



**HAL**  
open science

## Les radiofréquences et la santé

Émilie Verdeun

► **To cite this version:**

| Émilie Verdeun. Les radiofréquences et la santé. Sciences pharmaceutiques. 2015. dumas-01251692

**HAL Id: dumas-01251692**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01251692>**

Submitted on 6 Jan 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## U.F.R. DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES

Année 2015

N° 117

Thèse pour l'obtention du

DIPLOME D'ETAT de DOCTEUR EN PHARMACIE

**Présentée et soutenue publiquement**

Par Emilie VERDEUN

Née le 25 septembre 1985 à Bordeaux

Le 29 septembre 2015 à Bordeaux

**Les radiofréquences et la santé**

Directeur de thèse :

**Monsieur Christian Toussaint**

### **Membres du Jury**

<b>Monsieur Christian Toussaint</b>	Maître de Conférences	Président du Jury
<b>Monsieur Arnaud Courtois</b>	Maître de Conférences	Juge
<b>Monsieur Bernard Roger</b>	Docteur en médecine - Radiologue	Juge

# REMERCIEMENTS

---

Tout d'abord, je souhaite remercier le Professeur Christian Toussaint, Maître de conférences en pharmacologie à la faculté de pharmacie de l'Université Victor Segalen Bordeaux 2, Président de mon jury et directeur de ma thèse. Je vous remercie pour votre disponibilité et vos conseils lors de la rédaction de ma thèse.

Merci au Professeur Arnaud Courtois, Maître de conférences en toxicologie à la faculté de pharmacie de l'Université Victor Segalen Bordeaux 2, d'accepter de faire partie de mon jury.

Je tiens à remercier le Docteur Bernard Roger, Radiologue à Bordeaux de me faire l'honneur d'assister à ma soutenance de thèse.

Merci à Madame Laurence Abeille, députée écologiste de la sixième circonscription du Val-de-Marne, de s'être rendue disponible et d'avoir répondu à mes questions avec attention, en m'apportant de nombreux éclairages et de nouvelles pistes de réflexion.

Je remercie toutes les personnes qui ont relu ma thèse et plus particulièrement Magalie pour ses encouragements et ses remarques constructives grâce à son expérience de journaliste qu'elle a eue sur mon travail.

Cette thèse est aussi et surtout le fruit des encouragements des gens que j'aime.

A mes parents, Caroline et Pascal, pour m'avoir soutenue et encouragée tout au long de mes études, je sais que je peux compter sur vous en toutes circonstances.

A mes grands-parents, Nanou, Pily et Raymond, pour votre bienveillance et votre amour. Je remercie tout particulièrement ma grand-mère, Nana, pour m'avoir poussé à passer ma thèse.

A mes sœurs, Diane et Mathilde, et mon frère Hugo, pour tous ces merveilleux moments passés ensemble. On a bien ri durant toutes ces années et on continuera à le faire encore très longtemps.

A Raphaël, pour ton amour, ta patience et ton soutien au quotidien.

A mes tantes, Yoyo et Sophie, pour votre gentillesse et votre écoute.

A ma marraine, Martine et son mari Lionel, je vous remercie pour votre générosité et bonne humeur.

A mon amie Marine, pour ces sept années d'études de pharmacie qui sont passées si vite grâce à toi. Je ne regrette absolument pas d'avoir redoublé la première année car cette épreuve nous a soudée et permis de nous connaître par cœur.

A mon amie Géraldine, pour ton humour, ta gentillesse et ton soutien même quand il s'agit de me suivre dans des activités folles. Je pense bien sûr au raid et au volley.

A mon amie Christelle, pour tes bons conseils, ton écoute et ta générosité. Merci pour tous ces merveilleux souvenirs comme par exemple le dernier à Carcassonne.

Merci à vous trois d'être de formidables amies. J'ai beaucoup de chance de vous avoir.

A mes amies, Charlotte, Dorine, Magalie, Kévin, Clément et tous les autres pour leur amitié sincère depuis déjà très longtemps.

J'ai une pensée très forte pour mon amie Hélène, qui me manque et à qui je pense tous les jours. La vie est moins belle sans toi.

# TABLE DES MATIERES

---

<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>1</b>
<b>TABLE DES MATIERES.....</b>	<b>3</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>6</b>
<b>ABREVIATIONS.....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>11</b>
<b>QUE SONT LES RADIOFREQUENCES ? .....</b>	<b>13</b>
<b>1. LES CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES .....</b>	<b>13</b>
a. Définitions.....	13
b. Les caractéristiques .....	15
c. Utilisations .....	24
<b>2. LES RADIOCOMMUNICATIONS ET RADIOFREQUENCES .....</b>	<b>28</b>
a. Historique des radiocommunications.....	28
b. Les utilisations actuelles .....	35
c. Exposition de la population aux radiocommunications .....	36
<b>ETAT DES LIEUX DES CONNAISSANCES SUR LA TOXICITE DES RADIOFREQUENCES.....</b>	<b>46</b>
<b>1. EVALUATION DU NIVEAU DE PREUVE.....</b>	<b>46</b>
a. L'effet avéré chez l'homme .....	47
b. L'effet probable ou possible chez l'homme.....	48
c. L'effet pour lequel le niveau de preuve est insuffisant pour conclure à son existence chez l'homme .....	48
d. Probablement pas d'effet chez l'homme .....	49
<b>2. DONNEES TOXICOLOGIQUES .....</b>	<b>51</b>
a. Effets non cancérogènes sur le Système Nerveux Central (SNC) .....	52

b. Autres effets non cancérogènes .....	55
c. Effets cancérogènes .....	57
<b>3. HYPERSENSIBILITE ELECTROMAGNETIQUES .....</b>	<b>61</b>
a. Définition .....	61
b. Prévalence.....	65
c. Les études .....	65
<b>GESTION DU RISQUE SANITAIRE EN FRANCE, EN EUROPE ET DANS LE MONDE.</b>	<b>71</b>
<b>1. GESTION DU RISQUE SANITAIRE EN FRANCE.....</b>	<b>71</b>
a. Rôles et actions de l'Anses.....	71
b. Les textes de loi existants .....	81
<b>2. GESTION DU RISQUE SANITAIRE EN EUROPE ET DANS LE MONDE .....</b>	<b>100</b>
a. Acteurs et cadre réglementaire en Europe .....	100
b. Acteurs et cadre réglementaire au niveau mondial .....	102
<b>3. DISCUSSION SUR LES LIMITES DE CES TEXTES DE LOI.....</b>	<b>106</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>112</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>114</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>123</b>

## LISTE DES FIGURES

---

Figure 1 : Nature et propagation d'une onde électromagnétique (Bellanger, et al. 2009)	15
Figure 2 : Schéma d'une onde (Ministère de la santé et des sports 2010) .....	16
Figure 3 : Exemples de formes temporelles d'onde (Ndagijimana et Gaudaire 2013) .....	20
Figure 4 : Le spectre électromagnétique (Ministère de la santé et des sports 2010).....	21
Figure 5 : Exemples de modulation d'onde (Ndagijimana et Gaudaire 2013) .....	25
Figure 6 : Le télégraphe de Chappe (Office de Tourisme d'Écouen s.d.) .....	30
Figure 7 : Carte du réseau de télégraphe de Chappe en France en 1844 (Chenot s.d.) .....	31
Figure 8 : Le télégraphe électrique (Nanteuil 2012).....	32
Figure 9 : James Clerk Maxwell (James Clerk Maxwell Foundation s.d.).....	33
Figure 10 : Alexander Graham Bell (Hochfelder 2015).....	34
Figure 11 : Circuit de Heinrich Rudolf Hertz (SPARK Museum of Electrical Invention. s.d.)	35
Figure 12 : Calendrier de la procédure législative pour l'adoption de la loi relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques .....	90
Figure 13 : Résultat du scrutin du Sénat sur l'ensemble de la proposition de loi, adoptée par l'Assemblée nationale, relative à la sobriété, à la transparence et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques (Sénat 2014).....	97
Figure 14 : Les quatre étapes de l'évaluation des risques pour la santé humaine, d'après l'Institut de Veille Sanitaire (InVS) (Institut de veille sanitaire s.d.) .....	107

## LISTE DES TABLEAUX

---

Tableau 1 : Exemples d'attribution des fréquences et longueurs d'onde correspondantes (Ndagijimana et Gaudaire 2013).....	18
Tableau 2 : Coefficient de réflexion et transmission de la puissance en fonction des paramètres de l'obstacle (Ndagijimana et Gaudaire 2013) .....	23
Tableau 3 : Origine des ondes électromagnétiques (Ndagijimana et Gaudaire 2013) .....	26
Tableau 4 : Valeurs caractéristiques de l'intensité du champ électrique mesurées à 30 cm de distance d'appareils ménagers (OMS s.d.) .....	38
Tableau 5 : Valeurs caractéristiques de l'intensité du champ électrique mesurées à 30 cm de distance d'appareils ménagers (OMS s.d.) .....	39
Tableau 6 : Exemples de valeurs de ces distances frontières entre la zone de champ proche et la zone de champ lointain (Ndagijimana et Gaudaire 2013).....	41
Tableau 7 : Décroissance du niveau de champ électrique en fonction de la distance de propagation (Ndagijimana et Gaudaire 2013).....	41
Tableau 8 : Évaluation du niveau de preuve pour un effet donné en fonction des éléments de preuve en faveur de l'existence de l'effet chez l'Homme et chez l'animal.....	50
Tableau 9 : Liste des symptômes observés chez les personnes dites hypersensibles aux champs électromagnétiques (Alasdair et Philips 2007) .....	63
Tableau 10 : Liste des 10 orientations retenues par le Gouvernement (Bouler 2009).....	68
Tableau 11 : Les différentes conclusions des groupes d'experts et préconisations émises par les autres autorités compétentes existantes au sujet du possible risque pour la santé humaine des radiofréquences .....	74
Tableau 12 : Principales dispositions du texte et principaux amendements des commissions.....	84
Tableau 13 : Principales dispositions prévues dans la loi du 9 février 2015 relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques .....	88



Tableau 14 : Arguments de la Commission des Affaires économiques en faveur et en défaveur de la proposition de loi.....	92
Tableau 15 : Arguments majeurs qui se dégagent de la discussion générale de l'Assemblée nationale du 14 avril 2011 (Assemblée nationale 2015) .....	94
Tableau 16 : Limites d'exposition recommandées par la CIPRNI (ICNIRP 1998).....	103

## ABREVIATIONS

---

- $\mu\text{T}$  : Microtesla
- A : Ampère
- A/m : Ampère par mètre
- AEE : Agence Européenne pour l'Environnement
- Afssa : Agence française de sécurité sanitaire des aliments
- Afsse : Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement
- Afsset : Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail
- ANFR : Agence nationale des fréquences
- Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
- APCE : Assemblée Parlementaire du Conseil de l'Europe
- APR : Appel à Projet de Recherche
- CE : Commission Européenne
- CEM : Champ électromagnétique
- CIPRNI : Commission Internationale de Protection contre les Rayonnements Non Ionisants
- CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer
- CREAL : Centre de recherche en épidémiologie environnementale
- cm : Centimètre
- Comop : Comité opérationnel des modélisations et des expérimentations concernant l'exposition et la concertation en matière de téléphonie mobile (jusqu'en 2011)
- Copic : Comité de pilotage issu du Comop (à partir d'octobre 2011)
- CPF : Commission de Planification des Fréquences
- DAS : Degré d'Absorption Spécifique
- EEG : Electroencéphalogramme
- EELV : Europe Ecologie Les Verts

- EHS : Electro-hypersensibles
- FM : Frequency Modulation
- G : Génération
- GHz : GigaHertz
- GITEP TICS : Groupement des industries des technologies de l'information et de la communication
- GSM : Global System for Mobile communications
- HSEM : Hypersensibilité électromagnétique
- Hz : Hertz
- IEI : Intolérance Environnementale Idiopathique
- IFRB : International Frequency Registration Board
- InVS : Institut de Veille Sanitaire
- IPCS : International Program on the Chemical Substances
- IRU : International Radiotelegraph Union
- ISPED : Institut de Santé Publique, d'Epidémiologie et de Développement
- JO : Journal Officiel
- km : Kilomètre
- km/s : Kilomètre par seconde
- kHz : KiloHertz
- LED : Light-Emitting Diode
- LTE : Long Term Evolution
- m : Mètre
- mm : Millimètre
- MHz : MégaHertz
- nm : Nanomètre
- OMS : Organisation Mondiale de la Santé
- OTAN : Organisation du Traité de l'Atlantique Nord
- PHRC : Programme Hospitalier national de Recherche Clinique
- PTT : Postes, Télégraphes et Téléphones
- RR : Règlement des Radiocommunications

- s : Seconde
- SCENIHR : Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks
- SCM : Sensibilité Chimique Multiple
- SIM : Subscriber Identity Module
- SMS : Short Message Service
- SNC : Système Nerveux Central
- TNRBF : Tableau National de Répartition des Bandes de Fréquences
- T : Tesla
- TEV : Terminaux à Ecrans de Visualisation
- UHF : Ultra Hautes Fréquences
- UIT : Union Internationale des Télécommunications
- UV : Ultraviolet
- UMP : Union pour un Mouvement Populaire
- UMTS : Universal Mobile Telecommunications System
- V : Volt
- V/m : Volt par mètre
- W/kg : Watts par kilogramme
- W/m<sup>2</sup> : Watt par mètres carrés
- Wi-Fi : Wireless Fidelity

# INTRODUCTION

---

Le 3 avril 1973, l'ingénieur Martin Cooper passait un coup de fil depuis la 56<sup>ème</sup> rue de New York avec le premier téléphone portable (Cooper 2010).

Depuis sa commercialisation en 1983, l'utilisation du téléphone portable s'est considérablement développée. En effet, le nombre de cartes Subscriber Identity Module (SIM), et donc de lignes téléphoniques portatives en service en France, atteignait, le 30 juin 2014, 78,4 millions (Arcep 2014). Ce chiffre est ahurissant quand on sait que la population française était d'environ 66 millions d'habitants cette même année (Insee 2014).

Son utilisation croissante s'est accompagnée d'un certain nombre de préoccupations liées à la santé de ses utilisateurs allant jusqu'à demander aux pouvoirs publics d'appliquer le principe de précaution, de modifier les normes d'exposition actuelles et de réduire les niveaux d'émission des émetteurs.

Dès lors, de nombreux acteurs ont pris part au débat sur le plan international : l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la Commission Européenne (CE), l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), la communauté scientifique, les industriels, les médias, les consommateurs et les gouvernements.

C'est ce sujet d'actualité, devenu un enjeu de santé publique en France et ailleurs, qui sera développé dans cette thèse.

