ceci parce que la fonction "commande de puissance" d'un téléphone mobile réduit en permanence la puissance émise au minimum nécessaire pour une transmission stable. En outre, la puissance de sortie dépend du fait que l'utilisateur parle ou écoute car la transmission est considérablement réduite au cours de la période d'écoute où aucune information ne doit être transférée (mode de transmission discontinu). Quand un téléphone est en mode veille, l'exposition est généralement de deux ordres de grandeur plus faible que pendant la conversation. Il n'y a pas d'exposition lorsqu'un téléphone mobile est éteint.

Les téléphones GSM émettant à 900 MHz, une fréquence allouée à la communication mobile, ont une puissance de sortie maximale moyenne dans le temps de 250 mW. C'est une puissance moyenne étant donné que les téléphones GSM transmettent des signaux radio par courtes rafales répétitives d'information plutôt que de façon continue.

Les téléphones portables ne font pas usage de toute la gamme d'émission permise. Selon les modèles, les valeurs test de DAS pourraient être comprises entre 10 et 80% de la limite, ce qui permet par conséquent aux consommateurs de prendre des décisions éclairées sur la base des informations qui leur sont fournies.

Les appareils sans fil destinés aux communications à l'intérieur d'un bâtiment, comme les téléphones sans fil et les réseaux sans fil (WLAN), génèrent également des ondes radio, mais avec moins de puissance de sortie que les téléphones mobiles. Un combiné sans fil de téléphone utilisé par un ménage typique génère environ 10 mW de puissance moyenne dans le temps. Les stations de base de téléphonie sans fil ne sont généralement pas situées à plus de quelques dizaines de mètres des terminaux et il y a aussi le champ de la station de base de téléphone sans fil à considérer. Leur niveau de puissance maximale moyenne dans le temps est la même que pour un combiné de téléphone mobile. Mais contrairement aux appareils de téléphonie mobile, la station de base de téléphone sans fil est éloignée du corps, et par conséquent puisque l'intensité du champ diminue rapidement avec la distance, l'exposition est réduite de plusieurs ordres de grandeurs.

Le terminal d'un réseau informatique local sans fil (Wireless Local Area Network) a une puissance de crête de 100 mW, mais puisque la puissance moyenne dans le temps dépend

du trafic de données, la puissance réelle est généralement beaucoup plus faible. Même près d'une station de réseau sans fil utilisée dans les maisons et les bureaux, l'intensité du champ est généralement inférieur à $0,5 \text{ mW} / \text{m}^2$. Un autre système qui commence à être utilisé en Europe est basé sur des signaux ultra large bande (ULB, UWB en anglais). La gamme de fréquence est centrée autour de 500 MHz et les applications sont les microphones sans fil, les applications dans les soins de santé et les systèmes de contrôle de la circulation. Avec de tels systèmes, les niveaux de champ devraient être nettement inférieurs à $0,1 \text{ mW} / \text{m}^2$.

Certains dispositifs anti-vol exposent les personnes aux champs électromagnétiques de radio fréquence (RF) et de fréquence intermédiaire. De plus en plus utilisés, ces dispositifs sont situés dans les magasins dans le but de détecter les vols. L'exposition RF varie en fonction du type d'appareil mais se situe en dessous des limites de sécurité. Des champs de fréquences RF sont également utilisés dans l'industrie, notamment pour le chauffage de métaux par induction.

La discussion sur l'exposition des travailleurs aux CEM est en dehors du propos de ce résumé.

2.3 Quel est le niveau d'exposition à partir des stations de base de téléphonie mobile et des tours de radiodiffusion ?

Contrairement aux tours de transmission de radiodiffusion, qui sont conçues pour une communication à sens unique, les stations de téléphonie mobile de base doivent permettre une communication bidirectionnelle. Ils forment donc nécessairement un réseau qui relie les téléphones mobiles individuels les uns aux autres à travers un pays. Par conséquent, dans les pays européens, les stations de base sont maintenant présentes presque partout pour assurer la communication mobile sur de grandes étendues.

A 900 MHz, une fréquence importante pour la communication mobile et pour les réseaux de téléphonie mobile GSM, l'UE recommande que les personnes ne devraient pas être exposées à un champ de plus de $4,5 \text{ W} / \text{m}^2$ (densité de puissance). Les campagnes nationales de mesure indiquent que, malgré le nombre croissant de stations de base et le déploiement de technologies supplémentaires de télécommunications mobiles, les concentrations dans l'environnement de rayonnement électromagnétique sont pratiquement demeurées inchangées. La puissance émise à partir de périphériques intérieurs tels que les points d'accès WiFi et les appareils DECT, même combinés, produisent toujours une très faible exposition par rapport aux niveaux de référence des directives européennes et internationales.

Pour les nouveaux réseaux UMTS, l'utilisation des dispositifs « Adaptive Power Control » (APC) dans les téléphones mobiles permet de réduire leur puissance de sortie tout en conservant une bonne qualité du signal et en prolongeant la durée de vie de leurs batteries. Le réseau surveille en permanence la qualité du signal et peut réduire la puissance émise d'un téléphone mobile jusqu'à trois ordres de grandeur pour les systèmes GSM et environ neuf ordres de grandeur pour l'UMTS. Les mesures de l'exposition de la population générale sont limitées pour les réseaux UMTS étant donné que l'utilisation de ces téléphones mobiles est faible par rapport aux GSM. Lorsque l'exposition a été mesurée, elle a été observée comme étant au plus d'un millième de W / m^2 et généralement nettement moindre (SCENIHR, 2009).

Le problème avec les mesures de l'exposition est que, généralement, celles-ci ne comprennent soit qu'une mesure à court terme de maximum de 48 heures avec un suivi personnalisé, soit qu'une mesure « spot » ne fournissant qu'un instantané de l'exposition à un seul endroit.

En outre, en ce qui concerne les études épidémiologiques sur les risques pour la santé liés aux CEM dans leur ensemble et étant donné l'absence de mécanisme biologique ou biophysique d'action clairement établi, plusieurs mesures alternatives d'exposition sont évaluées (pour la force de champ, la fréquence d'exposition, l'exposition cumulative, le temps depuis la première exposition, etc.). La période pertinente pour lesquels des données d'exposition seraient nécessaires est peut-être une période de plusieurs années.

D'autres sources importantes d'ondes radio sont les systèmes de radiodiffusion (AM et FM). Les valeurs maximales mesurées dans les zones accessibles au public sont généralement inférieure à $0,01 \text{ W / m}^2$. Près de la clôture des émetteurs très puissants, une exposition d'environ $0,3 \text{ W / m}^2$ a été signalée dans certains cas.

