

Sources de champs électromagnétiques et types de champs

- Le spectre des ondes électromagnétiques est très étendu : des rayonnements ionisants (les plus énergétiques) aux ondes extrêmement basse fréquence.
- Les radiofréquences (ondes émises entre autres par les téléphones mobiles et les antennes relais) et les champs extrêmement basses fréquences (lignes électriques, voies ferrées, etc.), les ondes les moins puissantes, font l'objet de nombreuses études et de controverses.

« Invisibles mais bien présents » dans notre environnement, certains champs magnétiques sont d'origine artificielle tandis que d'autres sont d'origine naturelle, le champ naturel variant beaucoup selon les conditions météorologiques et augmentant notablement par temps d'orage (*INRS, 2008*). Les plus fortes expositions de l'ensemble de la population sont toutefois celles des champs artificiels.

Le spectre des ondes électromagnétiques est extrêmement étendu. Mesurée en hertz (Hz), la fréquence des ondes correspond au nombre de leurs oscillations par seconde (voir [schéma du spectre électromagnétique](#)).

Le spectre des ondes électromagnétiques se décompose en rayons ionisants et non-ionisants. Les plus énergétiques sont les [rayonnements ionisants](#) (ex : rayons X et Gamma) ils interagissent avec la matière en produisant des ionisations et peuvent causer des lésions cellulaires plus ou moins importantes. Parmi les rayonnements non-ionisants les plus énergétiques figurent les rayons ultra-violets émis par le soleil, les lampes à bronzer. Viennent ensuite la lumière visible, les infra-rouges puis les radiofréquences, hyperfréquence et micro-ondes (radars, fours à micro-ondes, téléphones cellulaires), les basses et extrêmement basses fréquences et les champs statiques (0 Hz).

Radiofréquences (RF) et champs extrêmement basse fréquence (EBF) font l'objet de beaucoup d'attention aujourd'hui.

Les RF vont de 10 milliers de hertz (KHz) à 300 millions de hertz (GHz). Les antennes de radio, télévision, radar et de communication mobile, mais aussi les fours à micro-ondes (domestiques) sont les principales sources de RF.

Les EBF couvrent la partie inférieure des basses fréquences, de 0 à 10 kHz. Ces champs ont des sources nombreuses, présentes à l'intérieur (installations électriques, lampes, appareils ménagers, radioréveil, ordinateur) comme à l'extérieur (lignes électriques de transports, transformateurs et câbles souterrains électriques, voies ferrées, éclairage public).

Effets biologiques des champs électromagnétiques

Les effets biologiques des champs électromagnétiques (CEM) vont de la stimulation de tissus excitables (système nerveux et muscles) pour les plus basses fréquences, à l'échauffement des tissus pour des fréquences plus élevées.

Les phénomènes biologiques engendrés par les CEM dépendent de l'interaction ondes/matière à la fréquence considérée. Certains effets sont bien établis :

- jusqu'à la fréquence de 100 kHz, les CEM induisent des courants pouvant entraîner la stimulation de tissus excitables (système nerveux et muscles),
- au-dessus de 10 MHz, les CEM induisent dans les tissus un échauffement (effet thermique, par orientation des molécules d'eau),
- entre 100 kHz et 10 MHz, les deux phénomènes coexistent.

D'autres effets possibles des CEM font encore l'objet de débats scientifiques tels que la [génotoxicité](#), le risque de cancers, des effets sur la multiplication cellulaire, des modifications de la perméabilité de la barrière hémato-encéphalique, des perturbations enzymatiques et hormonales.

Champs extrêmement basse fréquence et cancers

- Les CEM extrêmement basse fréquence (induits par les lignes électriques de transports, transformateurs électriques, voies ferrées, lampes, appareils ménagers, ordinateurs, etc.) ont été classés cancérigènes possibles pour l'homme par le *CIRC* (groupe 2B).
- Les études montrent un lien statistiquement significatif entre les leucémies infantiles et une exposition résidentielle à des champs magnétiques supérieurs à 0,2 à 0,4 μT . Aucun effet biologique ne permet cependant à ce jour d'expliquer ce lien.