Dans une première partie, après avoir défini les ondes électromagnétiques, nous développerons les principes de fonctionnement des applications utilisant ces ondes afin de mieux appréhender les mécanismes en jeu et les risques éventuels liés à l'exposition des personnes. Nous nous intéresserons plus particulièrement au domaine des radiofréquences, c'est-à-dire à l'ensemble des champs électromagnétiques non ionisants rayonnés à des fréquences comprises entre 10 kiloHertz (kHz) et 300 GigaHertz (GHz)

environ, correspondant à l'ensemble des applications actuelles de radiocommunication (Groupe RNI CRAM/INRS 2005).

Dans un second temps, nous détaillerons les données scientifiques disponibles à ce jour pour mettre en évidence les effets biologiques et sanitaires observés de ces radiofréquences. Les travaux en cours et à venir seront également renseignés dans cette partie.

Enfin, nous tenterons de dégager des pistes de réflexion et de formuler des éléments de réponse à la problématique suivante :

Comment la France gère-elle le possible risque sur la santé que causerait l'exposition des populations aux radiofréquences et sur quels éléments peut-elle se baser pour prendre des décisions politiques et sanitaires ?

Pour ce faire, nous détaillerons les actions mises en place et à venir en France avec la loi de Madame Laurence ABEILLE. Nous analyserons également les tenants et les aboutissants de cette loi visant à prévenir les populations aux possibles risques liés à l'exposition aux radiofréquences.

# QUE SONT LES RADIOFREQUENCES ?

---

Les radiofréquences représentent une partie des champs électromagnétiques observés dans notre quotidien. Elles se situent à des fréquences comprises entre 10 kHz et 300 GHz environ et à des longueurs d'ondes comprises entre 30 kilomètres (km) et 1 millimètre (mm), elles sont non ionisantes et sont utilisées en télédiffusion, radiodiffusion, pour la téléphonie mobile, le Wireless Fidelity (Wi-Fi) (Criirem s.d.)...

Au vu de cette définition, il apparaît essentiel de définir au préalable les caractéristiques et les termes généraux des champs électromagnétiques afin de s'intéresser plus en détails par la suite aux radiofréquences.

## 1. LES CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES

### *a. Définitions*

Avant de définir un champ électromagnétique, il est important de présenter la notion de champ. En physique, un champ traduit l'influence que peut exercer, à distance, un objet sur son environnement. Il caractérise une propriété particulière de l'objet. Réciproquement, les autres objets présents dans l'environnement ne sont sensibles au champ que s'ils présentent eux-mêmes cette propriété. Par exemple, la planète Terre génère un champ de pesanteur. Ce champ est généré par la masse de la planète et réciproquement, il exerce son effet sur les objets massifs.

Un champ électromagnétique est le **couplage d'un champ électrique et d'un champ magnétique**.

### ◆ *Le champ électrique*

Il caractérise l'influence qu'une charge électrique peut exercer sur une autre charge. Plus la charge électrique est importante, plus le champ est fort et plus on s'en éloigne, plus l'influence et donc le champ, est faible. La tension électrique, qui a comme unité le volt (V) traduit l'accumulation de charges électriques. La force électrique d'un champ électrique étant liée à la tension et à la distance par rapport à la source, on comprend mieux son unité de mesure qui est le volt par mètre (V/m).

Le simple fait de brancher la prise d'un appareil électrique sur le secteur crée un champ électrique dans l'espace environnant même si le courant ne passe pas.

### ◆ *Le champ magnétique*

Il caractérise l'influence d'une charge électrique en mouvement, et réciproquement exerce son action également sur les charges en mouvement. Une charge électrique en mouvement est un courant électrique dont l'unité est l'ampère (A). Le champ magnétique est donc lié au courant et traduit son influence à distance de la source, d'où son unité de mesure : l'ampère par mètre (A/m).

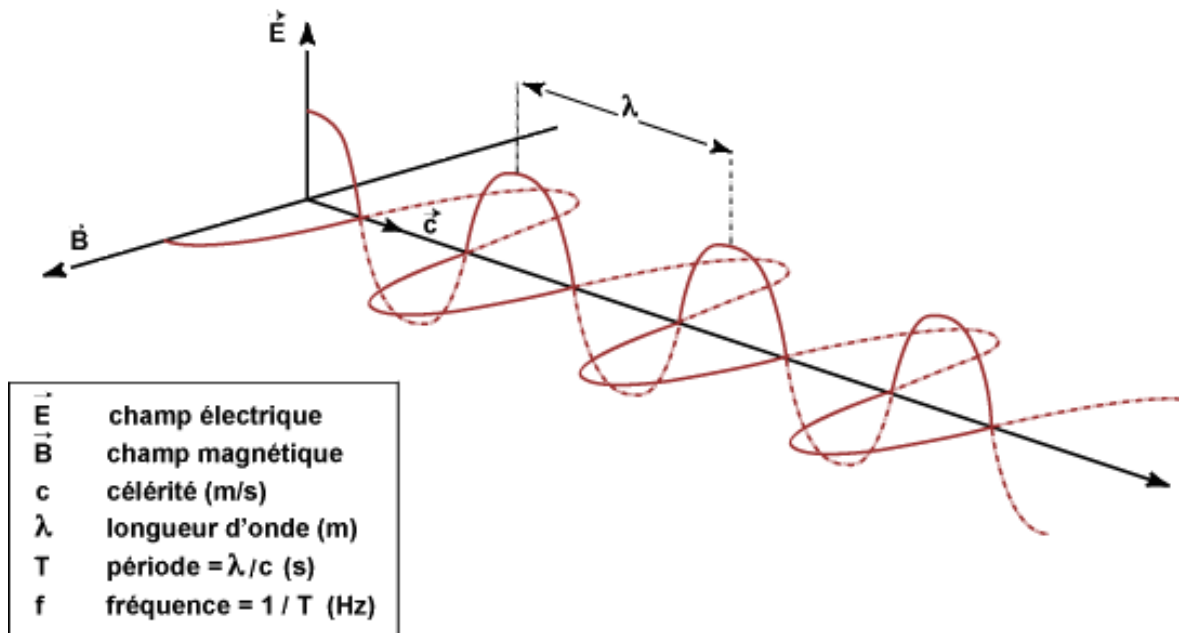
Cependant dans l'usage courant, on utilise l'unité de mesure du flux d'induction magnétique, à savoir le tesla (T), et surtout sa sous-unité, le microtesla ( $\mu\text{T}$ ), qui vaut un millionième de tesla. Dans la plupart des milieux, notamment dans l'air, on aura l'équivalence :  $1 \text{ A/m} = 1,25 \mu\text{T}$ .

### ◆ *Les ondes électromagnétiques*

Une onde électromagnétique est la **vibration d'un champ électrique et d'un champ magnétique qui varient dans le temps et peuvent se propager dans l'air ou dans le vide**. Ces deux champs, oscillant à la même fréquence, sont perpendiculaires l'un par rapport à l'autre et se propagent dans un milieu selon une direction orthogonale comme le montre la figure ci-après.

La propagation de ces ondes s'effectue à une vitesse qui dépend du milieu considéré.





*Figure 1 : Nature et propagation d'une onde électromagnétique (Bellanger, et al. 2009)*

### *b. Les caractéristiques*

Une onde électromagnétique est caractérisée par les paramètres suivants qui **dépendent de l'émetteur mais aussi du milieu de propagation** :

- l'occupation spectrale : fréquence ou bande de fréquences de propagation ;
- la densité de puissance, niveaux de champ électrique et de champ magnétique ;
- la forme temporelle et fréquentielle du signal propagé.

#### ◆ *La fréquence*

La fréquence de propagation est le **nombre de variations de l'amplitude de l'onde pendant une seconde**. Pendant une variation, l'onde parcourt dans l'espace une distance que l'on appelle la longueur d'onde. Cette dernière est donc liée à la fréquence et la

vitesse de propagation de l'onde dans le milieu. Dans le vide la longueur d'onde est donnée par la relation suivante :

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

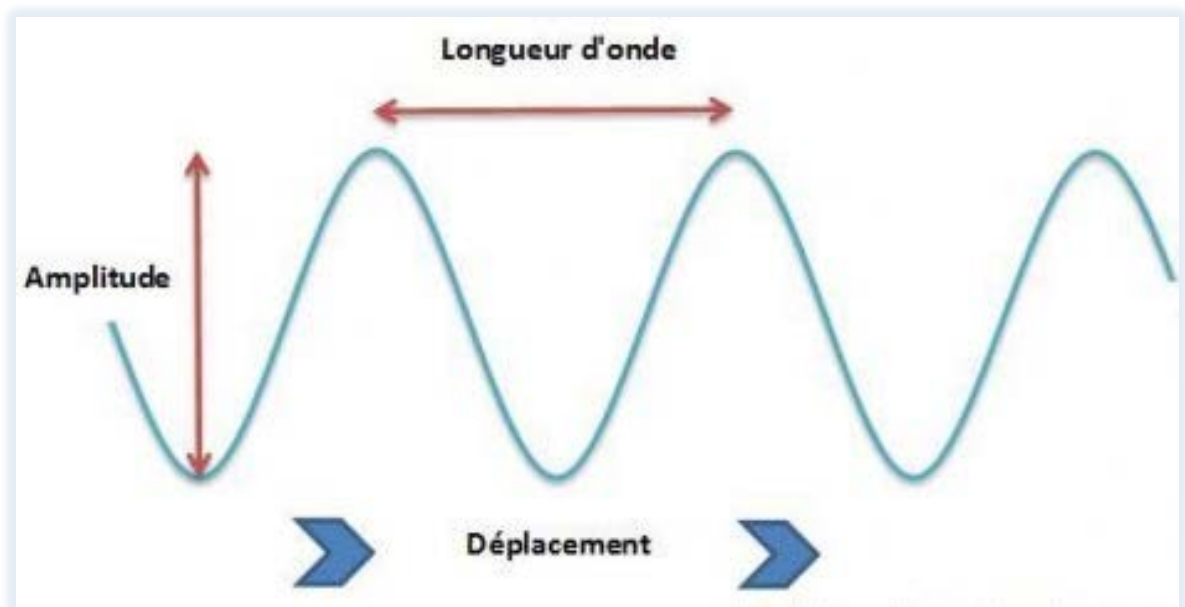
où

$\lambda$  : la longueur d'onde de l'onde électromagnétique exprimée en nanomètre (nm)

C : la vitesse de la lumière vaut 300 000 kilomètres par secondes (Km/s)

$\nu$  : la fréquence de propagation est donnée en hertz (Hz)

Par conséquent, plus la longueur d'onde est petite, plus la fréquence est élevée, et réciproquement.



*Figure 2 : Schéma d'une onde (Ministère de la santé et des sports 2010)*

Parmi les 3 paramètres qui caractérisent une onde électromagnétique cités plus haut, seule la fréquence de propagation de l'onde n'est pas modifiée par le milieu dans lequel elle se propage. La fréquence d'une onde électromagnétique ne dépend donc que de l'émetteur. Une fois générée par ce dernier, elle se propage dans l'environnement, interagit avec les obstacles rencontrés et est atténuée au cours de la propagation.

Dans la plupart des applications des ondes électromagnétiques, le signal transmis est composé de plusieurs fréquences. La différence entre la fréquence maximale et minimale est la **bande de fréquences**. En fonction de sa largeur, on parle de signaux à bande étroite ou de signaux à large bande.

La bande de fréquences ainsi que les puissances d'émission associées sont définies par les normes correspondantes aux différentes applications de radiocommunication. Elles sont allouées par les organismes internationaux comme l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) et nationaux comme l'Agence nationale des fréquences (ANFR), qui assure en France la gestion des fréquences et le contrôle de l'ensemble des réseaux de radiocommunication (Ndagijimana et Gaudaire 2013).

Afin d'attribuer les fréquences aux différents services de radiocommunication, l'espace des fréquences est divisé en plusieurs bandes de fréquences. La largeur des bandes de fréquences dépend du service concerné. Pour un service donné, cette largeur est déterminée par la « richesse » de l'information véhiculée : plus elle est riche, plus le canal doit être large. Le premier tableau d'allocation de fréquences a été présenté en 1912 par l'International Radiotelegraph Union (IRU) (Ndagijimana et Gaudaire 2013). Depuis 1947, c'est l'International Frequency Registration Board (IFRB) qui gère le spectre des fréquences radioélectriques au niveau international.

*Tableau 1 : Exemples d'attribution des fréquences et longueurs d'onde correspondantes (Ndagijimana et Gaudaire 2013)*

Service	Bande de fréquence	Longueur d'onde correspondante
<b>Emissions de radiodiffusion en Bande Frequency Modulation (FM)</b>	87,5 à 108 MégaHertz (MHz)	Entre 2,7 et 3,4 mètres (m)
<b>Emissions de télédiffusion en bande Ultra Hautes Fréquences (UHF)</b>	470 à 860 MHz	Entre 35 et 64 centimètres (cm)
<b>Téléphone mobile Global System for Mobile communications (GSM) 900</b>	876 à 960 MHz	Entre 31 et 34 cm
<b>Téléphonie mobile GSM 1800</b>	1 710 à 1880 MHz	Entre 16 et 17,5 cm

Chaque organisme national de gestion du spectre se réfère donc à ce tableau pour définir son propre tableau de répartition des bandes de fréquences, en fonction des priorités d'utilisation des fréquences. En France, il faut se référer au Tableau National de Répartition des Bandes de Fréquences (TNRBF). Il est élaboré et mis à jour par la Commission de Planification des Fréquences (CPF) de l'ANFR et est approuvé par arrêté du Premier ministre. Ce tableau est régulièrement mis à jour pour tenir compte des modifications apportées au Règlement des Radiocommunications (RR) par les conférences mondiales des radiocommunications de l'UIT, des décisions de la CE ou des modifications demandées par les affectataires. La dernière version en vigueur de ce tableau date de mars 2013 (ANF s.d.). Depuis cette date, l'ANFR a déjà adopté par arrêté

cinq modifications à ce tableau édition 2013. La dernière modification du TNRBF date du 20 mars 2015 (Lasvignes 2015).

#### ♦ *La densité de puissance*

La densité de puissance d'une onde représente **l'énergie transportée par l'onde en un lieu donné**. Elle s'exprime en watt par mètres carrés ( $W/m^2$ ) et est reliée au champ électrique et magnétique en ce lieu. En effet, la densité de puissance correspond au produit du niveau de champ électrique qui s'exprime en V/m par le niveau de champ magnétique qui s'exprime en A/m. Le niveau d'un champ correspond à la valeur de l'amplitude de ce champ. La densité de puissance décroît très rapidement avec la distance. Ainsi, à une distance de 10 m de l'émetteur, la densité de puissance est divisée par 100.