Quant à la nouvelle technologie de diffusion de télévision numérique (DVB-T), la plus haute exposition moyenne a été enregistrée dans la bande de fréquence FM dans des environnements de bureau et était $0,096 \text{ mW / m}^2$. Celle-ci est similaire à la densité de puissance des anciens systèmes analogiques de télédiffusion, mais comme ces systèmes numériques nécessitent un réseau plus dense d'émetteurs cependant moins puissants, des niveaux d'exposition plus élevés peuvent être anticipés dans certaines régions alors qu'il pourrait y avoir une diminution de celle-ci dans d'autres.

D'autres sources d'exposition à long terme aux champs RF sont les systèmes civils et militaires de radar, les systèmes radio mobiles privés, ou de nouvelles technologies comme les systèmes de radiodiffusion audionumérique et les systèmes WiMAX.

Des compteurs intelligents sont aussi utilisés pour surveiller la consommation d'énergie à distance et transmettre des données aux sociétés de services publics. Il y a un certain nombre de différents types d'appareils utilisés, et une étude a conclu que les compteurs intelligents "pourraient apporter des contributions mineures au niveau de rayonnement de fond du champ RF total à l'intérieur d'une habitation, contribution qui est en tout état de cause minuscule en comparaison avec les limites de sécurité existantes".

2.4 Comment les champs de radio fréquence (RF) sont-ils utilisés en médecine ?

Les champs électromagnétiques RF sont utilisés en médecine en diathermie pour réchauffer les tissus du corps, ce qui peut soulager les douleurs ou, à des températures plus élevées, tuer les cellules cancéreuses. Comme l'objectif est un effet biologique, l'exposition du patient aux champs RF est bien au-dessus des limites recommandées pour le grand public. Il faut prendre soin d'éviter que l'exposition du personnel médical dépasse alors les limites pour les travailleurs.

Une autre application commune des champs RF en médecine est l'imagerie par résonance magnétique (IRM), qui, de plus, utilise aussi des champs magnétiques statiques très puissants (voir question 8). L'IRM à haute résolution fournit des images en coupe du corps, y compris la tête sans les ombres produites par les structures osseuses avec les technologies par RX.

3. Les téléphones mobiles peuvent-ils provoquer des cancers ?

3.1 L'utilisation des téléphones mobiles peut-il augmenter le risque de tumeurs cérébrales ?

La question de savoir si l'utilisation des téléphones portables est associée à un risque accru de tumeurs cérébrales, a été l'objet de nombreuses études limitées et de quelques études épidémiologiques à grande échelle. L'attention a porté sur la possibilité de développement de tumeurs de la région de la tête et du cou parce que ces tissus sont ceux principalement exposés aux champs de radio fréquence (RF) émis par les téléphones portables. En outre, certaines études ont suggéré un lien possible entre l'exposition aux champs RF produite par les téléphones mobiles et un risque accru de cancer du nerf auditif acoustique (neurinome) et aussi de tumeurs du cerveau (gliome).



Plus de 2 milliards de personnes à travers le monde utilisent un téléphone portable
Source: Juha Blomberg

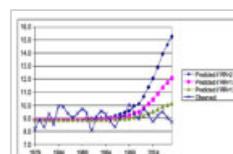


Figure 5. Observed glioma incidence rate in the Nordic countries and expected rates assuming mobile phone
[voir Annexe 1, p. 23]

Cependant, les résultats des études épidémiologiques et de tendance d'une incidence accrue en fonction du temps ne supportent l'hypothèse d'un risque accru de gliome. La possibilité d'une association avec le neurinome acoustique reste ouverte. En particulier, le taux observé d'incidence de gliome dans les pays nordiques a été comparé aux taux qui auraient été observés si il y avait un risque d'une fréquence accrue d'un facteur 1,2, 1,5 et 2 et lié à une utilisation de téléphone mobile ordinaire de 10 ans ou plus. L'incidence de cancer observée ne montre pas la forte augmentation qui aurait été observée si il y avait un tel lien de causalité entre l'utilisation des téléphones mobiles et le cancer. Le fait que les taux d'incidence de ces tumeurs n'ont pas augmenté depuis l'introduction des téléphones mobiles incite à la prudence dans l'interprétation d'une telle association hypothétique.

3.1.1 La seule étude épidémiologique sur l'utilisation du téléphone mobile et les tumeurs cérébrales chez les enfants qui a impliqué quatre pays européens n'a pas montré un risque accru. Cependant, d'autres études sont nécessaires.

3.1.2 Les études épidémiologiques ne montrent pas non plus de risque accru pour d'autres cancers, y compris les cancers de l'enfance. Un certain nombre d'études a également examiné le risque potentiel de cancer liés à l'exposition aux champs de radiofréquences émis par les tours de radio-transmission. Dans la plupart des cas, aucune conclusion sur un risque de cancer accru n'ont pu être tirées.

3.2 Des études expérimentales ont-elles révélé un risque accru de cancer ?

Un nombre considérable d'études *in vivo* bien menées et avec une grande diversité de modèles animaux ont pour la plupart produit des résultats négatifs. Parmi celles-ci, un certain nombre d'études de l'effet de l'exposition à des champs RF à long terme ou sur toute la durée de vie ont été réalisées sur des animaux de laboratoire en les exposant à des signaux GSM de 900 MHz et à d'autres signaux de fréquences plus élevées et ceci à des niveaux d'exposition plus élevés que dans les études antérieures. Toutes les études ont conclu qu'il n'y avait aucun effet des champs RF sur le risque de développer des tumeurs, même à des expositions élevées. Une étude a révélé un taux de réduction de la survie chez les animaux exposés, mais ce résultat reste inexplicé.

Les résultats des nouvelles études expérimentales sont en accord avec les résultats d'études précédentes et, dans l'ensemble, fournissent des éléments de preuve complémentaires que les champs RF, tels que ceux émis par les téléphones mobiles, ne causent pas de cancers chez les animaux de laboratoire.

3.3 Des études sur des cultures cellulaires ont-elles révélé des effets génétiques ?

Une analyse des 88 études réalisées *in vivo* et *in vitro* publiées entre 1990 et 2011 et évaluant les dommages génétiques dans des cellules humaines exposées aux RF a montré que la différence entre les cellules exposées aux RF et les cellules exposées de manière fictive était petite, à l'exception de certains cas. Globalement, ces études ne fournissent pas d'éléments de preuve d'un effet des champs RF produit sur le matériel génétique des cellules exposées.

D'autres effets potentiels ont également été étudiés, tels que la mort cellulaire, l'expression des gènes, la prolifération cellulaire. La plupart des études ne montrent aucun effet.

4. Les téléphones mobiles ou des stations de base peuvent-ils provoquer des maux de tête ou d'autres effets sur la santé ?