En 2002, le *CIRC* a classé les champs extrêmement basse fréquence, les CEM-EBF (50-60 Hz), cancérigènes possibles (groupe 2B), en raison d'observations épidémiologiques concordantes identifiant clairement l'association d'un plus grand nombre de cas de leucémies infantiles avec ces champs magnétiques dans l'environnement des enfants. Les mécanismes d'action biologiques et les liens de causalité n'ont cependant pas pu être mis en évidence jusqu'à maintenant.

Dans son rapport de mars 2010, l'*Afsset* (aujourd'hui *Anses*) fait un bilan des connaissances des expositions aux CEM-EBF et de leurs effets sanitaires. L'agence fait aussi le point sur l'exposition des populations, les valeurs limites, la réglementation et les préoccupations sociales suscitées par ces champs. La gamme de champs considérée va jusqu'à quelques milliers de hertz : on y trouve les champs magnétiques relatifs au transport et à la distribution d'électricité (différentes lignes de haute tension, d'évacuation de barrage hydraulique, d'alimentation de ville, réseaux de transport...), aux appareils électroménagers (autour de 50 Hz) et nombres de sources d'énergie électromagnétique présentes notamment en milieu de travail (écrans d'ordinateur, équipement de soudage, transformateurs, fours...).

L'Agence estime que si les sources d'exposition aux CEM-EBF sont connues, l'exposition qui en résulte est encore insuffisamment documentée, bien que des appareils permettent de quantifier l'exposition individuelle aux différentes sources dans les activités quotidiennes. Pour mesurer cette exposition, pour les fréquences inférieures à 100 kHz, on utilise l'induction de courant électrique (on mesure l'intensité du courant induit dans les tissus, en Ampères/m²). S'agissant des effets sanitaires, ceux à court terme sont connus et on sait s'en protéger en appliquant une valeur limite d'exposition (100 μT pour 50Hz). Une réserve est cependant faite à propos de l'hypersensibilité pour laquelle les données actuelles ne permettent pas d'établir de relation de cause à effet.

Les connaissances épidémiologiques et biologiques des effets à long terme sont en revanche contrastées. Les études épidémiologiques font apparaître un lien entre les leucémies infantiles et les expositions à des CEM-EBF. L'association est « statistiquement significative pour une exposition résidentielle, moyennée sur 24 h, à des champs magnétiques dont les niveaux sont supérieurs à 0,2 ou à 0,4 μT , selon les études ». L'ignorance des mécanismes biologiques sous-tendant ce lien constitue « un défi à la compréhension des questions soulevées par les résultats des études épidémiologiques » (*Afsset*, 2010). Les cancers sont les seules pathologies pour lesquelles est établie une relation statistique avec ces CEM, hormis l'hypothèse, qu'on ne peut pas écarter, de leur implication dans les maladies d'Alzheimer et de sclérose latérale amyotrophique, rapportée dans une méta-analyse d'expositions professionnelles (Garcia, 2008).

S'agissant des valeurs limites d'exposition, l'Anses partage les conclusions qui ont conduit l'*ICNIRP* à confirmer les valeurs en cours, basées sur une exposition aiguë (pas de relation claire entre augmentation du risque d'apparition d'un effet biologique et niveaux croissants d'exposition).

Radiofréquences (RFID, téléphonie mobile) et cancer

En janvier et octobre 2009, l'*Afsset* a rendu publiques des expertises collectives qui actualisent l'état des connaissances biologiques et sanitaires de la RFID (identification par radiofréquence) et de l'ensemble des radiofréquences (RF). Le rapport *Afsset* sur les RF fait aussi le point sur l'exposition des populations, ses valeurs limites, la réglementation et les préoccupations sociales suscitées, et analyse les termes de la controverse publique.

Identification par radiofréquence (RFID)

Les résultats de l'expertise *Afsset* ne permettent pas d'établir l'existence d'un risque sanitaire lié à l'exposition aux CEM émis par des systèmes d'identification par radiofréquence (titres de transports en commun, traçabilité des marchandises, etc.), systèmes souvent abrégés en RFID.

La RFID utilise les ondes radio pour identifier à distance, sans contact, un « objet » (marchandise, animal, personne) portant une « étiquette » radio. Certaines applications sont déjà très répandues dans la vie courante : identification d'animaux, titres de transport en commun, traçabilité des marchandises. Quatre bandes de fréquences, correspondant à des applications spécifiques, sont utilisées par la RFID. Ces fréquences vont des basses fréquences (125 kHz) aux hyperfréquences (5,8 GHz). Les étiquettes radio comportent une antenne associée à une puce électronique qui leur permet de recevoir et de répondre aux ondes radio émises par la borne de lecture. Dans la majorité des cas, seules les bornes émettent une radiofréquence, d'une puissance allant de 10 mW à 2 W, et les étiquettes sont des dispositifs passifs n'utilisant que l'énergie de l'onde radio émise par la borne.