La densité de puissance dépend, en un point donné, de la configuration géographique et des caractéristiques de l'émetteur.

#### ♦ *La forme temporelle*

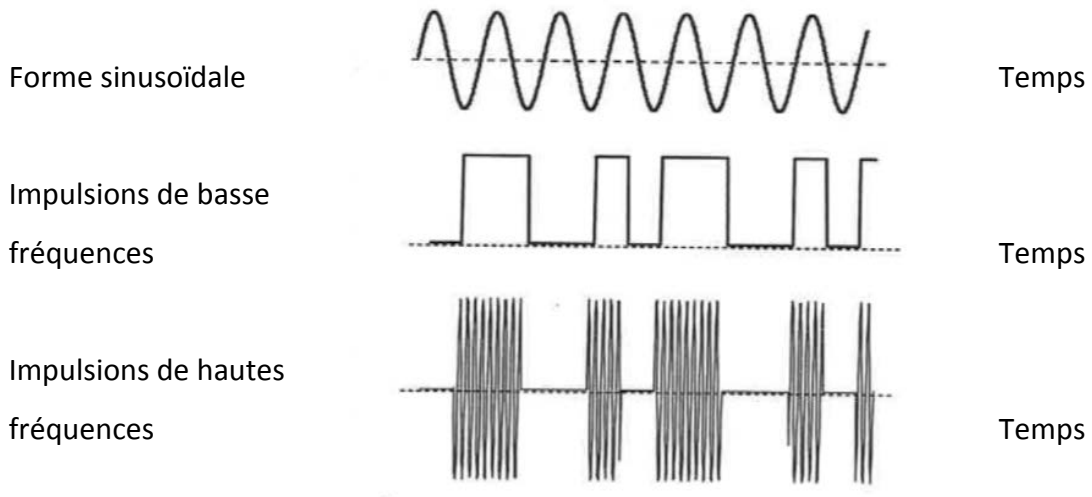
La forme temporelle d'une onde **dépend de l'information à transmettre**. Elle **est donnée par la puissance de l'émetteur**.

En d'autres termes, la puissance de l'émetteur peut être répartie dans le temps de différentes façons suivant les informations à transmettre et les ondes émises ont donc des formes temporelles dépendant de cette répartition.

On distingue :

- les ondes de forme sinusoïdale dites aussi ondes harmoniques qui sont par exemple utilisées comme ondes porteuses dans les applications de radiocommunications ;
- les impulsions basses fréquences utilisées dans les signaux numériques ;
- les impulsions hautes fréquences qui correspondent à la combinaison entre les deux formes précédentes.

Les ondes impulsionnelles sont utilisées dans les applications de radiocommunications modernes (téléphonie mobile, Wi-Fi, radar) dans lesquelles la transmission se fait par impulsions de durée et fréquences variables.

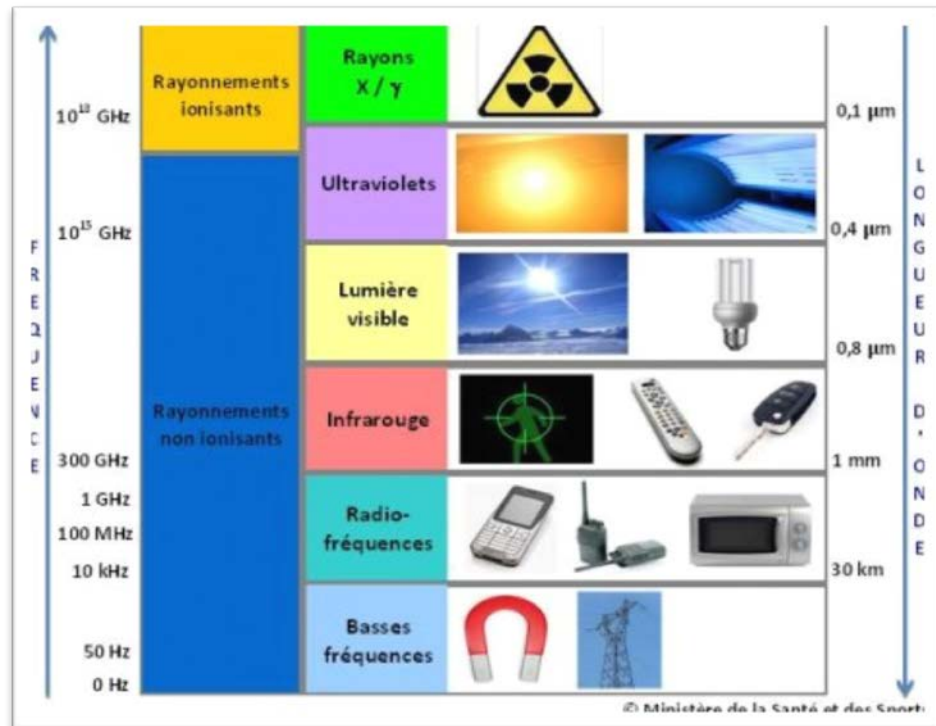


*Figure 3 : Exemples de formes temporelles d'onde (Ndagijimana et Gaudaire 2013)*

#### ◆ Les ondes ionisantes et non ionisantes

Parmi tous les champs électromagnétiques existant, on distingue les rayonnements ionisants et non ionisants.

Il est important de faire la différence entre ces deux différents types de rayonnement car l'un des deux est capable de transporter suffisamment d'énergie pour **provoquer des modifications des molécules de la matière vivante**. Il s'agit des **rayonnements ionisants**. Ainsi, certains rayonnements ultraviolets observés au delà de la couche d'ozone, les rayons X (utilisés pour l'imagerie médicale) mais également les rayons gamma font partie des rayonnements ionisants.



*Figure 4 : Le spectre électromagnétique (Ministère de la santé et des sports 2010)*

Il est important de rappeler que les champs électromagnétiques **non ionisants ne sont pas suffisamment énergétiques pour provoquer des modifications des molécules de la matière vivante par ionisation**. Cependant, il existe bien des interactions de ces champs non ionisants avec l'organisme vivant qui peuvent être de deux natures:

- circulation de courant électrique ;
- échauffement.

Parmi ces champs électromagnétiques non ionisants on distingue :

- les basses fréquences ;
- les radiofréquences ;
- les rayonnements infrarouges ;
- la lumière visible ;

- une partie des ultraviolets.

Les interactions de ces champs non ionisants avec l'organisme vivant dépendent de l'environnement, de la forme et des caractéristiques physico-chimiques de la matière rencontrée, de la fréquence et de la densité de puissance de l'onde électromagnétique.

#### ♦ *La propagation*

Les radiofréquences interagissent sur le corps humain à court terme. Pour comprendre comment elles peuvent interagir avec notre corps, il faut d'abord comprendre comment ces ondes se propagent dans les différents milieux.

Les ondes électromagnétiques se propagent dans l'air mais peuvent aussi **traverser les matériaux**. Au niveau de la paroi d'interface avec un obstacle, une partie de l'onde est réfléchi et une autre est transmise dans l'obstacle, dans des proportions qui dépendent des caractéristiques du matériau. Certains matériaux modifient l'amplitude du champ électrique (matériaux isolants) et d'autres celle du champ magnétique (matériaux ferromagnétiques ou ferrites). Seule la fréquence reste inchangée quelles que soient les conditions de propagation.

De plus, on observe une atténuation en amplitude due à la répartition de l'énergie dans l'espace à partir de la source. En effet, l'amplitude peut en plus être atténuée par les pertes caractéristiques du milieu de propagation. La phase de l'onde électromagnétique en un point dépend du rapport entre la distance parcourue depuis la source et la longueur d'onde.

Ainsi, l'amplitude de l'onde qui se propage dans l'air ou dans un matériau homogène diminue de façon inversement proportionnelle à la distance par rapport à l'antenne.

La réflexion et la transmission d'une onde électromagnétique dépendent donc des caractéristiques du matériau de l'obstacle et de celles de l'onde incidente. Le champ électrique de l'onde réfléchi est déterminé par un coefficient de réflexion qui dépend de l'angle d'incidence, de la polarisation de l'onde incidente et de la permittivité diélectrique



du matériau de l'obstacle. De la même façon, il existe un coefficient de transmission qui permet de déterminer le champ électrique transmis à travers l'obstacle.

Le tableau 2 donne des exemples de coefficients de réflexion et transmission pour une incidence normale pour différents matériaux de l'obstacle.

**Tableau 2 : Coefficient de réflexion et transmission de la puissance en fonction des paramètres de l'obstacle (Ndagijimana et Gaudaire 2013)**

Matériau	Air	Bois sec	Béton	Neige	Eau
<b>Permittivité diélectrique relative</b>	1	2	9	45	81
<b>Proportion de puissance réfléchi</b>	0 %	10 %	25 %	56 %	67 %
<b>Proportion de puissance transmise</b>	100 %	90 %	75 %	44 %	33 %

La traversée d'une épaisseur donnée de matériau conduit à des réflexions et transmissions successives aux interfaces entre l'air et le matériau. Par phénomène de réflexions multiples, une certaine quantité d'onde est « piégée » ou absorbée dans le matériau et n'est pas transmise à travers.

Les coefficients de réflexion et transmission peuvent être estimés par des mesures en laboratoire soit à partir de la mesure de la permittivité diélectrique du matériau dans le cas d'un matériau homogène, soit au moyen de bancs de mesure de champ incident, réfléchi et transmis autour d'un échantillon de matériau.

Les rayonnements électromagnétiques diffèrent selon la quantité d'énergie qu'ils transportent et leurs possibilités d'interactions avec la matière. Ils peuvent être décrits par deux modèles physiques complémentaires, soit comme un flux de particules, soit comme une onde électromagnétique.

### c. Utilisations

Maintenant que nous avons détaillé les différents types d'ondes, nous allons développer la notion de modulation d'une onde qui sert à adapter le signal à transmettre, la voix par exemple, à l'onde électromagnétique porteuse qui se propage jusqu'au récepteur. En d'autres termes, la transmission d'une information en utilisant une onde électromagnétique nécessite de modifier une ou plusieurs caractéristiques de l'onde, c'est l'étape de modulation, et de récupérer l'information en analysant ces modifications à la réception, c'est l'étape de démodulation.

#### ◆ *La modulation des ondes*

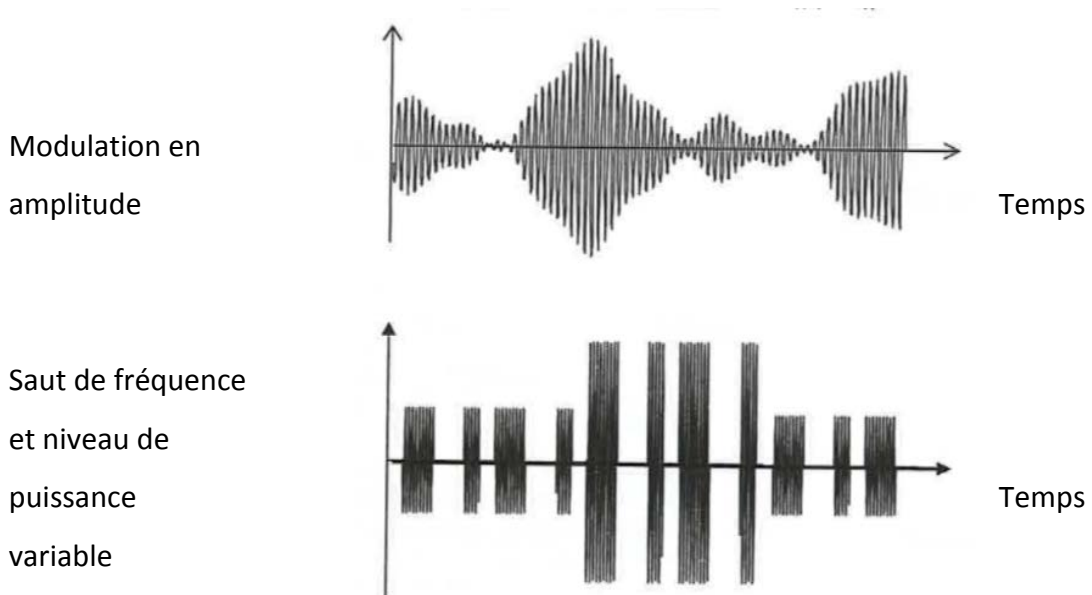
**La modulation des ondes consiste à modifier les paramètres physiques de l'onde porteuse au rythme du signal à transmettre.**

Les modulations utilisées dans les systèmes actuels de radiocommunications sont complexes et peuvent combiner l'utilisation d'impulsions, de rampes de puissances et de fréquences variables. Les premiers systèmes de transmission comme la télégraphique étaient plus simples. En effet, les impulsions étaient transmises par un signal électrique avec seulement deux états possibles : allumé ou éteint, ce qui correspond à une modulation de l'amplitude du signal. Par la suite, les transmissions radio ont évolué en utilisant des techniques de modulations de plus en plus élaborées. D'abord dédiées à des signaux analogiques, ces modulations se sont progressivement adaptées aux signaux numériques complexes.

Il existe deux grandes classes de modulation :

- la modulation analogique lorsque le signal d'information à transmettre est analogique. Le signal est transmis en faisant varier un des paramètres physiques de l'onde électromagnétique. Ce principe est par exemple utilisé en radiodiffusion analogique avec l'utilisation de la modulation de fréquence dans la bande de fréquence 87,5 à 108 MHz (« bande FM ») ;
- la modulation numérique lorsque le signal d'information à transmettre est numérique. Les données sont transmises sous forme de valeurs binaires. De nombreuses techniques de modulation numérique existent et sont développées en fonction des nouveaux signaux et applications de radiocommunications.

Dans les systèmes de radiocommunications, la fréquence et la puissance d'émission de l'onde électromagnétique nécessaires pour une bonne réception sont étroitement liées au type de modulation utilisé. En effet, certaines modulations sont moins sensibles que d'autres aux perturbations qui peuvent apparaître au cours de la propagation. Ces perturbations sont l'atténuation, les réflexions parasites, les interférences. Certaines modulations sont aussi plus efficaces en termes de débit d'informations transmises.



*Figure 5 : Exemples de modulation d'onde (Ndagijimana et Gaudaire 2013)*

♦ *Les différents champs électromagnétiques : leurs origines et utilisations*

Les ondes électromagnétiques sont soit d'origine naturelle, soit générées par l'activité industrielle. Dans ce cas, il s'agit d'ondes émises intentionnellement pour transmettre des informations correspondant à un service ou une application industrielle donnée ou d'ondes parasites émises par des équipements électriques. Il existe également des ondes électromagnétiques spécifiques utilisées dans des applications médicales comme la radiothérapie ou l'imagerie.