4.1 Des maux de tête et d'autres symptômes ont-ils été liés aux téléphones mobiles ?

Certaines personnes attribuent des symptômes non spécifiques tels que des maux de tête, des nausées, des étourdissements, de la fatigue et une irritation de la peau à leur exposition aux champs électromagnétiques. Ces plaintes ont soulevé la préoccupation que certaines personnes pourraient être plus sensibles que d'autres aux CEM. Ces symptômes auto-déclarés ont été nommés les « intolérances idiopathiques environnementales » attribuées aux champs électromagnétiques (IIE-CEM), également appelées « hypersensibilités électromagnétiques » (HSE). Les symptômes rapportés peuvent parfois être assez sérieux que pour causer de graves altérations au bien-être d'une personne. Alors que ces préoccupations sanitaires sont pertinentes, les études menées depuis le précédent Avis du SCENIHR (environ 15 études examinées) confortent l'ensemble existant d'éléments de preuve que l'exposition aux RF ne déclenche pas de tels symptômes, au moins à court terme. Alors que des études complémentaires restent nécessaires pour déterminer si l'exposition à long terme pourrait être associée à ces symptômes, les éléments de preuve à ce jour pèsent en défaveur d'une relation de cause à effet.



Station de base de téléphonie mobile
Source: Pyb

Pour les symptômes déclenchés par l'exposition à court terme à des champs RF (de quelques minutes à quelques heures), les résultats répétés de multiples expériences en double aveugle conduisent globalement à un « poids de la preuve élevé » que les champs RF ne provoquent pas de tels effets. Pour les symptômes associés à l'exposition à long terme (quelques jours ou quelques mois), les résultats des études dans l'espèce humaine sont globalement conformes à cette conclusion mais présentent des lacunes, notamment en termes de suivi objectif du niveau d'exposition. Les preuves actuelles pèsent en faveur d'une absence d'effets dus à l'exposition aux champs RF.

Même lorsque l'auto-évaluation d'un participant de son exposition aux RF est exacte, il est encore difficile de déterminer si une association avec des symptômes est le résultat de l'exposition aux RF en soi ou si l'association est le résultat d'un effet de type «nocebo» (un effet placebo négatif), selon lequel la conviction des participants qui y sont exposés est suffisante que pour déclencher leurs symptômes.

Les sujets qui savent qu'ils sont exposés à des champs RF, car ils utilisent par exemple un téléphone mobile ou vivent à proximité d'une tour de transmission, ont tendance à signaler plus de symptômes, tandis que les études dites de provocation réalisées en double aveugle quand les sujets ne savent pas s'ils sont exposés ou non à des champs RF, ne montrent pas de lien cohérent entre les champs de fréquence radio et les symptômes.

En fait, il n'y a aucune preuve scientifique que les êtres humains - soit des groupes dits sensibles, soit des groupes témoins en bonne santé - puissent percevoir les champs de fréquence radio plus que cela le serait par pur hasard.

4.2 Les téléphones mobiles peuvent-ils affecter le cerveau ?

Étant donné que les téléphones mobiles entrent en contact avec la tête, il y a eu des inquiétudes à propos du fait qu'ils pourraient affecter le cerveau.

Les études sur les effets éventuels de l'exposition aux champs RF sur la fonction cérébrale chez les humains (tels que les perturbations du sommeil, la cognition, le flux sanguin et l'oxygénation) ont donné des résultats mitigés. Les études réalisées sont difficiles à comparer les unes avec les autres, et, de ce fait, les effets observés n'ont pas été suffisamment confirmés. Quelques études indiquent que les effets peuvent varier avec l'âge et le sexe mais on ne sait pas si les sujets présentant des conditions pathologiques pré-existantes pourraient être affectés différemment. La plupart des études récentes ont confirmé un effet de l'exposition aux champs RF sur les électro-encéphalogrammes (EEG). Il y a également des effets observés sur les EEG du sommeil, mais pas encore de preuves concluantes à ce sujet. Plusieurs des études récentes portant sur les effets de champs RF sur l'apprentissage spatial, la mémoire et le comportement suggèrent un effet à des niveaux de champ faible, mais des questions importantes demeurent concernant les protocoles expérimentaux et aucune preuve concluante ne peut être en être tirée à l'heure actuelle.

Expérimentalement, un certain nombre d'effets ont été étudiés chez les souris et les rats. Globalement ces observations sont incohérentes et apparaissent surtout à des niveaux bien supérieurs aux valeurs limites définies par les lignes directrices. Un de ces paramètres est une altération potentielle de la barrière hémato-encéphalique. Des études récentes ne montrent pas que l'exposition aux champs RF produise un effet quelconque mais plusieurs des études ont été réalisées de telle manière que leur pertinence pour une évaluation des risques est discutable.

Globalement, en ce qui concerne les troubles neurologiques et les fonctions cognitives, la locomotion ou un risque accru de maladie d'Alzheimer, il n'y a aucune preuve que l'exposition aux champs RF liée à l'utilisation de téléphones mobiles a un effet affectant la santé.

4.3 Des effets des champs des téléphones mobiles sur la reproduction et le développement RF ont-ils été rapportés ?

De nombreuses grandes études bien menées ont examiné les effets potentiels des champs RF sur le développement des animaux, y compris les mammifères et les oiseaux, et indiquent clairement que les champs RF peuvent causer des anomalies congénitales lorsque l'exposition est très supérieure aux limites des lignes directrices en matière de sécurité et donc suffisamment élevée que pour augmenter de manière significative la température des tissus exposés. Aucune preuve cohérente des effets n'a été observée à des niveaux d'exposition qui ne causent pas de réchauffement significatif des tissus.

Aucun effet significatif n'a été observé comme consécutif à une exposition presque continue durant toute la durée de leur vie de souris exposées sur quatre générations. Les études épidémiologiques les plus récentes n'ont pas montré une augmentation des risques de maladie neurologique ou d'effet sur la reproduction liée à l'exposition aux champs RF; des effets sur les fœtus liés à l'utilisation du téléphone mobile de mères pendant la grossesse ne sont jugés pas plausibles en raison du faible niveau d'exposition. Les données disponibles ne produisent pas de preuves manifestes d'effets néfastes manifestes sur la qualité du sperme humain.

L'Avis précédent du SCENIHR (2009) avait conclu qu'il n'y avait pas d'effets néfastes sur la reproduction et le développement liés à l'exposition aux champs RF à des niveaux d'exposition non thermique. L'inclusion des données humaines et animales les plus récentes ne modifie en rien cette appréciation.

Il n'y a toujours pas d'indications justifiées de tout autre effet sur la santé humaine.

4.4 Les enfants sont-ils plus vulnérables aux effets éventuels des téléphones mobiles ?

Avec autant d'enfants utilisant des téléphones mobiles, il y a des préoccupations concernant la manière dont les signaux RF pourraient les affecter. Certains craignent que les enfants pourraient être plus vulnérables que les adultes parce que leur système nerveux est encore en développement, leur tissu cérébral plus conducteur ou que leurs têtes pourraient absorber plus d'énergie à partir de téléphones mobiles, ou alors que les enfants utilisant des téléphones mobiles auront une exposition durant leur vie plus importante que celle des adultes quand ils ont commencé à les utiliser. Les enfants peuvent aussi être exposés à d'autres sources, comme les moniteurs de bébés. Peu d'études ont porté sur les effets possibles des signaux radio sur les enfants et extrapoler à partir d'études réalisées chez les adultes reste problématique.