Les résultats de l'expertise de l'*Afsset* ne permettent pas d'établir à ce jour l'existence d'un risque sanitaire lié à l'exposition aux CEM émis par des systèmes RFID. Toutefois, il est à noter que l'exposition professionnelle peut être plus importante que celle de la population générale.

Radiofréquences (RF)

- Les radiofréquences sont les champs induits principalement par les téléphones portables et les antennes relais.
- Elles sont classées cancérogènes possibles (groupe 2B) pour l'homme pour le risque de gliome par le *CIRC*.
- Les niveaux d'exposition aux radiofréquences sont tous inférieurs aux valeurs limites d'exposition réglementaires.
- La question des effets des antennes-relais de téléphonie mobile sur les symptômes rapportés reste ouverte et nécessite des études approfondies avec des effectifs suffisants et des protocoles de qualité.

Dans le domaine des RF, la progression de l'usage de la téléphonie mobile, et le déploiement de nombreuses antennes relais pour couvrir l'ensemble du territoire ont suscité des inquiétudes et une controverse publique. Celle-ci a été nourrie en particulier par un débat scientifique sur l'existence d'éventuels effets non thermiques des RF sur les mécanismes cellulaires et d'éventuels effets sanitaires d'expositions environnementales à faible niveau. On considère que cette progression rapide de l'usage des téléphones portables impose de rechercher un éventuel impact de leurs rayonnements sur la santé, et notamment s'ils majorent ou non le risque de cancer de la tête et des autres organes proches de ces émetteurs (*INCa*, 2009). Ces téléphones communiquent sur des gammes de fréquence élevées, pénétrant jusqu'à un centimètre dans les tissus exposés.

En 2009, l'Afsset a produit un rapport d'expertise collective sur les radiofréquences. L'originalité de ce rapport réside dans la prise en compte de l'ensemble des RF supérieures à 400 MHz, et non pas seulement la téléphonie mobile (à l'exclusion des applications de RFID qui ont fait l'objet d'un rapport distinct). Ce rapport repose sur l'analyse d'un très grand nombre d'études publiées au cours des cinq dernières années.

S'agissant de l'exposition des populations, l'Afsset note que « le téléphone mobile reste très largement le principal mode d'exposition aux champs radiofréquences, en comparaison notamment à l'exposition générée par les antennes relais ». Les niveaux d'exposition aux RF sont « tous inférieurs aux valeurs limites d'exposition réglementaires et même souvent très en dessous de ces valeurs limites ».

Les données issues de la recherche expérimentale disponibles n'indiquent pas d'effets sanitaires à court terme ni à long terme de l'exposition aux RF. Les RF n'exercent ni effet perturbateur sur les grandes fonctions cellulaires, ni stress sur les cellules. Elles n'auraient pas non plus d'effet génotoxique à court ou à long terme, ou mutagène. Elles n'augmentent, ni ne diminuent l'incidence de cancers et n'affectent pas non plus le système nerveux ou le fonctionnement du système immunitaire. Des interrogations demeurent cependant pour les effets à long terme, même si aucun mécanisme biologique analysé ne plaide actuellement en faveur de cette hypothèse. Par ailleurs, la croissance de l'utilisation du téléphone mobile n'est pas corrélée aux tendances temporelles d'incidence ou de mortalité des tumeurs cérébrales.

En mai 2011, le CIRC a classé les RF comme cancérigènes possibles (groupe 2B) pour l'homme, sur la base d'un risque accru de gliome (monographie n°102). Il note aussi que des recherches complémentaires doivent être menées sur l'utilisation intensive à long terme du téléphone portable. L'absence de mesures individuelles des expositions et les difficultés méthodologiques des études disponibles plaident encore pour des conclusions prudentes.

Les conclusions et les recommandations émises par le CIRC rejoignent les avis et recommandations déjà émises par l'Anses dans son rapport de 2009.