*Tableau 3 : Origine des ondes électromagnétiques (Ndagijimana et Gaudaire 2013)*

Naturelle		Liée à l'activité humaine	
<b>Foudre, orage</b>	<i>Décharge électrique de forte puissance dans l'air</i>	<b>Equipements industriels</b>	<i>Distribution électrique, lignes haute tension, transformateurs électriques, systèmes de chauffage, applications médicales...</i>
<b>Champ terrestre</b>	<i>Champ magnétique lié à la structure interne de la terre</i>	<b>Appareils domestiques</b>	<i>Moteurs électriques, régulateurs et transformateurs, équipements domestiques...</i>
		<b>Radiocommunications</b>	<i>Radiodiffusion, télédiffusion, téléphonie mobile, accès multimédia sans fil...</i>

Les champs électromagnétiques liés à l'activité humaine peuvent être considérés selon trois grands domaines de fréquences :

- les champs statiques (0 Hz) émis par exemple par l'aimant ;

- les champs de très basses fréquences (de 0 à 10 kHz environ) ;
- les radiofréquences (d'environ 10 kHz à 300 GHz) ;
- les infrarouges.

D'autres champs électromagnétiques existent comme la lumière visible, les ultraviolets, les rayons gamma et les rayons X. Tous ces champs sont eux d'origine naturelle. Par exemple, une partie des rayonnements ultraviolets sont issus du soleil et atteignent la terre sous forme de rayonnement de type ultraviolet (UV) UVA et UVB.

Les champs de très basses fréquences sont émis par les appareils électriques domestiques comme le sèche cheveu, le lave-linge ou encore le rasoir électrique et par les lignes à haute tension.

Les radiofréquences sont elles émises par les moyens de télécommunications comme le téléphone mobile, la box Wi-Fi ou le téléphone sans fil et le four micro-onde.

Les infrarouges sont eux produits par le chauffage, les détecteurs de mouvement ou bien encore les télécommandes.

Nous l'évoquons plus haut, certaines ondes électromagnétiques sont émises intentionnellement par des équipements de notre environnement. Tout appareil alimenté par l'électricité peut rayonner des champs électromagnétiques plus ou moins élevés en son voisinage. Les émissions rayonnées par un appareil sont limitées par les normes de compatibilité électromagnétique : un équipement ne doit pas émettre des champs électromagnétiques susceptibles de perturber d'autres appareils situés à proximité. Les sources de rayonnements électromagnétiques parasites dans notre environnement sont multiples car liées à l'utilisation d'appareils électriques ou d'applications domestiques. Parmi elles on peut citer :

- les écrans cathodiques de téléviseurs ;
- les dispositifs d'alimentation électrique (transformateurs, variateur, chargeur...) ;

- les appareils électrodomestiques (aspirateurs, sèche-cheveux, rasoirs électriques...);
- les systèmes de chauffage à induction ;
- les systèmes d'allumage dans les lampes fluo-compactes et Light-Emitting Diode (LED).

## 2. LES RADIOCOMMUNICATIONS ET RADIOFREQUENCES

Les radiofréquences sont utilisées depuis longtemps pour les applications de radiodiffusion et télédiffusion (réseau de diffusion de contenu). Aujourd'hui, la téléphonie mobile (réseau cellulaire) et les applications multimédia sans fil (système sans fil de moyennes et de courtes portées) les rendent plus présentes et proches des personnes. De nouvelles applications de radiocommunications sont en permanence développées. Elles utilisent ces radiofréquences associées à des systèmes de transmission de plus en plus complexes.

### *a. Historique des radiocommunications*

La radiocommunication regroupe toutes les transmissions, les émissions ou la réception de signes, de signaux, d'écrits, d'images, de sons ou de renseignements de toute nature, au moyen d'ondes électromagnétiques de fréquences inférieures à 3 000 GHz transmises dans l'espace.

Le développement des transmissions en radiofréquences s'est fait en plusieurs étapes. On se contentera de développer dans cette partie l'évolution des radiocommunications et non pas celle de la télédiffusion.

◆ Depuis toujours, les hommes ont voulu transmettre des informations à distance. A l'époque, l'utilisation d'instrument comme le tam-tam, les pigeons voyageurs ou les cloches ont permis de diffuser des informations de façon massive à des distances assez grandes. Par exemple, **Guillaume Amontons**, physicien et académicien français du 17<sup>ème</sup>

siècle, aurait réalisé en 1690 une expérience permettant de transmettre entre Meudon et Paris un message par le biais de signaux optiques émis de proche en proche. Le message émis par un poste était intercepté grâce à une longue vue par le poste suivant qui lui-même le transmettait au poste suivant. L'opération se répétait jusqu'au point d'arrivée. Chaque lettre de l'alphabet avait son signal dont la signification n'était connue que des postes extrêmes (Bastian s.d.).

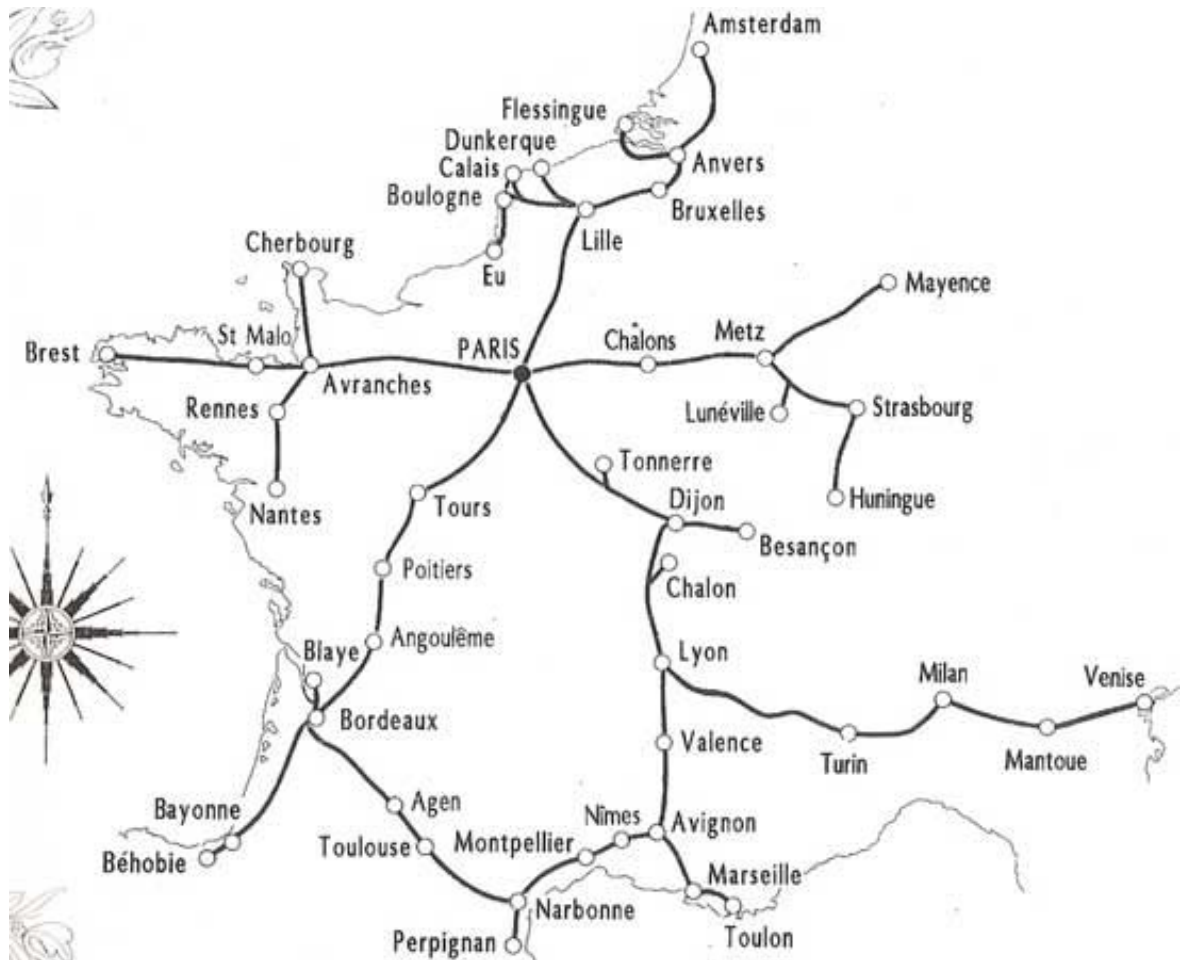
◆ En 1794, soit un siècle plus tard, le français **Claude Chappe** imagina le « **télégraphe aérien** ». Son invention se compose d'une tour, appelée « tour de Chappe », sur laquelle est placé un sémaphore. Ce dernier se présente sous la forme de bras mobiles en bois, dont la position indique des lettres alphabétiques. Le système Chappe, appelé aussi le télégraphe de Chappe, est contrôlé par deux manettes, et est mécaniquement simple. Chacun des deux bras montre sept positions, et le cross bar reliant les deux bras a quatre angles différents, pour un total donc de 196 symboles ( $7 \times 7 \times 4$ ) (Ollivier 2006).



*Figure 6 : Le télégraphe de Chappe (Office de Tourisme d'Écouen s.d.)*

En 1844, 534 tours quadrillaient le territoire français reliant ainsi sur plus de 5 000 km les 29 plus importantes agglomérations (Liander 2013).





*Figure 7 : Carte du réseau de télégraphe de Chappe en France en 1844 (Chenot s.d.)*

Au fil des années, la **transmission de messages à distance se fit via un câble électrique.**

◆ Le 24 mai 1844, **Samuel Morse**, peintre américain, et son assistant **Ernest Vail** transmettent le premier message télégraphique, envoyé depuis Washington pour atteindre la ville de Baltimore située à plus de 600 km au Nord, par le biais d'un câble électrique.

Ils n'ont pas inventé le télégraphe, dont le premier model remonte à Claude Chappe. Ils n'ont pas non plus inventé le télégraphe électrique dont l'idée était dans l'air depuis longtemps et dont plusieurs procédés fonctionnaient déjà en 1830 en Angleterre (Gaston-Breton 2011). Leur véritable découverte consiste à avoir utilisé une machine simple,

pratique, efficace et facile à mettre en œuvre, mais aussi et surtout un langage : le **code Morse**.



*Figure 8 : Le télégraphe électrique (Nanteuil 2012)*

Dans le système du télégraphe, l'opérateur appuie sur le bouton plus ou moins longtemps selon le code de transmission. Dans le code du Morse par exemple, chaque lettre de l'alphabet et chaque chiffre sont composés d'une succession d'impulsions courtes et longues. Le récepteur transcrit les impulsions reçues sur le papier. La transmission se fait par un câble si on utilise une pile ou une batterie comme générateur.

◆ En 1864, les hommes ont réellement « découvert » les ondes électromagnétiques grâce à **James Clerk Maxwell**. Il a démontré, par le biais de la publication des équations qui porte son nom, que les **champs électrique et magnétique se propagent dans l'air à la vitesse de la lumière sous la forme d'une onde électromagnétique**. S'il a pu aboutir à ces équations, c'est grâce aussi à deux hommes : **Faraday et Ampère**.

En effet, à l'époque, on s'intéressait beaucoup aux phénomènes électriques et magnétiques. Ainsi, Ampère remarqua qu'un courant électrique qui circule dans un fil dévie l'aiguille d'une boussole située à proximité. Ce qui signifiait qu'un champ magnétique avait donc été créé. De même, Faraday découvrit qu'un courant électrique circule dans un fil métallique refermé en boucle quand un aimant est approché ou éloigné de cette boucle. La variation du champ magnétique créé par l'aimant a induit un champ électrique responsable du courant circulant dans la boucle.

Maxwell est parvenu lui à unifier ces diverses relations entre champs magnétique et électrique sous la forme d'un ensemble d'équations : les équations Maxwell (CNRS s.d.).



*Figure 9 : James Clerk Maxwell (James Clerk Maxwell Foundation s.d.)*

◆ En 1876, le britannique **Alexander Graham Bell**, scientifique et ingénieur dépose le brevet de l'invention du **téléphone fixe**. Son principe de fonctionnement était le suivant : une plaquette métallique fixée à une membrane était actionnée par la voix et vibrait devant un électro-aimant. Ces vibrations permettaient de produire un courant électrique variable. Grâce à un câble électrique, le courant électrique pouvait être transporté et la parole devenait alors transmissible.

A l'autre extrémité du câble, au niveau du récepteur, un dispositif identique au premier permettait de reproduire la voix.



*Figure 10 : Alexander Graham Bell (Hochfelder 2015)*

◆ La théorie de l'électromagnétisme de Maxwell a été confirmée en 1887 grâce à **Heinrich Rudolf Hertz**. Il construit un circuit reliant deux boules métalliques entre elles capable de produire une charge oscillante constante.

A chaque fois que la charge atteignait une valeur maximale, une étincelle passait d'une sphère à l'autre. Il se posa la question de savoir si, au passage d'une étincelle d'un point à l'autre, des ondes de radiation invisibles peuvent se déplacer dans son laboratoire. Pour vérifier cette idée, Hertz construit un arc en fil ouvert en un point qu'il déplaça à différents endroits de son laboratoire. Il constata qu'il pouvait détecter les rayons grâce à une petite étincelle qui traversait l'ouverture de l'arc. Il put aussi représenter l'intensité et la forme du rayon en examinant le changement d'intensité de l'étincelle en fonction de sa position (Thomasset 2011).

Il ouvrit ainsi la voie à la **télégraphie sans fil par ondes hertziennes**.



*Figure 11 : Circuit de Heinrich Rudolf Hertz (SPARK Museum of Electrical Invention. s.d.)*

- ◆ En 1898, le croate **Nikola Tesla** déposa les brevets du premier **système radio** viable.
- ◆ En 1901, **Guglielmo Marconi** réalisa la première **liaison transatlantique sans fil** entre Terre-Neuve et les Cornouailles.

Historiquement, la radiodiffusion puis la télédiffusion constituaient les premières applications des ondes électromagnétiques destinées au grand public, avec l'installation progressive d'émetteurs depuis le milieu du vingtième siècle.

#### *b. Les utilisations actuelles*

Intéressons-nous ici au **téléphone mobile** dont le marché est en forte évolution au niveau mondial depuis les années 1990.

En France, il existe actuellement trois systèmes :

- le système GSM dit le système de deuxième génération (2G) ;

- le système UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) dit de troisième génération (3G) ;
- le système LTE (Long Term Evolution) dit de quatrième génération (4G) qui constitue l'évolution de ces deux réseaux cellulaires.