Globalement les éléments disponibles actuellement ne démontrent pas que les enfants pourraient être plus vulnérables aux champs RF. Toutefois, l'âge pourrait jouer un rôle dans le débit d'absorption spécifique (DAS) local dans le cerveau, en raison de la différence de taille de la tête, ainsi que dans des tissus spécifiques (par exemple, la moëlle osseuse du squelette), en raison des différences dans leurs propriétés diélectriques liées à l'âge.

5. Conclusions sur les téléphones mobiles et les champs de radiofréquence

Des recherches approfondies ont été menées ces dernières années sur la façon dont les champs RF, y compris ceux générés par les téléphones mobiles, pourraient affecter la santé. Leur cancérogénicité et différents types d'effets possibles ont été étudiés, tant au laboratoire et dans les populations humaines.



Peu d'études ont examiné les effets sur les enfants

Les conclusions du présent Avis du SCENIHR sont basées sur un examen approfondi de toutes les études épidémiologiques et expérimentales, pertinentes et très nombreuses, disponibles à partir de trois sources de données indépendantes (études sur les humains, les animaux et les cultures de cellules).

Dans l'ensemble, les études épidémiologiques sur l'exposition aux champs RF des téléphones mobiles ne montrent pas un risque accru de tumeurs cérébrales. En outre, ils ne constituent pas une augmentation du risque pour d'autres cancers de la région de la tête et du cou.

Un nombre considérable d'études *in vivo* bien effectuées utilisant une grande variété de modèles animaux ont pour la plupart donné des résultats négatifs.

Un grand nombre d'études *in vitro* portant sur des effets génotoxiques ainsi que sur des effets non génotoxiques ont été publiées depuis que l'adoption du précédent Avis. Dans la plupart des études, aucun effet lié une exposition à des niveaux non thermiques n'a été observé.

La théorie selon laquelle l'exposition aux champs RF pourrait affecter l'activité du cerveau, comme étayé par les résultats d'études précédentes menées sur des EEG pendant les périodes de sommeil et d'insomnie, a également été étayé par certaines études récentes, bien que les faibles changements physiologiques observés restent incertains et que l'explication de leur mécanisme fasse encore défaut. Dans l'ensemble, il y a un manque de preuves que les champs RF affectent les fonctions cognitives chez l'homme.

Les symptômes qui sont attribués par certaines personnes à l'exposition aux champs RF peuvent parfois être assez forts que pour causer des troubles graves de la qualité de vie. Toutefois, les recherches menées depuis le précédent Avis du SCENIHR confortent la conclusion que l'exposition aux champs RF n'est pas causalement liée à ces symptômes.

Les études pertinentes ne montrent pas d'effets néfastes des champs RF sur la reproduction et le développement humain à des niveaux d'exposition non thermique.

6. Champs de fréquence intermédiaire comme ceux des fours à induction

6.1 Quelles sont les sources de champs de fréquences intermédiaires (les champs FI) ?

Dans ce résumé, les champs FI désignent des champs électromagnétiques de fréquences de 300 Hz à 100 kHz environ, fréquences qui sont inférieures aux fréquences radio (RF) et plus élevées que les champs d'extrêmement basses fréquences (EBF).



Les écrans à tube cathodique génèrent des champs de fréquences intermédiaires
Source: Anissa Thompson

Les applications produisant des champs de fréquences intermédiaires ont augmenté ces dernières années et continueront probablement à se développer. Les exemples sont certains dispositifs anti-vol exploités à la sortie des magasins, des plaques de chauffage à induction, les ordinateurs, les lampes fluorescentes compactes, ainsi que certaines antennes radio. Ces champs sont également générés par certaines utilisations industrielles, telles que le chauffage de métal par induction et la soudure. Dans la plupart des cas, l'exposition est limitée, mais pour les émetteurs radio et les applications industrielles, l'exposition peut être au-dessus des limites recommandées, de telle sorte que des mesures de précautions doivent être prises.

Certaines applications médicales conduisent à des expositions dans cette gamme de fréquence, comme les courants d'interférence nerveuse et les stimulateurs musculaires.

6.2 Quels effets sanitaires possibles des champs de fréquences intermédiaires ont-ils été étudiés ?

Les effets biologiques bien connus dans la gamme des champs FI sont, dans la bande inférieure de la plage de fréquences, la stimulation nerveuse et, dans la bande supérieure de fréquences des champs FI, un effet de réchauffement. Ceux-ci sont expliqués par les mécanismes connus pour se produire dans les gammes de fréquence des champs RF et d'extrêmement basses fréquences (EBF).

Il y a encore trop peu d'études récentes sur les effets sanitaires de l'exposition aux champs FI en général et pas d'études épidémiologiques publiées. Les données sont donc encore trop limitées pour une évaluation des risques spécifique dans cette gamme de fréquences.

Compte tenu de l'exposition croissante aux champs FI, des études expérimentales sur les biomarqueurs et des données sur la santé humaine dans ce domaine ont été identifiées comme des priorités pour la recherche.

7. Les champs de fréquence extrêmement basse comme ceux des lignes électriques et des appareils électroménagers

7.1 Quelles sont les sources de champs EBF ?

Dans cette évaluation, les champs d'extrêmement basse fréquence (EBF) désignent des champs électromagnétiques avec des fréquences inférieures à 300 Hz, fréquences plus faibles que les fréquences intermédiaires. La principale source d'EBF est le courant alternatif transporté dans les lignes aériennes de chemins de fer, les lignes électriques, les installations électriques et les appareils ménagers. Le champ magnétique généré a la même fréquence que le courant qui le produit, à savoir 16 $\frac{2}{3}$ Hz, 50 Hz ou 60 Hz (cette dernière principalement aux États-Unis). D'importantes sources complémentaires de champs magnétiques ELF comprennent les centrales électriques et leurs sous-stations, les machines à souder, les fours à induction, les tramways et les systèmes de métro.



Les lignes électriques génèrent des champs d'extrêmement basses fréquences (ELF) Credit: Miguel Saavedra

Les champs ELF peuvent être électriques ou magnétiques:

- *Un champ électrique* est créé par des charges électriques et caractérisé par des forces agissant sur d'autres charges électriques. Elle est mesurée en volts par mètre (V / m) ;
- *Un champ magnétique* est consécutif du mouvement de charges électriques (courant électrique) et caractérisé par la force agissant sur des charges électriques au repos ou en mouvement. La force d'un champ magnétique est généralement mesurée en ampères par mètre (A / m) ou, comme variante, en tenant compte des propriétés magnétiques des matériaux, comme l'induction magnétique exprimée en tesla (T).