S'agissant des **antennes relais**, aucune étude n'indique de façon probante l'existence d'une augmentation de l'incidence des cancers à proximité d'une antenne. Deux études indiquent une association entre certains troubles ressentis par les participants et leur exposition aux radiofréquences émises par les antennes-relais, mais leur interprétation est sujette à caution. Trois études ne montrent pas d'association entre les symptômes ressentis par les participants et leur exposition aux radiofréquences, et deux de ces études indiquent que certains symptômes ressentis sont significativement liés à la perception du risque ou à l'attribution des symptômes ressentis aux stations de base de téléphonie mobile (effet « nocebo »). La question des effets des antennes-relais de téléphonie mobile sur les symptômes rapportés reste ouverte et nécessite des études approfondies avec des effectifs suffisants et des protocoles de qualité.

Le développement de technologies utilisant des CEM de fréquences supérieures à 2 GHz (réseaux **Wi-Fi et WiMAX**) rend pertinent l'examen des études épidémiologiques réalisées sur des populations exposées à des champs utilisant de telles fréquences : un excès de lymphomes et de leucémies a été observé dans trois cohortes de militaires exposés à des radars dont la puissance délivrée est de plusieurs ordres de grandeur supérieure à celle des réseaux Wi-Fi et WiMAX. Ce résultat montre que l'on ne peut pas à ce jour écarter la possibilité d'une association entre l'exposition aux radars professionnels de plus de 2 GHz et le risque de lymphomes et de leucémies. Cependant il n'a pas été observé de relation dose-effet et aucun mécanisme d'action n'est identifié. Enfin, se pose la question de la transposition de ces résultats à des niveaux d'exposition de beaucoup plus faible puissance.

Le **rapport d'expertise de l'Anses 2013** sur les radiofréquences a mis en évidence :

- nombreuses études bien menées ne montraient pas d'effet des radiofréquences sur la santé.
- Quelques unes montrent des effets biologiques (génétoxicité, effet physiologique sur le sommeil par exemple).

Il n'est pour autant pas possible aujourd'hui d'établir un lien de causalité entre ces effets biologiques décrits et d'éventuels effets sanitaires qui en résulteraient.

A propos des effets cancérigènes, les données agrégées disponibles indiquent que

- le risque de gliome n'est pas significativement modifié par l'utilisation des téléphones mobiles en population générale pour des durées d'observation de moins de 15 ans (Anses, 2013).
- ces données ne permettent pas d'exclure avec certitude, pour les utilisateurs « intensifs », une augmentation d'incidence faible des gliomes (inférieure à 20 %) ou un risque qui se manifesterait pour des durées d'induction supérieures à 15 ans

Des recherches complémentaires sont encore nécessaires pour mieux évaluer les risques potentiellement liés aux radiofréquences, notamment à long terme.

Note - mesure de l'exposition aux radiofréquences :

- en champ éloigné de la source : on peut mesurer soit le champ magnétique soit le champ électrique. En pratique c'est la mesure du champ électrique qui est utilisée (exprimé en Volts/mètre).
- en champ proche : il n'est pas possible d'utiliser la mesure du champ électrique et il faut recourir à la mesure du débit d'absorption spécifique (DAS) qui représente la quantité d'énergie absorbée par les tissus (exprimée en watts par kilogramme (W/kg)). Cette mesure est délicate : elle fait appel à l'utilisation de mannequins dont les propriétés électromagnétiques reproduisent celles des tissus étudiés, et ne peut être effectuée que par des laboratoires spécialisés.

Vous pouvez consulter la fiche [Téléphone mobile et antennes relais: quelques repères sur les puissances](#) pour plus d'information sur ce sujet.

Perception et comportements vis-à-vis des ondes électromagnétiques

La majorité des personnes interrogées se sentent bien informées sur les risques de la téléphonie mobile pour la santé ; elles sont en revanche peu nombreuses à avoir adopté des mesures de précaution dans l'utilisation de leur appareil.

Les ondes électromagnétiques font partie des risques émergents pour lesquels le Plan national santé environnement (PNSE) actuellement en vigueur, prévoit que l'information et la concertation soient organisées.