Si le GSM a pour objet de transmettre de la voix et des textes courts de type SMS (Short Message Service), l'UMTS permet de nouvelles applications, en particulier un transfert rapide d'images, sons et vidéos. La LTE permet quant à elle d'accéder à des débits 50 fois supérieurs à celui de la 3G facilitant ainsi les téléchargements de fichiers volumineux et la création de nouveaux services comme la visiophonie, la télévision et la vidéo à la demande.

*c. Exposition de la population aux radiocommunications*

◆ *Différentes configurations d'exposition*

Comme nous le disions précédemment, l'exposition aux champs électromagnétiques n'a rien d'un phénomène nouveau. Cependant, au cours du XX<sup>ème</sup> siècle, l'exposition environnementale aux champs électromagnétiques générés par l'activité humaine a augmenté régulièrement, parallèlement à la demande d'énergie électrique et les progrès ininterrompus de la technique de même que l'évolution des mœurs ont conduit à la création de sources de plus en plus nombreuses.

Même en l'absence de tout champ électrique extérieur, notre corps est le siège de micro courants dus aux réactions chimiques qui correspondent aux fonctions normales de l'organisme. Par exemple, certains signaux sont relayés par les nerfs sous la forme d'impulsions électriques. Le cœur lui-même est le siège d'une activité électrique que l'on peut suivre sur un électrocardiogramme.

Chacun de nous est exposé à un ensemble complexe de champs électriques et magnétiques de faible intensité, tant à la maison que sur le lieu de travail, dont les sources vont de la production, du transport de l'électricité pour alimenter les appareils ménagers et les équipements industriels, aux télécommunications et aux émissions radiotélévisées.

De nombreux émetteurs d'ondes électromagnétiques sont présents dans notre environnement. Dans le domaine des radiofréquences, il est important de distinguer les ondes émises volontairement dans le cadre d'un service ou d'une application comme la radiodiffusion, la télédiffusion, la téléphonie mobile ou la transmission d'informations par liaisons sans fil et les rayonnements parasites émis de façon involontaire par les équipements électriques : moteurs, alimentations électriques... En effet, s'il est possible de limiter par des blindages appropriés le niveau de ces derniers, il apparaît difficile, sauf en supprimant ou en dégradant le service associé, de réduire les ondes électromagnétiques émises par les émetteurs de radiodiffusion ou de téléphonie mobile.

Nous avons répertorié dans les tableaux ci-dessous les valeurs caractéristiques de l'intensité du champ électrique et magnétique mesurées à proximité d'appareils ménagers.

*Tableau 4 : Valeurs caractéristiques de l'intensité du champ électrique mesurées à 30 cm de distance d'appareils ménagers (OMS s.d.)*

<b>Appareil électrique</b>	<b>Intensité du champ électrique (V/m)</b>
<b>Récepteur stéréo</b>	180
<b>Fer à repasser</b>	120
<b>Réfrigérateur</b>	120
<b>Mixeur</b>	100
<b>Grille-pain</b>	80
<b>Sèche-cheveux</b>	80
<b>Télévision couleur</b>	60
<b>Machine à café</b>	60
<b>Aspirateur</b>	50
<b>Four électrique</b>	8
<b>Ampoule électrique</b>	5
<b>Valeur limite recommandée</b>	<b>5000</b>



**Tableau 5 : Valeurs caractéristiques de l'intensité du champ électrique mesurées à 30 cm de distance d'appareils ménagers (OMS s.d.)**

Appareil	A 3 cm ( $\mu\text{T}$ )	A 30 cm ( $\mu\text{T}$ )	A 1 m ( $\mu\text{T}$ )
Sèche-cheveux	6-2000*	0,01-7	0,01-0,03
Rasoir électrique	15-1500*	0,08-9	0,01-0,03
Aspirateur	200-800	2-20*	0,13-2
Four microondes	73-23	4-8*	0,25-0,6
Four électrique	1-50	0,15-0,5*	0,01-0,04
Lave-linge	0,8-50	0,15-3*	0,01-0,15
Fer à repasser	8-30	0,12-0,3*	0,01-0,03
Lave-vaisselle	3,5-20	0,6-3*	0,07-0,3
Ordinateur	0,5-30	<0,01*	
Réfrigérateur	0,5-1,7	0,01-0,25*	<0,01

\*Cela correspond à la distance normale d'utilisation.

Le tableau 5 met en lumière deux points importants : tout d'abord que dans tous les cas le champ magnétique produit par les appareils ménagers décroît rapidement lorsqu'on s'en éloigne et qu'ensuite, la plupart de ces appareils ne sont pas utilisés à proximité immédiate du corps. A une distance de 30 cm, le champ magnétique autour de la plupart des appareils ne dépasse pas le centième de la valeur limite de 100  $\mu\text{T}$  à la fréquence de 50 Hz recommandée par la Commission Internationale de Protection contre les Rayonnements Non Ionisants (CIPRNI) pour la population générale.

Toutes ces ondes électromagnétiques présentes dans notre environnement génèrent différentes configurations d'exposition en fonction de la position de la personne ou d'une population, des caractéristiques du ou des émetteur(s) prépondérant(s), des puissances d'émission et des distances entre les émetteurs et les personnes.

Par exemple, un émetteur de radiodiffusion de forte puissance situé à 3 km peut générer un niveau d'exposition plus élevé dans un logement que l'émetteur Wi-Fi présent dans la pièce et dont la puissance d'émission est incomparablement plus faible.

Ces différentes configurations d'exposition du public sont à mettre en regard de la physique de la propagation des ondes autour d'un émetteur.

Ainsi, il existe deux différentes configurations d'exposition :

- zone de champ proche ;
- zone de champ lointain.

Prenons le cas d'une antenne directive, qui rayonne dans une direction donnée, de station de base UMTS installée sur un pylône.

Le caractère ondulatoire à proprement parler de la propagation des champs électromagnétiques n'apparaît qu'au-delà d'une certaine distance de cette antenne. Cette distance définit deux zones distinctes autour de l'antenne: la zone de champ proche et la zone de champ lointain.

Cette distance frontière entre la zone de champ proche et la zone de champ lointain dépend de la longueur d'onde ou de la fréquence de l'onde électromagnétique émise et des dimensions de l'antenne:

$$\text{Frontière}_{\text{champ proche/champ lointain}} \approx \lambda^2 / 2A$$

où

$\lambda$  : est la longueur d'onde

$A$  : la plus grande dimension de l'antenne

A titre indicatif, le tableau 6 donne quelques valeurs de ces distances frontières entre la zone de champ proche et la zone de champ lointain.

**Tableau 6 : Exemples de valeurs de ces distances frontières entre la zone de champ proche et la zone de champ lointain (Ndagijimana et Gaudaire 2013)**

Antenne de radiodiffusion FM	20 m
Antenne de station de base GSM 900	6 cm
Antenne de Wi-Fi (borne d'accès ou PC)	1 cm

Dans la zone de champ lointain, l'onde électromagnétique est dite « formée » et se propage selon des phénomènes ondulatoires classiques, que l'on peut modéliser par exemple en une somme d'ondes planes.

L'intensité du champ électrique et l'intensité du champ magnétique sont liées entre elles par une relation simple. Ainsi, il suffit de connaître l'un des deux niveaux de champs pour en déduire l'autre.

**Tableau 7 : Décroissance du niveau de champ électrique en fonction de la distance de propagation (Ndagijimana et Gaudaire 2013)**

à 1 m de l'antenne	10 V/m
à 10 m de l'antenne	1 V/m
à 100 m de l'antenne	0,1 V/m
à 1 km de l'antenne	0,001 V/m

Au contraire, dans la zone de champ proche, à proximité de l'émetteur radioélectrique l'onde électromagnétique n'est pas « formée ». Les champs électrique et magnétique sont indépendants l'un de l'autre et leurs niveaux décroissent en fonction de la proximité

de l'émetteur. Dans cette zone la physique de la propagation des champs est plus délicate à appréhender.

Il apparaît donc que compte tenu de la directivité de l'antenne, le niveau de champ électromagnétique rayonné est plus faible au pied du pylône, sous l'antenne qu'à une distance plus grande du pylône.

Dans les problématiques d'exposition aux ondes électromagnétiques qui nous intéressent ici, ces zones correspondent à deux configurations distinctes :

- zone de champ proche : lorsqu'une personne est proche de l'émetteur. Cela concerne les équipements mobiles c'est-à-dire le téléphone mobile, le Wi-Fi...
- zone de champ lointain : cela concerne l'exposition générale des personnes aux émetteurs présents dans l'environnement.

#### ◆ *Caractérisation de l'exposition et calcul du Débit d'Absorption Spécifique (DAS)*

On peut caractériser l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques de deux manières différentes :

- lorsque la source est éloignée de la personne, l'ensemble du corps est exposé (exposition « corps entier ») et l'exposition est caractérisée au moyen de méthodes de simulation ou par la mesure *in situ* de l'intensité du champ électrique ou magnétique auquel la personne est soumise ;
- lorsque la source est proche de la personne, seule une partie du corps est exposée (exposition « local »). La répartition des champs électromagnétiques est complexe et ne peut pas être décrite par des méthodes simples. L'exposition est caractérisée par la puissance absorbée par les tissus les plus proches de la source, le Débit d'Absorption Spécifique (DAS) en watts par kilogramme (W/kg). A titre d'information, en France, un téléphone doit disposer d'un indice DAS n'excédant pas 2 W/kg,

En effet, dans le domaine des radiofréquences, le paramètre dosimétrique de référence qui permet de quantifier la dissipation d'énergie dans la matière vivante est le DAS.

Le débit d'absorption spécifique est la puissance absorbée par unité de masse de tissus et s'exprime en W/Kg.

Compte tenu de la variabilité des interactions du champ électromagnétique avec la matière, la valeur du DAS dépend de la taille du sujet ou de l'échantillon biologique, de son orientation par rapport aux champs électromagnétiques, des paramètres physico-chimiques du milieu (conductivité, permittivité diélectrique), des caractéristiques d'émission et des facteurs environnementaux. Le DAS peut être évalué soit par la mesure en laboratoire sur des modèles, soit par le calcul numérique.

Les **phénomènes biologiques** pris en compte pour prévenir des effets sanitaires dépendent de l'interaction des ondes avec la matière à la fréquence considérée. Il s'exprime différemment en fonction du type de champ (champ électrique ou champ magnétique) et de sa fréquence :

- jusqu'à une fréquence d'environ 100 kHz, il s'agit des courants électriques et magnétiques qui peuvent entraîner la stimulation de tissus excitables comme le système nerveux et les muscles ;
- au-dessus de 10 MHz, l'absorption des radiofréquences devient prédominante et l'échauffement des tissus est le **phénomène biologique essentiel** ;
- aux fréquences intermédiaires, entre 100 kHz et 10 Mhz, les deux phénomènes coexistent.

L'observation d'un effet biologique, *a fortiori* en condition expérimentale, ne signifie pas forcément qu'il entraîne un dommage et encore moins qu'il se traduise par un effet sur la santé. Le corps est soumis en permanence à un ensemble de *stimuli* internes et externes. Ces *stimuli* peuvent éventuellement entraîner des réactions biologiques d'adaptation qui

ont un impact sur les cellules, le fonctionnement des organes et la santé. Un impact sur la santé n'intervient que lorsque des effets biologiques nocifs entraînés par une agression ne sont plus maîtrisés par le corps. Cela peut se produire de manière aiguë ou dans certains cas à plus long terme, à la suite d'agressions répétées, comme c'est le cas par exemple pour les rayonnements ionisants.

Concernant les radiofréquences, on distingue les **effets thermiques** des **effets dits « non thermiques »** :

- Les effets thermiques désignent les effets biologiques qui peuvent être mis en évidence sur des modèles de cultures cellulaires, animaux ou humains, lorsque l'on observe une augmentation de température des cellules ou des tissus consécutivement à une exposition aux radiofréquences. Ce sont des effets qui concernent la partie haute des radiofréquences, c'est-à-dire au-dessus de 100 kHz et surtout à partir de 10 MHz. Ces effets thermiques sont utilisés dans certaines applications médicales des radiofréquences ;
- Les effets non thermiques apparaîtraient à des niveaux d'exposition nettement plus faibles que ceux produisant un échauffement et résulteraient d'une interaction directe avec les tissus. Dans le cas expérimental où des cultures cellulaires sont exposées aux radiofréquences, il est question d'effets non thermique lorsqu'aucune élévation de température ne peut être mesurée. Les effets non thermiques sont difficilement caractérisables et sont au cœur des préoccupations actuelles (GEST 2009).

L'effet thermique est caractérisé par une augmentation de la température des tissus et résulte de la forte teneur en eau de la matière vivante. En effet, en raison de leur caractère « polarisé », les molécules d'eau soumises à un champ électrique oscillant ont tendance à suivre l'orientation de ce champ, ce qui produit des frottements intermoléculaires et donc une élévation de température. Des études expérimentales ont permis de définir que le seuil d'apparition d'un effet thermique correspond à une hausse de un degré de la température corporelle chez l'homme, c'est-à-dire un DAS de 4 W/kg

(Afsset 2009). Au-dessous de cette valeur, le système de thermorégulation de l'organisme exposé est capable de maintenir la température corporelle, car la vascularisation des tissus biologiques permet l'évacuation de la chaleur.

# ETAT DES LIEUX DES CONNAISSANCES SUR LA TOXICITE DES RADIOFREQUENCES

---

Nous développerons dans cette partie les effets potentiellement liés aux radiofréquences comprises entre 8,3 kHz et 6 GHz mais plus particulièrement ceux liés à la téléphonie mobile.

Les effets sanitaires potentiels des radiofréquences seront évalués, qu'ils soient non cancérogènes (effets sur le cerveau, le développement fœtal ou le sommeil par exemple) ou cancérogènes.

Depuis la fin des années 1990, suite à l'utilisation grandissante des téléphones portables, plusieurs groupes d'experts ont entrepris des recherches sur les possibles effets néfastes des radiofréquences sur la santé.

Les résultats de ces différentes études seront détaillés dans cette partie.

## 1. EVALUATION DU NIVEAU DE PREUVE

Pour chaque effet analysé, les éléments de preuve en faveur de l'existence de l'effet étudié issus des études sur des modèles biologiques d'une part et ceux issus des études cliniques ou épidémiologiques d'autre part, seront évalués comme : « suffisants », « limités » ou « insuffisants », ou encore « en faveur d'une absence d'effet ».

Cette classification est fortement inspirée de celle adoptée par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) pour étudier la cancérogénicité d'un agent (OMS 2015).

Le CIRC est une agence de recherche sur le cancer de l'OMS, basée à Lyon. Ses missions sont de coordonner et de mener des recherches sur les causes du cancer chez l'être humain, sur les mécanismes de la cancérogenèse et d'élaborer des stratégies scientifiques de lutte contre le cancer. Dans ce cadre, il identifie les facteurs



environnementaux et professionnels susceptibles d'accroître le risque de cancer chez l'homme en les classifiant.