Voir aussi notre publication sur les lignes électriques [voir <https://www.greenfacts.org/fr/lignes-electriques/index.htm>]

L'amplitude de ces deux champs, électrique et magnétique, diminue fortement avec la distance à partir de la source de champ.

Les champs électriques EBF ont tendance à être les plus forts sous les lignes électriques aériennes de haute tension (jusqu'à plusieurs kV / m), et les champs magnétiques EBF sont particulièrement forts à proximité des câbles à forte charge de courant tels que sur les machines de soudage et les fours à induction (jusqu'à quelques mT). Pour déterminer la conformité avec les limites d'exposition, l'exposition maximale possible à côté de la source doit être évaluée, en général, par comparaison des niveaux mesurés sur le terrain avec le niveau de référence donné. Le niveau maximum de champs non homogènes sur le terrain à côté d'une source peut être de plusieurs ordres de grandeurs plus élevé que le niveau de champs homogènes de référence équivalents.

7.2 Quel est le niveau d'exposition aux champs EBF ?

Le grand public peut être exposé à des champs d'extrêmes basses fréquences (EBF) provenant de diverses sources fixes qui sont opérationnelles dans notre environnement, telles que les lignes électriques et les postes de transformation, en particulier si ceux-ci sont placés à l'intérieur des maisons.

En passant directement en dessous d'une ligne électrique à haute tension, l'exposition aux champs électriques peut être de plusieurs kV / m et celle aux champs magnétiques de

plusieurs dizaines de μT . L'amplitude des champs électriques et magnétiques diminue rapidement avec l'augmentation de la distance par rapport à la ligne.

Dans les habitations, les champs magnétiques sont les plus forts à proximité de boîtes de distribution et des appareils ménagers, en particulier ceux qui contiennent des moteurs, des transformateurs, ou consomment une forte puissance, tels que les fours ou les radiateurs électriques. Plus la dimension de la source est petite, la réduction des niveaux de champ en fonction de la distance est plus importante.

7.3 Les champs EBF peuvent-ils augmenter le risque de leucémie infantile et d'autres cancers ?

Les études sur les champs EBF se concentrent sur les champs de fréquence de puissance. En 2002, le Centre international de recherche sur le cancer (IARC) a classé les champs magnétiques EBF comme «*peut-être cancérigènes pour l'homme*» (groupe 2B). Cette décision était fondée sur des études épidémiologiques qui ont montré que les enfants sont plus susceptibles de développer une leucémie si leur exposition moyenne dans le temps à des champs magnétiques EBF dépasse 0,3-0,4 μT , exposition qui est relativement forte. Des études expérimentales sur les animaux ne confortent pas ces conclusions. En outre, le CIRC a conclu qu'il n'y avait pas de preuve d'un lien entre les champs magnétiques EBF et tout autre type de cancer.

Ce lien potentiel entre les champs EBF et la leucémie infantile a encore été étudiée dans un certain nombre d'études épidémiologiques qui confirment un risque accru de leucémie chez les enfants vivant à proximité de lignes électriques à haute tension avec des expositions estimées moyennes journalières beaucoup plus élevées (au-dessus de 0,3 à 0,4 μT), que l'exposition moyenne aux champs magnétiques dans les maisons.

Cependant, il reste difficile de juger si cette association apparemment assez robuste est susceptible d'être causale ou si elle est le résultat de lacunes méthodologiques dans les études, telles que des biais dans certaines informations, des biais dans la sélection des cas et d'autres facteurs confondants.

En effet, peu de progrès ont été accomplis dans la vérification de la causalité de l'association rapportée ou dans l'explication de cette constatation, ni par un mécanisme plausible, ni en identifiant une autre explication. En outre, une étude plus importante et plus récente portant sur la survie à la leucémie infantile en relation avec l'exposition aux champs magnétiques EBF n'a pas observé d'association, n'apportant pas d'élément de soutien à l'hypothèse que les champs magnétique EBF pourraient stimuler des clones cellulaires pré-leucémiques, clones liés au risque de développer une leucémie, ainsi qu'au risque d'une rechute de leucémie après un traitement réussi.

Les études sur d'autres cancers infantiles ou cancers de l'adulte n'ont montré aucune association cohérente et aucune nouvelle étude significative n'est parue au cours de ces dernières années relatives à tout autre type de cancer.

7.4 Les champs EBF peuvent-ils provoquer des maux de tête ou d'autres effets sur la santé ?

Comme dans le cas des champs RF, l' "hypersensibilité électromagnétique" auto-déclarée est une question qui se pose dans le cas de l'exposition aux champs magnétiques EBF, y compris une variété de symptômes tels que des rougeurs de la peau, des picotements et sensations de brûlure, ainsi que de la fatigue, des maux de tête, des difficultés de concentration, des nausées et des palpitations cardiaques. Plusieurs nouvelles études se sont été ajoutées à l'ensemble des études existantes. Dans l'ensemble, ces études ne fournissent pas de preuves convaincantes d'une relation causale entre l'exposition aux champs magnétiques EBF et les symptômes auto-déclarés.

Les études portant sur les effets possibles de l'exposition aux champs magnétiques ELF sur l'activité du cerveau sont trop hétérogènes que pour en tirer une conclusion solide. Largement compatibles avec les résultats antérieurs, des études récentes ont rapporté que l'exposition aux champs ELF n'a pas d'effet sur l'activité cérébrale ou la locomotion. Il existe certaines preuves provenant d'études animales que l'exposition aux champs magnétiques ELF pourrait affecter les performances des tâches de mémoire spatiale (deux déficits et des améliorations ont été rapportés) et engendrer des augmentations subtiles dans l'anxiété et le stress comportemental.

D'autres études ont étudié les mécanismes moléculaires et cellulaires potentiels et, malgré le fait qu'un certain nombre d'études continue à rendre compte de mécanismes potentiels, en particulier concernant les effets sur les espèces réactives de l'oxygène, aucun n'a été clairement identifié qui soit actif aux niveaux d'exposition observés dans l'environnement quotidien.

Les études épidémiologiques ne fournissent pas de preuve convaincante d'un risque accru de maladies neurodégénératives, y compris la démence, liées à l'exposition à des champs magnétiques dans cette gamme de fréquences.

7.5 Les champs magnétiques EBF ont-ils des effets sur la reproduction humaine ?

Des études épidémiologiques n'ont produit aucune preuve d'effets nocifs sur la grossesse ou sur la santé des enfants. Certaines études rapportent des effets peu plausibles et doivent être reproduites de façon indépendante avant qu'elles ne puissent être utilisées pour une évaluation des risques.