On constate ainsi que les inquiétudes relatives aux risques pour la santé qui seraient liés aux antennes-relais et à l'utilisation du téléphone portable se sont accrues entre 2007 et 2009. La majorité des personnes interrogées se sentent bien informées sur les risques de la téléphonie mobile pour la santé ; elles sont en revanche peu nombreuses à avoir adopté des gestes de précaution dans l'utilisation de leur appareil : 59% d'entre elles n'utilisent ainsi jamais d'oreillettes (INPES, 2009).

En France, l'Agence Nationale des Fréquences (ANFR) recueille les mesures de champs électromagnétiques effectuées par les laboratoires accrédités **à la demande de collectivités ou de riverains d'antennes relais** (environ 2 500 mesures par an) et publie ces résultats sur un site Internet dédié (<http://www.cartoradio.fr/>). Les valeurs mesurées sont très inférieures aux valeurs limites réglementaires : 97% des mesures sont inférieures à 10% des valeurs limites d'exposition, et 80% des mesures sont inférieures à 2 V/m. Une étude récente à Besançon et à Lyon, utilisant des exposimètres portés pendant 24 heures par 377 personnes, a permis de mieux caractériser l'exposition de la population : 99% des mesures sont inférieures à 1 V/m (Viel, 2009).

Evolution récentes

L'impact potentiel des radiofréquences sur la santé est l'un des thèmes prioritaires inscrits au programme de travail 2011 de l'Anses, qui a installé le 15 juin 2011 son comité de dialogue « Radiofréquences et santé »

Le PNSE2 dédie plusieurs actions aux ondes électromagnétiques. Son action 45 projette ainsi la mise en œuvre des engagements de la table ronde (d'avril-mai 2009) sur les ondes électromagnétiques : l'information et la concertation sur les champs EBF et RF. L'action 24 du Plan envisage d'améliorer les connaissances de l'hypersensibilité aux CEM (recherche) et la prise en charge des personnes qui en sont atteintes par l'information des professionnels de santé.

CEM-EBF

La plupart des recommandations formulées dans l'avis de l'*Afsset* en mars 2010, visent le progrès des connaissances de l'exposition des publics, des méthodes (appareils, protocole, laboratoires, indicateurs), et des effets biologiques et sanitaires. S'ajoute la nécessité de connaître la compatibilité électromagnétique avec des dispositifs médicaux implantables.

L'Agence incite à étudier tant l'exposition environnementale que professionnelle. Il s'agit, par exemple, de savoir mesurer l'exposition dans les lieux de vie et dans sa réalité (enregistreurs individuels portables), ou dans les établissements recevant des populations sensibles (femmes enceintes et enfants) situés à proximité des lignes de transport d'électricité à très haute tension.

Les travaux biologiques encouragés concernent en particulier la leucémie infantile et précisent des paramètres à étudier : cancérogénèse, génotoxicité, cytogénicité, éventuels effets co-cancérogènes... L'appui sur une puissance statistique suffisante est souligné tant en biologie qu'en épidémiologie.

RFID

Dans son avis de 2009, l'*Afsset* recommande de poursuivre la veille scientifique en se focalisant notamment sur les fréquences intermédiaires qui ne sont pas déjà couvertes par la téléphonie mobile. Elle rappelle la nécessité que les fabricants ou intégrateurs de systèmes garantissent la sécurité, la santé et l'exposition des personnes (travailleurs et population générale). Enfin, elle préconise d'enrichir la normalisation de procédures d'expositions localisées et évaluables par des laboratoires de certification.

RF

L'Anses incite, comme les résultats des travaux des monographies du *CIRC*, à poursuivre les études sur les effets possibles à long terme, à en mener notamment sur la reproduction, le développement sur plusieurs générations d'animaux et sur la sensibilité des personnes voisines d'antennes-relais (études épidémiologiques). Un engagement est pris à évaluer les demandes de diminution de niveaux d'expositions dus aux antennes relais en dessous de 0,6 volts par mètre dans la mesure où cette valeur est scientifiquement injustifiée et que ces réductions peuvent aboutir à multiplier les antennes et à augmenter l'exposition de la tête aux radiofréquences émises par les téléphones mobiles.

L'impact potentiel des radiofréquences sur la santé est l'un des thèmes prioritaires inscrits au programme de travail 2011 de l'Anses, qui a installé le 15 juin 2011 son comité de dialogue « Radiofréquences et santé » avec pour Président Georges Mercadal, ancien Vice-Président de la Commission Nationale du Débat Public.