Le CIRC a défini 4 groupes (de 1 à 4) correspondant à des degrés d'indication de cancérogénicité pour l'être humain. Le deuxième est subdivisé en groupes 2A et 2B.

Ces groupes sont les suivants (OMS 2015):

Groupe 1 : agent cancérogène (parfois appelé cancérogène avéré ou cancérogène certain),

Groupe 2A : agent probablement cancérogène,

Groupe 2B : agent peut-être cancérogène (parfois appelé cancérogène possible),

Groupe 3 : agent inclassable quant à sa cancérogénicité,

Groupe 4 : agent probablement pas cancérogène.

En 2011, le CIRC a classé les champs électromagnétiques de radiofréquences comme « peut-être cancérogènes pour l'homme » (groupe 2B). Ce classement a été établi suite à des études épidémiologiques, sur la base d'un risque accru de gliome (un type de cancer malin du cerveau) associé à l'utilisation du téléphone sans fil.

*a. L'effet avéré chez l'homme*

Cette catégorie sera utilisée lorsque l'on disposera de suffisamment d'**éléments de preuves en faveur de l'existence d'effets** étudiés dans les études épidémiologiques ou cliniques. Exceptionnellement, un effet pourra être classé dans cette catégorie lorsque les éléments de preuve dans les études épidémiologiques ou cliniques ne seront pas tout à fait suffisants, mais qu'il existera des éléments de preuves suffisants de l'existence de l'effet étudié chez l'animal de laboratoire et de fortes présomptions que les radiofréquences agissent suivant un mécanisme reconnu.

b. L'effet probable ou possible chez l'homme

Cette catégorie comprendra les effets considérés pour lesquels, au *maximum*, des **éléments de preuve presque suffisants** en faveur de l'existence de l'effet étudié seront observés dans les études épidémiologiques ou cliniques et, au *minimum*, on ne disposera d'aucune étude épidémiologique ou clinique mais des **éléments de preuve suffisants en faveur de l'existence de l'effet étudié chez l'animal** de laboratoire seront disponibles. Les dits effets seront classés soit dans la catégorie **effet probable chez l'Homme**, soit dans la catégorie **effet possible chez l'Homme** sur la base d'**indications épidémiologiques et expérimentales, de données mécanistiques et d'autres renseignements pertinents**.

c. L'effet pour lequel le niveau de preuve est insuffisant pour conclure à son existence chez l'homme

Cette catégorie comprendra essentiellement les effets étudiés pour lesquels les éléments de preuve en faveur de l'existence de l'effet étudié seront **insuffisants dans les études épidémiologiques ou cliniques et insuffisants ou limites chez l'animal de laboratoire**.

Exceptionnellement, les effets étudiés pour lesquels les éléments de preuve seront insuffisants dans les études épidémiologiques ou cliniques, mais suffisants chez l'animal de laboratoire pourront être classés dans cette catégorie lorsqu'il existera de fortes présomptions que le mécanisme d'action chez l'animal de laboratoire ne fonctionne pas chez l'Homme.

On classera aussi dans cette catégorie les effets qui ne correspondent à aucune des autres catégories.

Une évaluation dans cette catégorie n'est pas un constat d'absence d'effet ou de sûreté globale. Cela signifie souvent que davantage de recherches sont nécessaires.

d. Probablement pas d'effet chez l'homme

Relèveront de cette catégorie les effets étudiés pour lesquels on disposera d'éléments de preuve suggérant une **absence d'effet** dans les études épidémiologiques ou cliniques, ainsi que chez l'animal de laboratoire, pour un grand nombre de conditions ou de scénarios d'exposition.

Dans certains cas, pourront être classés dans ce groupe des effets pour lesquels les éléments de preuve en faveur de l'existence de l'effet étudié dans les études épidémiologiques ou cliniques sont insuffisants, mais pour lesquels on disposera d'éléments de preuve suggérant une absence d'effet chez l'animal de laboratoire, constamment et fortement corroborés par une large gamme de données mécanistiques et d'autres données pertinentes.

**Tableau 8 : Évaluation du niveau de preuve pour un effet donné en fonction des éléments de preuve en faveur de l'existence de l'effet chez l'Homme et chez l'animal**

*Éléments de preuve de l'existence de l'effet étudié chez des modèles*

		Suffisants	Limités	Insuffisants	Absence d'effets
<i>Éléments de preuve de l'existence de <u>l'effet étudié chez l'Homme</u></i>	Suffisants	Effet avéré pour l'Homme			
	Limités	Effet probable pour l'Homme	Effet possible pour l'Homme		
	Insuffisants	Effet possible chez l'homme			
	Absence d'effets		Niveau de preuve insuffisant pour conclure à un effet		Probablement pas d'effet chez l'Homme

Dans les études *in vitro* ou *in vivo* analysées qui seront exposées dans cette partie, des effets biologiques ont été observés suite à une exposition aux radiofréquences. Il faut bien différencier un effet biologique et un effet sanitaire.

Les **effets biologiques** sont des changements d'ordre biochimique, physiologique ou comportemental qui sont induits dans une cellule, un tissu ou un organisme en réponse à une stimulation extérieure. Un effet biologique, habituellement réversible, se situe dans les limites de la régulation interne de l'organisme (homéostasie).

L'observation d'un effet biologique, *a fortiori* en conditions expérimentales, ne signifie pas forcément qu'il entraîne un dommage et encore moins qu'il se traduise par un effet sur la santé. Le corps humain est soumis en permanence à un ensemble de *stimuli*

internes et externes et un effet biologique peut manifester simplement la réponse adaptative normale de la cellule, du tissu ou de l'organisme à cette stimulation.

Un **effet sanitaire** n'intervient que lorsque les effets biologiques dépassent les limites d'adaptation du système biologique considéré. Il sort du cadre des réponses adaptatives physiologiques, de l'homéostasie, sous l'action de l'agent extérieur.

## 2. DONNEES TOXICOLOGIQUES

Les radiofréquences constituent un objet de préoccupations sanitaires et environnementales. C'est la raison pour laquelle de nombreuses études visant à déterminer leur potentiel toxicologique sont menées et discutées.

Depuis 2003, la France, publie tous les trois ou quatre ans un rapport qui évalue les résultats scientifiques récents sur les risques sanitaires liés aux champs électromagnétiques. Ainsi, l'expertise collective relative aux effets sanitaires potentiels liés à l'exposition aux radiofréquences est régulièrement mise à jour. Dans le dernier rapport émis par l'Anses en octobre 2013, la veille bibliographique a été réalisée sur la période du 1<sup>er</sup> avril 2009 au 31 décembre 2012.

En Europe aussi ce travail de veille permanente sur les nouveaux travaux scientifiques est réalisé. En effet, un rapport européen sur les effets sanitaires potentiels de l'exposition aux champs électromagnétiques a été rendu public le 20 janvier dernier (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks 2015). Il a été élaboré par le Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR).

Nous synthétiserons ici les résultats de ces expertises collectives mais aussi, d'autres études parues plus récemment.

α. Effets non cancérogènes sur le Système Nerveux Central (SNC)

◆ **Le sommeil**

Les **troubles du sommeil** sont parmi les symptômes les plus fréquemment attribués à une exposition aux radiofréquences par les riverains des stations de base de téléphonie mobile et par les personnes se plaignant d'hypersensibilité aux ondes électromagnétiques. Cependant, la preuve d'une relation de causalité entre l'exposition aux radiofréquences et ces troubles est difficile à établir car ces derniers sont très fréquents et d'origine multifactorielle. Souvent associés à une maladie organique, à une dépression ou à de l'anxiété, ils peuvent également être liés à un événement déstabilisant ou à un environnement défavorable (comme le bruit par exemple).

Une récente étude parue en 2012 a montré **une augmentation du nombre de périodes de sommeil paradoxal chez des jeunes rats** (Pelletier, et al. 2013).

Le sommeil est constitué d'une succession de cycles, d'une durée moyenne de 90 minutes, composés chacun de phases de sommeil : le sommeil lent et le sommeil paradoxal.

Le sommeil paradoxal est celui que l'on associe aux rêves dans lequel le dormeur est très difficile à réveiller. L'activité cérébrale est alors intense et assez proche de celle de l'éveil. On observe des mouvements oculaires très rapides. Paradoxalement (d'où son nom) le corps est complètement inerte, avec une paralysie des muscles qui contraste avec l'intensité de l'activité cérébrale.

L'augmentation du nombre de périodes de sommeil paradoxal chez les jeunes rats exposés aux champs électromagnétiques *versus* ceux qui ne l'étaient pas, a d'ailleurs pu être constatée grâce à ces très rapides mouvements oculaires.

En conclusion, les éléments de preuve en faveur de l'existence de l'effet étudié fournis par la seule étude *in vivo* disponible sont, à ce jour, très **limités** pour laisser penser qu'il existe un effet des radiofréquences sur le sommeil **chez l'animal** et ne permettent pas de faire une évaluation définitive.

**Chez l'Homme**, les 4 études réalisées en **population générale** ne montrent pas d'effet de l'exposition aux radiofréquences sur la qualité du sommeil à court ou moyen terme (1 an), pour des niveaux d'exposition habituellement rencontrés dans l'environnement (Mohler, Frei, et al., Effects of everyday radiofrequency electromagnetic-field exposure on sleep quality: a cross-sectional study 2010) (Mohler, Frei, et al., Exposure to radiofrequency electromagnetic fields and sleep quality: A prospective cohort study 2012) (Heinrich, et al. 2010) (H. Danker-Hopfe, et al. 2010). Toutefois, ces études en population ne permettent pas une analyse fine du sommeil, contrairement aux études en laboratoires.

Chez l'Homme, l'analyse spectrale de l'électroencéphalogramme (EEG) chez des sujets éveillés ou en état de sommeil, a montré des résultats suffisamment nombreux et cohérents pour mériter une attention particulière. Ainsi, chez le jeune adulte éveillé au repos, l'analyse spectrale a permis de mettre en évidence une augmentation de la puissance du rythme EEG alpha liée à une exposition aiguë à un signal GSM 900 MHz (Ghosn, et al. 2014).

L'EEG trace l'activité électrique des cellules nerveuses du cortex sur le cuir chevelu. Il se compose de bandes distinctes définies par la fréquence des ondes. Les bandes à basse fréquence (8 à 12 Hz), appelées bandes alpha, s'observent mieux dans la zone pariéto-occipitale. Le rythme alpha apparaît dans l'EEG lorsque le sujet est éveillé mais calme et qu'il a les yeux fermés.

L'exposition aiguë à un signal de type GSM 900 MHz n'a cependant probablement pas d'effet sur la macrostructure électrique du sommeil nocturne.

En revanche des chercheurs ont constaté chez des hommes endormis des diminutions significatives de la durée du sommeil de stade 2 (Loughran, et al. 2012) (Schmid, et al. 2012) et des augmentations de la durée du sommeil paradoxal dans le 3<sup>ème</sup> quart de la nuit (H. Danker-Hopfe, et al. 2011).

Chez l'Homme, le niveau de preuve est donc **suffisant** pour mettre en évidence une augmentation de la puissance spectrale de l'EEG dans la fréquence des fuseaux de sommeil (moments d'activité cérébrale intensive visibles à l'EEG durant le deuxième stade du sommeil lent léger) car cet effet est reproductible. En revanche, le mécanisme explicatif n'est pas connu à ce jour et nécessite d'être encore investigué.

Toutes ces modifications physiologiques ne s'accompagnent pas de modifications subjectives du sommeil, ni de perturbations des tâches cognitives. **Ceci suggère donc qu'il s'agit vraisemblablement d'un effet sans conséquences pathologiques à court terme.**

#### ◆ *Les autres effets étudiés*

Le niveau de preuve est jugé **insuffisant** pour retenir l'existence d'un effet d'une exposition aiguë aux radiofréquences sur le métabolisme énergétique et le débit sanguin du cerveau, sur les fonctions cognitives, sur l'audition et sur les maladies neurologiques (sclérose en plaque, épilepsie).

L'équipe d'Arendash s'est intéressée à la **maladie d'Alzheimer** dans un modèle de souris transgénique (Arendash, Sanchez-Ramos, et al. 2010) (Arendash, Mori, et al. 2012). Leurs travaux sur des souris normales et transgéniques portant une mutation humaine d'un ou de 2 gènes impliqués dans les formes familiales de la maladie d'Alzheimer semble montrer un effet bénéfique d'une exposition prolongée aux radiofréquences, comparables à celles auxquels nous sommes exposés, sur divers marqueurs de la pathologie (stress oxydant, dysfonction de la mitochondrie, agrégation du peptide A $\beta$ ) qui seraient responsables de l'amélioration des performances cognitives et de la mémoire des souris âgées porteuses des transgènes impliqués dans certaines formes familiales de la maladie d'Alzheimer.

Cependant, publiés par une seule équipe, ces résultats doivent être confirmés par d'autres groupes de recherche indépendants et dans d'autres modèles animaux de la



maladie. Les éléments de preuve en faveur de l'existence de l'effet étudié sur des modèles sont donc pour l'instant **insuffisants**.

De plus, aucune étude clinique ou épidémiologique n'a porté spécifiquement sur les effets d'une exposition aux radiofréquences sur la maladie d'Alzheimer ou toute autre forme de démences. Les éléments de preuve en faveur de l'existence de l'effet étudié dans ces études sont donc **insuffisants**.

*b. Autres effets non cancéreux*

◆ *La fertilité*

Les études sur la **fertilité masculine** sont délicates, car celle-ci est sensible à de nombreux paramètres comme le tabac, l'alcool, la chaleur et les produits chimiques, ce qui nécessite de nombreux contrôles et explique en partie que les études analysées aient souvent été jugées de qualité peu satisfaisante.

Une première étude réalisée *in vitro* ne montre pas d'effet de l'exposition aux radiofréquences du téléphone portable sur les spermatozoïdes humains en ce qui concerne les paramètres relatifs à l'apoptose (Falzone, Huyser et Franken, et al. 2010). La seconde montre des effets sur la morphométrie des spermatozoïdes et une diminution de leur capacité de fixation à la zone pellucide de l'ovocyte ; cependant, des incohérences dans les résultats ne permettent pas de conclure à un effet des radiofréquences du téléphone mobile (Falzone, Huyser et Becker, et al. 2011).

Des études *in vivo* ont conclu à l'absence d'effet des radiofréquences sur la spermatogénèse et la fonction testiculaire du rat (Lee, et al. 2010). Une seconde étude rapporte l'absence d'effet sur le poids des organes reproducteurs (testicule, épидидyme, vésicule séminale, prostate), le nombre de spermatozoïdes, leur motilité et les anomalies morphologiques (Imaiab, et al. 2011). Une autre étude ne montre pas non plus d'effet de l'exposition aux radiofréquences sur le système reproducteur mâle chez le rat, que ce soit au niveau macroscopique ou microscopique (Pelletier, et al. 2013).