7.6 Que peut-on conclure sur les champs EBF ?

Les nouvelles études épidémiologiques sont conformes aux conclusions antérieures d'un risque accru de leucémie infantile lié à des expositions moyennes quotidiennes aux champs EBF estimées au-dessus de 0,3 à 0,4 μ T. Comme indiqué dans les précédents Avis du SCENIHR, aucun mécanisme n'a été identifié et aucune des études expérimentales n'ont pu expliquer ces résultats, qui, liées aux lacunes des études épidémiologiques, empêchent une interprétation causale.

Globalement, les études existantes ne fournissent pas de preuves convaincantes d'une relation causale entre l'exposition aux champs magnétiques EBF et les symptômes auto-déclarés.

Les études portant sur les effets possibles de l'exposition aux champs EBF de puissance sur les EEG de veille sont trop hétérogènes en ce qui concerne les domaines appliqués, la durée de l'exposition, le nombre de canaux considérés et les méthodes statistiques que pour en tirer une conclusion solide. Cela s'applique aussi aux résultats sur les effets comportementaux et l'excitabilité corticale.

Les études épidémiologiques ne fournissent pas de preuve convaincante d'un risque accru de maladies neurodégénératives, y compris la démence, lié à l'exposition aux champs magnétiques EBF. En outre, elles ne montrent aucun effet négatif en ce qui concerne la grossesse en relation avec les champs magnétiques EBF. Les études concernant les effets sur la santé de l'enfant par rapport à l'exposition maternelle aux champs magnétiques EBF résidentiels pendant la grossesse comportent certaines questions méthodologiques qui doivent être abordées. Ils signalent des effets plausibles mais ceux-ci doivent être reproduits indépendamment avant qu'ils ne puissent être utilisés pour une évaluation des risques.

Les résultats récents ne montrent pas que les champs EBF ont un effet sur la fonction de reproduction chez l'homme.

8. Champs magnétiques statiques comme ceux des appareils à piles et des lignes électriques aériennes DC à haute tension

8.1 Quelles sont les sources de champs magnétiques statiques ?

Un champ magnétique est créé à la suite du mouvement de charges électriques (courant électrique) et caractérisé par la force agissant sur des charges électriques au repos ou en mouvement. La force d'un champ magnétique est généralement mesurée en ampères par mètre (A / m), ou en tenant compte des propriétés magnétiques des matériaux, comme l'induction magnétique, en tesla (T).



Les scanners IRM utilisent des champs magnétiques statiques
Source: Kasuga Huang

Les champs magnétiques statiques ne sont pas oscillants et ont donc une fréquence nulle (0 Hz). Des exemples de champs statiques d'origine naturelle sont les champs magnétostatiques générés par des aimants permanents ou le champ magnétique de la Terre.

Les champs magnétiques statiques artificiels sont générés chaque fois que l'électricité est utilisée sous forme de courant continu, comme dans certains systèmes ferroviaires et de métro, dans les procédés industriels tels que la production d'aluminium, le processus de fabrication des chlore-alcali, le soudage au gaz ou dans les cas où des aimants permanents sont utilisés comme agrafes ou fermetures de colliers, de sous-vêtements ou de sacs à main.

La variété des sources artificielles dans ces domaines est limitée, mais il y a des développements rapides de nouvelles technologies produisant des champs statiques. Le nombre de personnes porteurs de dispositifs métalliques implantés, tels que les stimulateurs cardiaques qui peuvent être affectés par de forts champs magnétiques statiques, est également en croissance.

Une application importante de champs magnétiques statiques intenses est l'imagerie par résonance magnétique (IRM) qui offre des images à haute résolution en coupe du corps, y compris de la tête sans ombres produites par les structures osseuses. Cette technique d'imagerie médicale utilise des champs magnétiques statiques très élevées de plusieurs

Tesla, ce qui peut conduire à des niveaux élevés d'exposition à la fois pour les patients et pour les opérateurs.

Les évaluations précédentes des effets potentiels pour la santé portaient principalement sur l'exposition aux champs statiques seuls, mais de nombreuses applications, notamment l'IRM, peuvent conduire à une exposition à des champs statiques en combinaison avec des champs RF ou d'autres gammes de fréquence. Des études récentes ont ainsi commencé à en étudier différentes combinaisons et leurs effets potentiels.

8.2 Quels effets sur la santé possibles des champs magnétiques statiques (CMS) ont-ils été étudiés ?

Dans la vie quotidienne, les champs géomagnétiques sont trop faibles que pour générer des effets significatifs. Les champs magnétiques statiques puissants dans et autour des scanners de résonance magnétique (IRM) fonctionnant actuellement à 0,3 à 9,4 T sont assez forts que pour produire des effets significatifs, ce qui peut nécessiter la prise de mesures de protection, telles que l'utilisation de portiques de détection pour contrôler les accès ou éviter la présence de dispositifs ferromagnétiques dans le voisinage d'appareils d'IRM pour ne pas générer d'interférences néfastes avec les stimulateurs cardiaques implantés et - à des champs magnétiques ou au-dessus 4T - pour éviter une stimulation dangereuse de nerfs et des muscles.

Dans la plupart des études *in vitro* disponibles, des champs magnétiques statiques (CMS) au-dessus de 30 μ T induisent des effets neuronaux bien que, dans certains cas, ces effets sont temporaires et réversibles. L'expression génétique a été affectée dans toutes les études, avec une prédominance de plusieurs gènes impliqués dans la croissance et la division cellulaire.

Un certain nombre d'études signalent que les effets produits par une exposition aux CMS se produisent chez les animaux, à des niveaux allant du milli-Tesla au Tesla. Toutefois, puisque la plupart des observations sont le fait d'études isolées, les conclusions sont limitées car ne fournissant pas de base solide pour une évaluation des risques. Certaines études animales montrent un effet des CMS sur le débit sanguin, la croissance des vaisseaux et sur la croissance et le développement en général, mais certains résultats sont contradictoires et ne précisent pas les résultats ambigus des études antérieures.

Depuis l'Avis précédent du SCENIHR (2009) une méta-analyse des études qui ont évalué les effets sur la santé des champs magnétiques statiques, a identifié quatre études qui ont rapporté des effets, y compris des étourdissements, des nausées et des vertiges. L'exposition aux CMS n'a montré d'effet significatif sur la fonction cognitive à aucun champ testé. La fréquence d'apparition des symptômes semble être principalement associée à la puissance des systèmes d'IRM, le temps passé dans leur voisinage et la vitesse à laquelle les travailleurs se déplacent à travers ces champs. Ces effets peuvent être expliqués par des mécanismes d'interaction établis et sont plus susceptibles de se produire dans les champs supérieurs à 2 Tesla. La pertinence de ces effets pour la santé du personnel reste incertaine, mais, selon certaines études, ces effets dose-dépendants pourraient théoriquement conduire à un risque accru pour les travailleurs d'accidents et d'erreurs qui leur seraient préjudiciables ou le seraient pour les patients qui leur sont confiés.