En revanche, une seule étude fait état d'une augmentation du nombre de cellules en apoptose et d'une diminution de la concentration en enzymes antioxydants dans les testicules du rat mâle exposé à 2,45 GHz (Kesari, Kumar et Behari 2011). Étant donné que cette étude est la seule à obtenir des résultats positifs dans ce domaine, ces résultats doivent être confirmés dans des conditions d'exposition contrôlées et par d'autres équipes.

En conclusion, étant donné que la plupart des données *in vitro* sur spermatozoïdes humains et *in vivo* chez le rat ne montrent pas d'effet de l'exposition aux radiofréquences sur la fertilité mâle et que l'étude de l'équipe de Kesari doit être confirmée dans des conditions d'exposition contrôlées et par d'autres équipes, des recherches complémentaires méritent d'être conduites dans ce domaine. Au final, les éléments de preuve sont **limités** pour laisser penser qu'il existe un effet des radiofréquences sur la fertilité mâle et ne permettent pas de faire une évaluation définitive.

De la même manière que pour la fertilité masculine, le possible effet des radiofréquences sur la **fertilité féminine** est difficile à mesurer. D'une part, parce qu'il est difficile d'explorer le bon déroulement des toutes premières étapes du développement embryonnaire, qui suivent la fécondation et précèdent l'implantation dans l'utérus et, d'autre part, parce que la multiplicité des facteurs qui altèrent la fonction ovarienne (perturbations des cycles menstruels) en font des indicateurs peu spécifiques.

Une étude *in vivo* réalisée sur de jeunes rats femelles âgée de 6 semaines a évalué les effets de l'exposition à un signal Wi-Fi de 2,45 GHz une heure par jour, 6 jours par semaine pendant 3 semaines sur le système reproducteur (Pelletier, et al. 2013). Les résultats n'ont montré aucun effet de l'exposition aux radiofréquences sur le système reproducteur femelle de la rate, que ce soit au niveau de l'histologie des ovaires, du nombre de sites d'implantation des fœtus ou de leur localisation.

Au vu de l'ensemble des données disponibles à ce jour (1 seule étude *in vivo* chez l'animal), le niveau de preuve est **insuffisant** pour conclure à un éventuel effet des radiofréquences sur la fertilité féminine.

#### ◆ *Les autres effets étudiés*

Au terme de la veille bibliographique réalisée par l'Anses et le SCENIHR, le niveau de preuve est **insuffisant** pour conclure qu'une exposition aux radiofréquences aurait chez l'Homme un effet sur le développement fœtal, le comportement sexuel, la taille, le poids, la viabilité de la descendance, le système immunitaire, le système endocrinien, les lignées sanguines humaines, le rythme cardiaque, la pression artérielle, la vasomotricité des vaisseaux sanguins et le système oculaire.

#### c. Effets cancérogènes

#### ◆ *Les tumeurs du cerveau*

De nombreuses études scientifiques et notamment épidémiologiques se sont intéressées à la question des effets cancérogènes. Les résultats de l'étude épidémiologique **Interphone** s'intéressant à l'association entre l'exposition aux radiofréquences et la survenue de tumeurs cérébrales ont commencé à être publiés en 2010 (Centre International de Recherche sur le Cancer 2010).

Elle a démarré en 2000 sous forme d'un ensemble d'études cas-témoins internationales menées dans 13 pays à travers le monde se concentrant sur quatre types de tumeurs dans les tissus qui absorbent le plus l'énergie des radiofréquences émises par les téléphones portables, à savoir les tumeurs du cerveau (gliomes et méningiomes), du nerf acoustique et de la glande parotide. Elle a réuni le plus grand nombre d'utilisateurs cumulant au moins 10 années d'exposition. La méthode dite des cas-témoins a permis d'obtenir des résultats plus rapidement qu'avec une étude de cohorte qui implique de suivre des groupes pendant au moins 10 ans. Ainsi, des personnes atteintes des tumeurs étudiées (au total 2 708 cas de gliomes, 2 409 de méningiomes analysés) et des groupes témoins

de personnes âgées de 30 à 59 ans, n'ayant pas ces tumeurs, ont été interrogés sur leur usage du téléphone portable. L'objectif était de déterminer si l'utilisation du téléphone portable augmentait le risque de ces tumeurs (Centre International de Recherche sur le Cancer 2010).

Au terme de 10 années d'études, l'équipe d'Elisabeth Cardis a conclu qu'il existe une **légère réduction du risque de tumeurs étudiées chez les personnes ayant utilisé régulièrement le téléphone mobile pendant un an ou plus, par rapport aux non-utilisateurs**. Les chercheurs eux-mêmes ajoutent qu'il est probable que ceci soit dû à un biais dans l'étude (Cardis, et al. 2010).

On peut également lire qu'il existe une **augmentation du risque de gliomes (+ 40%) et de méningiomes (+ 15%) pour les utilisateurs les plus intensifs du téléphone mobile** (plus de 1 640 heures sur toute la vie). Mais là encore, les chercheurs précisent : « cependant, dans ce groupe, certains utilisateurs atteints de gliome ont rapporté des valeurs probablement aberrantes d'utilisation 12 heures par jour pendant 10 ans ou plus, ce résultat doit donc être interprété avec prudence » (Cardis, et al. 2010).

Durant cette étude, les chercheurs ont assisté à un changement du mode d'utilisation du téléphone portable. En effet, la majorité des sujets n'étaient pas des utilisateurs intensifs de téléphones portables selon les normes actuelles. Le temps d'appel cumulé médian sur toute la durée de la vie était d'environ 100 heures, avec une médiane de 2 heures à 2h30 d'utilisation mensuelle rapportée. Le point de coupure pour les 10% d'utilisateurs les plus intensifs c'est-à-dire plus de 1 640, étalé sur 10 ans, correspond à environ une demi-heure par jour.

Aujourd'hui, l'utilisation du téléphone portable est devenue beaucoup plus répandue et il n'est pas rare que les jeunes utilisent leurs téléphones portables une heure ou plus par jour. Cette utilisation croissante est toutefois tempérée par la diminution des émissions, en moyenne, des téléphones utilisant une technologie plus récente, et par l'utilisation croissante des textos et des kits mains-libres qui permettent de garder le téléphone éloigné de la tête.

Une récente étude épidémiologique, publiée en mai 2014, menée par l'Institut de Santé Publique, d'Epidémiologie et de Développement (ISPED), s'est elle aussi intéressé sur les effets des radiofréquences (celles du téléphone portable) sur le cerveau. Cette analyse a porté sur 253 patients atteints de gliomes et 194 cas de méningiomes. Afin d'avoir un groupe témoin, il a été identifiés pour chaque patient deux témoins sains de même âge, de même sexe et de même zone géographique. Toutes ces personnes ont été interviewées longuement par un enquêteur professionnel et des questions spécifiques de ce questionnaire portaient sur l'utilisation du téléphone portable. Dans cette étude, il a été défini que des « utilisateurs réguliers » étaient des personnes qui avaient effectué au moins un appel par semaine depuis les 6 derniers mois. Les « grands utilisateurs » de téléphone portable sont ceux qui avaient passé plus de 900 heures en appel au cours de leur vie ou plus de 15 heures par mois (10% de la population étudiée) (Coureau, et al. 2014). Le premier résultat formulé a été de dire qu'il n'y a pas d'augmentation de risque d'apparition d'une tumeur cérébrale chez les utilisateurs réguliers de téléphone portable par rapport aux non-utilisateurs (Coureau, et al. 2014).

Le deuxième est une augmentation du risque d'apparition de gliome chez les grands utilisateurs de téléphone portable (Coureau, et al. 2014).

Mais là aussi, il faut aussi préciser qu'il s'agit de données datant de 2004 à 2006. Ces données ne reflètent donc pas la consommation actuelle. Depuis, elle a considérablement augmenté. Cependant dans le même temps, l'exposition aux radiofréquences des utilisateurs de téléphones mobiles a diminué du fait de nouveaux appareils.

Ce qu'il faut retenir de ces études est qu'il faut continuer à prendre des précautions dans notre utilisation des téléphones portables car il subsiste encore des doutes.

En raison des préoccupations liées à l'augmentation rapide de l'utilisation du téléphone portable chez les jeunes – qui n'étaient pas couverts par Interphone –, le Centre de recherche en épidémiologie environnementale (CREAL) a coordonné un nouveau projet, baptisé MobiKids, pour étudier le risque de tumeurs cérébrales lié à l'utilisation du téléphone portable dans l'enfance et l'adolescence. Sur une période d'étude de cinq ans, environ 2000 personnes âgées de 10 à 24 ans et atteintes d'une tumeur cérébrale ainsi

qu'un nombre similaire de jeunes n'ayant pas de tumeur ont été invités à participer à l'étude. Cette étude a été lancée officiellement le 1<sup>er</sup> mars 2009.

#### ◆ *Les tumeurs du nerf acoustique*

L'étude Interphone s'est poursuivie avec d'autres analyses de l'usage du téléphone portable et des tumeurs du nerf acoustique. Un groupe de 1 105 patients atteints d'un cancer du nerf acoustique a été étudié *versus* un groupe témoin. Les chercheurs ont conclu qu'il n'y a pas de risque accru de tumeur du nerf acoustique pour les utilisateurs réguliers de téléphone portable. Cependant, comme la tumeur du nerf acoustique est généralement une tumeur à croissance lente, l'intervalle entre l'introduction de la téléphonie mobile et l'apparition de la tumeur aurait été trop courte pour observer un effet, s'il y a un (The Interphone Study Group 2011).

Cependant, une étude de cohorte récente semble laisser ouverte la possibilité d'une augmentation du risque de neurinome du nerf acoustique chez les utilisateurs à long terme de téléphones mobiles (Benson, et al. 2013).

Au vu des données disponibles à ce jour, le niveau de preuve est **limité** pour conclure à un éventuel effet des radiofréquences sur le risque de neurinomes du nerf acoustique chez l'Homme.

#### ◆ *Les autres cancers*

A ce jour, concernant les effets cancérigènes potentiels des radiofréquences, le niveau de preuve est insuffisant pour conclure qu'une exposition aux radiofréquences aurait un effet chez l'Homme sur la survenue de tumeurs des glandes salivaires, des tumeurs de l'hypophyse, des leucémies, des mélanomes cutanés et oculaires et enfin sur l'incidence et la mortalité par cancer pour tous types de cancers confondus.

### 3. HYPERSENSIBILITE ELECTROMAGNETIQUES

L'industrialisation des sociétés et la succession continue des révolutions technologiques ont donné lieu à un accroissement sans précédent du nombre et de la diversité des sources de champ électromagnétique. Ces sources comprennent les écrans de visualisation associés aux ordinateurs, les téléphones mobiles et leurs stations de base. Bien que ces appareils aient rendu notre vie plus cossue, plus sûre et plus facile, les champs électromagnétiques qu'ils émettent suscitent certaines inquiétudes quant aux éventuels risques pour la santé pouvant en découler.

Depuis quelque temps, un certain nombre d'individus signalent divers problèmes de santé qu'ils attribuent à leur exposition aux champs électromagnétiques. Si certains rapportent des symptômes bénins et réagissent en évitant autant qu'ils le peuvent ces champs, d'autres sont si gravement affectés qu'ils cessent de travailler et modifient totalement leur mode de vie. Cette sensibilité présumée aux champs électromagnétiques est généralement appelée « hypersensibilité électromagnétique » (HSEM).

#### *a. Définition*

Selon l'OMS, la HSEM est caractérisée par divers symptômes que les individus touchés attribuent à l'exposition aux champs électromagnétiques. Parmi les symptômes les plus fréquemment présentés, on peut mentionner des **symptômes dermatologiques** (rougeurs, picotements et sensations de brûlure), des **symptômes neurasthéniques** et **végétatifs** (fatigue, lassitude, difficultés de concentration, étourdissements, nausées, palpitations cardiaques et troubles digestifs). Cependant, à ce jour, selon l'Anses, cet ensemble de symptômes ne fait partie d'**aucun syndrome reconnu**. Ces symptômes qui diffèrent d'un individu à l'autre sont dits « non spécifiques », c'est-à-dire qu'ils pourraient avoir été causés par toutes sortes de maladies, une somatisation ou voire même une condition psychiatrique.

L'ensemble des symptômes observés chez les personnes dites hypersensibles aux champs électromagnétiques est présenté dans les tableaux ci-dessous.



*Tableau 9 : Liste des symptômes observés chez les personnes dites hypersensibles aux champs électromagnétiques (Alasdair et Philips 2007)*

Yeux	Irritation, douleur.
Peau	Sécheresse, rougeur, éruptions cutanées.
Visage et tête	Visage gonflé, sensation de brûlure, muqueuses sèches, gonflement du nez, de la gorge des oreilles et des sinus, démangeaison nasale, sifflements dans les oreilles, soif anormale, douleur faciale, goût métallique, maux de tête, perte de mémoire, ronflement.
Articulations, muscle et sensation nerveuse	Douleurs, engourdissements, crampes pouvant conduire à des fibromyalgies.
Vertiges	Faiblesse, tremblements.
Perturbation du système digestif	Bouche sèche, perte d'appétit, nausées, soif, perte de goût, perturbation de la digestion et de l'estomac.
Respiration	Difficulté respiratoire, perte de souffle, pression dans la poitrine, intolérance aux parfums.
Hématologiques	Saignements de nez, variations de la pression sanguine.
Cognitif	Difficulté de concentration, perte de mémoire courte, perte des repères, trous noirs.
Psychologique	Rage extrême, violence, irritabilité, sentiment hostile, pleurs, dépression, caractère associable, tendance suicidaire,

	anxiété, hystérie, folie.
Perturbation du comportement	Agitation, perturbation, mal au bas du dos.
Autres	Etat grippal, gain de poids, température faible et battement du cœur lent, pression et douleur abdominales, paralysie, problème d'équilibre, spasme musculaire, convulsion, confusion, problème de sommeil, douleur rectale, perte de la libido, sensation de vibration des murs, perte du toucher, sensibilité à la lumière du jour.
Problèmes associés	Maladie thyroïdienne, myasthénie, anomalies du système immunitaire, migraines.