Bien que ces nouvelles études confirment la conclusion que ces effets peuvent être réversibles et ne sont pas permanents, il y a aussi des indications d'effets génotoxiques chez les patients subissant un examen IRM, mais il semble peu probable qu'un champ statique seul pourrait provoquer de tels effets. D'autres études sur l'intégrité de l'ADN liée à une exposition aux CMS via les IRM sont donc nécessaires.

Les champs magnétiques à proximité de scanners d'IRM sont donc assez forts que pour produire des effets secondaires significatifs, telles que l'accélération des objets ferromagnétiques ou des interférences électromagnétiques avec les appareils électroniques. Ces effets justifient des mesures de protection telles que des contrôles d'accès évitant l'accès aux patients d'un stimulateur cardiaque avec des implants non compatibles aux IRM et éviter ainsi les interférences néfastes avec les stimulateurs cardiaques implantés.

Globalement, il n'y a aucune preuve cohérente d'effets néfastes sur la santé liés à une exposition courte ou prolongée aux CMS jusqu'à plusieurs Teslas.

9. Les expositions combinées à différents CEM ou la co-exposition avec d'autres agents ont-elles des effets sur la santé ?

Les quelques études disponibles sur l'exposition combinée à différents champs électromagnétiques (CEM) ne fournissent pas suffisamment de preuves que pour permettre une évaluation des risques spécifique. Les études des effets sur l'intégrité de l'ADN après un examen par IRM sont clairement à poursuivre. Cependant, on ne sait pas quelle composante de l'exposition complexe aux CEM lors d'un scanner peut provoquer un effet : le champ magnétique statique, le champ magnétique commuté ou un champ RF pulsé via son effet de réchauffement. D'autres études sur l'intégrité de l'ADN liée à l'exposition aux IRM sont nécessaires, et la faisabilité d'études de cohortes de patients soumis à l'IRM et de travailleurs exposés professionnellement devrait être discutée.

En ce qui concerne la co-exposition aux champs de faible fréquence ou aux champs RF combinée à divers agents chimiques ou physiques, dans certains cas une augmentation ou une diminution des effets de certains produits chimiques ou d'agents physiques a été observée. Cependant, en raison du petit nombre d'études disponibles et la grande variété de protocoles adoptés (différents traitements chimiques ou physiques, différentes conditions d'exposition aux champs électromagnétiques), il est impossible d'en tirer des conclusions. D'autres investigations doivent être menées pour clarifier la capacité de champs électromagnétiques à augmenter / diminuer les effets d'autres traitements, tels que les rayonnements UV ou les rayonnements ionisants, et d'explorer les effets potentiellement bénéfiques (de protection) de ces expositions sur les humains.

10. Conclusions sur les effets sur la santé des champs électromagnétiques

10.1 Conclusions sur les champs de fréquence radio (RF)

Les champs de fréquence radio (100 kHz - 300 GHz) sont générés à partir d'une grande variété de sources telles que la radiodiffusion, la téléphonie mobile et les réseaux sans fil.

Dans l'ensemble, les études épidémiologiques sur l'exposition aux champs magnétiques RF ne montrent pas un risque accru de tumeurs cérébrales. En outre, ils ne constituent pas une augmentation du risque pour d'autres cancers de la région de la tête et du cou. Certaines études ont soulevé des questions au sujet d'un risque accru de gliome et de neurinome acoustique pour les grands utilisateurs de téléphones mobiles. Les résultats des études épidémiologiques et des tendances au cours du temps ne supportent pas l'hypothèse d'un risque accru de gliome. La possibilité d'une association avec le neurinome acoustique reste ouverte. Les études épidémiologiques ne montrent aucun risque accru pour les autres types de cancers, dont les cancers chez l'enfant.

Un grand nombre d'études *in vitro* ont été publiés depuis la dernier Avis. Dans la plupart des études, aucun effet, génotoxique aussi bien que non-génotoxique, n'a été observés à des niveaux d'exposition situés en dessous des limites d'exposition. Des études antérieures, qui suggéraient que l'exposition aux champs RF pouvait affecter les activités cérébrales, comme en témoignent des changements observés dans les EEG en phase d'éveil ou de sommeil, sont confirmés par les résultats d'études plus récentes. Toutefois, étant donné la variété des domaines d'application concernés, la durée de l'exposition, le nombre de pistes considérées et de méthodes statistiques utilisées, il est difficile de tirer des conclusions fermes. Les études sur les fonctions cognitives chez les humains manquent encore de cohérence. La pertinence biologique des petites modifications de l'EEG physiologique signalées reste incertaine et une explication mécanistique fait encore défaut.

Un ensemble raisonnable de preuves expérimentales suggère à présent que l'exposition aux champs RF ne déclenche pas les symptômes auto-déclarés qui sont connus comme une "hypersensibilité électromagnétique", au moins à court terme. Alors que des études supplémentaires sont nécessaires pour déterminer si l'exposition à long terme pourrait être associée à ces symptômes, les éléments de preuve à ce jour pèsent en défaveur d'une relation causale.

Les études chez l'homme sur les maladies et les symptômes neurologiques ne montrent pas d'effet ou pas d'effets cohérents.

10.2 Conclusions sur les champs de fréquence intermédiaire (IF)

Les champs de fréquence intermédiaire (FI) (300 Hz - 100 kHz) sont générés par des sources comme les ordinateurs, les plaques de cuisson à induction, les lampes fluorescentes compactes et des dispositifs anti-vol dans les magasins. L'exposition aux champs FI sur le lieu de travail est, dans certains cas, considérablement plus élevée que l'exposition du grand public. Cependant, très peu d'études sur les champs et les risques pour la santé en milieu de travail ou pour le grand public ont été publiées et les données sont encore trop limitées que pour une évaluation appropriée des risques.

Compte tenu de l'exposition croissante aux champs FI sur les lieux de travail, par exemple dans les magasins et certaines industries, il est important qu'une priorité soit donnée à la recherche dans ce domaine.

10.3 Conclusions sur les champs d'extrêmement basses fréquences (EBF)

Les champs d'extrêmement basses fréquences (EBF) (en dessous de 300 kHz) sont générés par des sources telles que les lignes électriques et les appareils électriques. Dans les études portant sur les effets possibles de l'exposition aux champs magnétiques EBF sur l'activité du cerveau de volontaires sont trop hétérogènes en ce qui concerne les domaines appliqués, la durée de l'exposition, le nombre de pistes envisagées et les méthodes statistiques utilisées que pour en tirer des conclusions raisonnables. Il en va de même pour les résultats concernant les effets comportementaux et l'excitabilité corticale.

Les nouvelles études épidémiologiques sont conformes aux conclusions antérieures d'un risque accru de leucémie infantile avec des expositions moyennes quotidiennes évaluées au-delà de 0,3 à 0,4 μ T. Comme indiqué dans les Avis précédents du SCENIHR, aucun mécanisme d'action n'a été identifié dans l'intervalle, et aucun argument dans les études expérimentales n'existe qui pourraient expliquer ces résultats, ce qui, avec les lacunes des études épidémiologiques, empêche une interprétation causale.

Seules quelques nouvelles études épidémiologiques sur les maladies neurodégénératives ont été publiées depuis l'adoption du précédent Avis. Elles ne fournissent pas de données supportant la conclusion précédente que l'exposition aux champs magnétiques de basse fréquence (EBF) pourrait augmenter le risque de maladie d'Alzheimer, d'autres maladies neurodégénératives ou de démence.

10.4 Conclusions sur les champs magnétiques statiques (CMS)

Les champs magnétiques statiques sont générés par des sources telles que les aimants permanents et ceux utilisant des courants électriques continus.

Pris ensemble, les résultats récents rapportés ne remettent pas en cause l'évaluation des risques liés à l'exposition aux champs magnétiques statiques qui a été faite dans l'avis précédent. Globalement, il n'y a aucune preuve cohérente pour affirmer l'existence d'effets nocifs durables liés à une exposition de courte durée jusqu'à plusieurs Teslas.

10.5 Conclusions sur l'exposition combinée aux champs électromagnétiques et une co-exposition à un stress environnemental

Les quelques études disponibles sur l'exposition combinée à différents types de champs électromagnétiques ne fournissent pas d'éléments suffisants pour une évaluation des risques.

L'Avis du SCENIHR de 2009 avait conclu qu'il y avait certains éléments de preuve issus des études *in vivo* pour suggérer que la co-exposition à des champs EBF et des agents chimiques ou physiques pouvait agir comme effet co-cancérogène alors qu'il n'y avait aucune preuve que les champs RF pourraient agir d'une telle manière. Les résultats rapportés depuis indiquent que la co-exposition aux champs EBF ou RF avec plusieurs agents chimiques ou physiques peut en effet entraîner une augmentation ou une diminution de leurs effets mais, en raison du petit nombre d'études disponibles et de la grande variété de protocoles adoptés, il est impossible d'évaluer ces risques à l'heure actuelle.

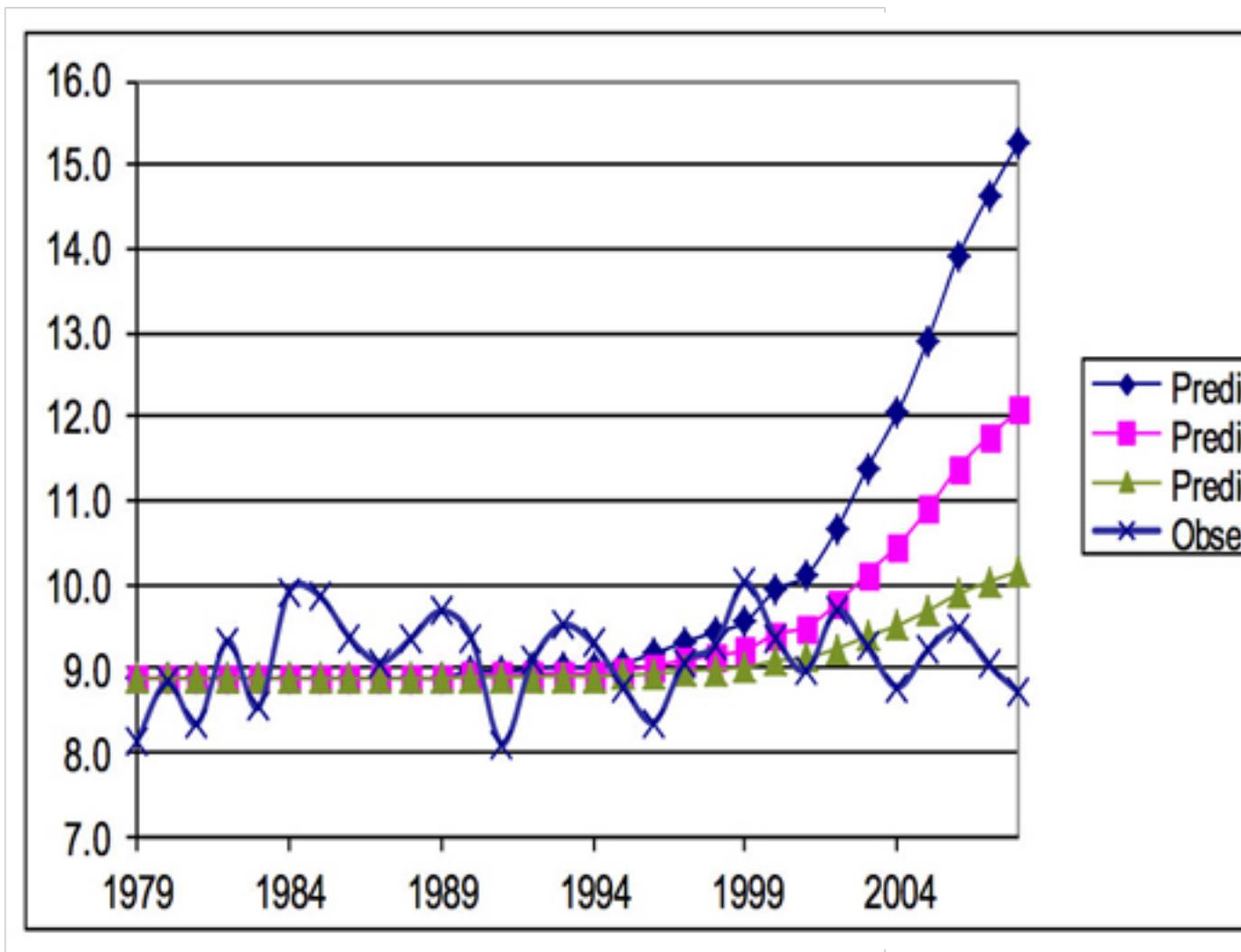
10.6 Recommandations de recherche

Un ensemble de recommandations de recherche prioritaires et d'orientations méthodologiques sur la conception des expériences et les exigences minimales nécessaires pour garantir la qualité des données et la possibilité de les utiliser pour l'évaluation des risques sont fournies dans les chapitres 3.14 et 3.15 de l'Avis.

Annexe

Annex 1:

Figure 5. Observed glioma incidence rate in the Nordic countries and expected rates assuming mobile phone



(regular mobile phone use of 10 years or more) related relative risk increases of 1.2, 1.5 and 2, respectively

[Based on data from Deltour et al. 2012]

Source: SCENIHR Potential health effects of exposure to electromagnetic fields [see http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenih_r_o_041.pdf], 3.6.1.1. Epidemiological studies, p.79

Les droits d'auteur de la Structure à Trois Niveaux utilisée pour communiquer cet avis du CSRSEN appartiennent à Cogeneris sprl [voir <https://www.greenfacts.org/>].