La HSEM présente des analogies avec les Sensibilités Chimiques Multiples (SCM), un autre trouble associé à des expositions environnementales de bas niveau à des produits chimiques. La HSEM, comme les SCM, se caractérisent par une série de symptômes non spécifiques, pour lesquels on manque d'éléments tangibles sur le plan toxicologique ou physiologique, ou de vérifications indépendantes. Il existe un terme plus général pour désigner la sensibilité aux facteurs environnementaux : l'Intolérance Environnementale Idiopathique (IEI), définie lors d'un atelier convoqué par l'International Program on the Chemical Substances (IPCS) de l'OMS à Berlin en 1996 (WHO 2006). L'IEI est un descripteur n'impliquant aucune étiologie chimique ou aucune sensibilité de type immunologique ou électromagnétique. Ce terme regroupe un certain nombre de troubles ayant en commun des symptômes non spécifiques similaires, qui restent non expliqués sur le plan médical et dont les effets sont préjudiciables pour la santé des personnes (WHO 2006).

### *b. Prévalence*

Les estimations disponibles sur la prévalence de la HSEM dans la population générale sont très variables et de plus, ces estimations sont invérifiables. En effet, les associations parlent de 2 à 3% de la population française souffrant d'électro-hypersensibilité aux champs électromagnétiques (WHO 2006) alors que le dernier recensement de l'association « Une terre pour le EHS », publié en juin 2014, montre qu'en France, seulement un peu plus de 1000 personnes se sont signalées comme étant électro-hypersensibles (EHS) (Une terre pour les EHS 2014).

Une enquête réalisée dans des centres de médecine du travail a évalué cette prévalence à quelques individus par million dans la population (OMS s.d.). Toutefois, une autre enquête menée parmi des groupes d'auto-assistance a débouché sur des chiffres bien plus élevés (3,2%) (Levallois, et al. 2002).

Il existe aussi une variabilité géographique considérable de la prévalence de la HSEM et des symptômes rapportés. En effet, on signale une incidence de la HSEM plus élevée en Suède (1,5 %) (Lena, et al. 2002), au Danemark et en Allemagne qu'en Autriche et au Royaume-Uni (Vogel, et al. 1997). En Suède, dans les années 1980, les manifestations de l'HSEM ont commencé avec des problèmes cutanés pour ensuite se transformer en symptômes plus généraux. Ces problèmes de peau localisés au niveau du visage ont été attribués aux Terminaux à Ecrans de Visualisation (TEV). Ce phénomène a été largement observé dans les pays Nordiques alors qu'en Allemagne par exemple, les affections observées touchaient plutôt le système nerveux (Irvine 2005).

### *c. Les études*

Le concept d'HSEM est né en Suède au début des années 1980 dans les services de dermatologie et de médecine du travail.

En effet, des personnes ont commencé à se plaindre de manifestations cutanées diverses, subjectives (démangeaisons, picotements etc.) et/ou objectives (rougeurs, éruptions etc.)

qu'elles attribuaient à leur travail sur ordinateur. Progressivement, les plaintes se sont étendues à toute une gamme de signes fonctionnels attribués à la proximité d'un nombre croissant d'appareils électriques. Depuis le début des années 1990, la téléphonie mobile (combinés et surtout stations de base) est devenue la source d'exposition la plus fréquemment mise en cause. Aujourd'hui, toute nouvelle technologie, le Wi-Fi par exemple, est immédiatement suspectée. Dans les années 1990, les travaux scientifiques sur la question sont devenus suffisamment nombreux pour justifier l'organisation de plusieurs réunions ad hoc (Simunic 1995) (Vogel, et al. 1997) (Leitgeb 1998) (WHO 2006). Ces quatre réunions ont conclu qu'il n'y avait **aucune preuve permettant d'établir une relation de causalité entre une exposition aux radiofréquences et l'apparition de symptômes fonctionnels divers.**

Sur ces bases, en 2005, le rapport de l'agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) n'avait consacré à ce problème qu'un court chapitre intitulé « 5.1.3. Effets subjectifs », portant sur deux articles. Le premier a fait l'objet de critiques méthodologiques sévères : « cette étude pose le problème, habituel aux études de type transversal, de la maîtrise des biais de sélection et d'information – par exemple, peu de détails sont donnés quant au type de questionnaire utilisé ». De plus, les analyses statistiques ne sont pas les plus appropriées et rendent difficile l'interprétation des résultats (Balikci, et al. s.d.). Le deuxième article avait été considéré comme plus pertinent (Wilén, Sandström et Mild 2003). Portant sur « 2197 personnes téléphonant au moins 2 minutes par jour », il étudiait les relations entre une longue série de symptômes subjectifs et les DAS calculés, pour chaque appareil, en trois positions sur la tête (au-dessus, au niveau et au-dessous de l'oreille). Une relation avait été trouvée entre le DAS et certains symptômes comme la sensation d'inconfort, la diminution de concentration, la sensation de chaleur au niveau de l'oreille ou les maux de tête. « Toutefois, le fait que de nombreux tests aient été réalisés augmente la probabilité d'observer des résultats statistiquement significatifs ».

La même année en 2005, quatre revues générales ont été publiées sur le sujet (Crasson 2005) (James, Jayati et Simon 2005) (Seitz, et al. 2005) (Irvine 2005). Ces quatre revues ont toutes conclu à la nécessité de poursuivre les études sur ce sujet.

Dans l'optique de poursuivre les études sur ce sujet, la Ministre de la Santé et des Sports, Madame Roselyne Bachelot-Narquin, a organisé une table ronde « radiofréquences, santé, environnement », du 23 avril au 25 mai 2009, à la demande du Premier ministre et conjointement avec la Secrétaire d'Etat chargée de l'Ecologie Madame Chantal Jouanno, et la Secrétaire d'Etat chargée de la Prospective et de l'Economie numérique, Madame Nathalie Kosciusko-Morizet. A l'issue de cette table ronde, dix orientations seront proposées. Elles sont listées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 10 : Liste des 10 orientations retenues par le Gouvernement (Bouler 2009)**

Une information accessible pour le grand public	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ouvrir un portail Internet, qui permettrait d'accéder à l'ensemble des ressources documentaires disponibles</li> <li>• Organiser une campagne d'information sur les effets sanitaires de la téléphonie</li> </ul>
Un effort de communication auprès des élus locaux et des professionnels de santé	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mettre à disposition des élus locaux l'ensemble des informations utiles</li> <li>• Délivrer aux professionnels de santé une information adaptée pour pouvoir répondre aux questions des patients et prendre en charge les personnes hypersensibles</li> </ul>
Une prise en charge adaptée pour les personnes hypersensibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mettre en place une collaboration avec les équipes de l'Hôpital Cochin pour élaborer un protocole d'accueil et de prise en charge de ces patients</li> </ul>
Une démarche de précaution proportionnée auprès des consommateurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sur les points de vente, rendre obligatoire l'affichage accessible et lisible du débit d'absorption spécifique des téléphones mobiles</li> <li>• Faire en sorte qu'une notice émanant des autorités sanitaires accompagne l'achat des téléphones mobiles</li> </ul>
Une évolution raisonnée des seuils d'exposition	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compléter le seuil d'exposition réglementaire par un objectif cible de qualité dans les lieux de vie, au mieux des possibilités techniques</li> </ul>
Un dispositif de contrôle des expositions rénové	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modifier le protocole de mesure conformément aux évolutions européennes</li> <li>• Modifier l'organisation des contrôles d'exposition</li> </ul>
Un droit au contrôle individuel des expositions au sein des lieux de vie ou de travail	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permettre aux municipalités de diligenter des contrôles à la demande</li> </ul>
Des prérogatives renforcées pour les élus locaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Renforcer les compétences du maire dans la planification des équipements</li> <li>• Renforcer significativement les informations mises à disposition des habitants dans le cas d'immeubles collectifs accueillant des antennes</li> </ul>
Une organisation de la recherche rénovée	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rationaliser le financement de la recherche : une redevance permettrait de maintenir l'effort de financement assumé par les opérateurs, tout en mettant un terme aux controverses liées au mode de financement actuel</li> </ul>
Une organisation pour le débat public	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organiser un débat avec l'ensemble des parties prenantes à la faveur de la sortie du rapport de l'Afsset au mois de septembre 2009</li> </ul>

Avec un peu de retard mais conformément aux engagements pris à la suite de la table ronde « radiofréquences, santé, environnement », une étude visant à évaluer un protocole de prise en charge spécialisée des patients se plaignant d'IEI aux champs électromagnétiques a débuté en février 2012.

Cette étude pilote d'une durée de 44 mois, a été financée sur fonds publics dans le cadre d'un Programme Hospitalier national de Recherche Clinique (PHRC), dont l'Assistance Publique – Hôpitaux de Paris était le promoteur. Cette étude a été confiée à une équipe de l'hôpital Cochin dirigée par le Professeur Choudat (Portail radiofréquences - Santé - Environnement 2014).

Cette étude multicentrique non randomisée étudie la sensibilité des patients vis-à-vis de leur exposition aux champs électromagnétiques ainsi que leur état de santé et leur qualité de vie. Plusieurs consultations médicales sont prévues (5 consultations) selon un protocole harmonisé au niveau national afin de recueillir les symptômes, de caractériser et mesurer les expositions aux champs électromagnétiques pendant une semaine et d'évaluer le retentissement des souffrances notamment au niveau psychologique et social. Les personnes concernées, une centaine au total, devront se rendre dans un des 24 centres de consultation de pathologie professionnelle et environnementale, répartis sur tout le territoire français (GH Cochin, Ineris, Anses 2012).

La durée du recrutement a été estimée à 2 ans et le suivi des symptômes est prévu pendant au minimum 14 mois (GH Cochin, Ineris, Anses 2012).

A ce jour, cette étude est toujours en cours. Les conclusions seront disponibles à la fin de cette année.

En 2009, concernant l'HSEM, l'Afsset a émis 5 recommandations :

- le développement et l'évaluation d'un outil de diagnostic clinique de l'HSEM basé sur les résultats de 3 travaux (Elititi, et al. 2007) (Hillert, et al. 2008) (Serge Brand 2009) ;
- la définition des modalités d'une prise en charge globale des sujets hypersensibles ;
- l'organisation d'un suivi des patients et, si possible, d'une centralisation de ce suivi ;

- le développement de l'information et de la formation des professionnels de santé ;
- le développement de travaux de recherche présentant des protocoles cliniques et d'exposition rigoureux (relations entre l'HSEM et d'autres syndromes fonctionnels).

Dans son rapport publié en octobre 2013, l'Anses déclarera que « compte tenu du nombre de publications récentes et de l'attente des résultats d'études en cours de réalisation, mais également de la nécessité d'accorder une attention toute particulière à l'HSEM », elle reporte l'examen de cette question à la publication d'un rapport spécifique du groupe de travail. A ce jour, ce rapport n'a pas encore été publié.

L'article 8 de loi de madame Laurence Abeille adoptée en février dernier sur la relative à la sobriété, à la transparence et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques prévoit la publication d'un rapport sur l'EHS pour le début de l'année 2016. Ce rapport devra étudier l'opportunité de créer des zones à rayonnements électromagnétiques limités en milieu urbain, mais aussi les conditions de prise en compte de l'EHS en milieu professionnel et enfin l'efficacité des dispositifs d'isolement aux ondes.

Plus récemment encore, la justice française a reconnu pour la première fois l'existence d'un handicap grave chez une personne déclarant souffrir d'une hypersensibilité aux ondes électromagnétiques. La justice lui a accordé une allocation pour adulte handicapé notamment sous forme d'une aide à l'aménagement de son logement (Brown 2015).

En 2014, un homme de 32 ans souffrant d'électrosensibilité s'était vu pour la première fois en France accorder une aide financière par la Maison départementale des personnes handicapées de l'Essonne. Mais il s'agissait alors d'un accord à l'amiable et non d'une décision de justice (Brown 2015).



# GESTION DU RISQUE SANITAIRE EN FRANCE, EN EUROPE ET DANS LE MONDE

---

Bluetooth, Wi-Fi, téléphonie mobile, *etc.*, les technologies utilisant les radiofréquences se sont largement développées ces 20 dernières années devenant ainsi un objet de préoccupation sanitaire et environnementale en France et à l'étranger. En effet, même s'il n'existe pas de consensus scientifique sur les risques potentiels des radiofréquences sur la santé, plusieurs avis et études ont appelé à la prudence. En 2011, l'OMS a classé les radiofréquences comme « cancérogènes possibles ». En octobre 2013, l'Anses, sans conclure à « un effet sanitaire avéré », recommandait « de limiter les expositions de la population aux radiofréquences – en particulier des téléphones mobiles –, notamment pour les enfants et les utilisateurs intensifs ».

Ce sujet fait l'objet d'une actualité permanente tant du point de vue scientifique que du point de vue politique et médiatique.

## 1. GESTION DU RISQUE SANITAIRE EN FRANCE

### *a. Rôles et actions de l'Anses*

#### ◆ *Rôles*

L'Anses est née en juillet 2010 de la fusion de deux agences : l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) et l'Afsset.

D'une manière générale, l'Anses a pour mission **d'évaluer les risques** dans le domaine de l'alimentation, de l'environnement et du travail, **en vue d'éclairer les pouvoirs publics** dans leur politique sanitaire. Pour cela, elle doit fournir aux autorités compétentes toutes les **informations** sur ces risques, ainsi que **l'expertise et l'appui scientifique et technique** nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion des risques.

Elle assure également des **missions de veille, d'alerte, de vigilance et de référence**. Elle définit, met en œuvre et finance des programmes de recherche scientifique et technique. Cette agence propose aussi aux autorités compétentes toute mesure de nature à préserver la santé publique. Lorsque celle-ci est menacée par un danger grave, elle recommande à ces autorités les mesures de police sanitaire nécessaires.

C'est en 2002, que pour la première fois, l'autorité compétente existante à cette époque l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement (Afsse) a été saisie par les ministères en charge de la santé et de l'environnement sur le sujet de la téléphonie mobile. L'objectif était d'établir un bilan scientifique à partir des connaissances issues de publications internationales sur les risques sanitaires éventuels liés à la téléphonie mobile et aux équipements de stations de base de téléphonie mobile. L'avis rendu par l'agence en 2003 indiquait qu'il fallait clairement différencier les antennes-relais de stations de base et les téléphones mobiles en termes d'évaluation et de gestion de risques. Elle proposait également un certain nombre de mesures de précaution pour les opérateurs, les fabricants et les consommateurs, et d'attention de toutes les parties concernées. Par ailleurs, elle invitait également les milieux de la Recherche à poursuivre leurs travaux, en particulier sur les effets des téléphones mobiles.

Une seconde saisine reçue en 2004 a conduit l'agence à rendre pour l'année 2005 un nouveau rapport sur le sujet, tenant compte notamment des nouvelles technologies apparues depuis.

Un groupe d'experts dédié a été constitué et a rendu, en février 2005, leur rapport sur la téléphonie mobile et la santé accompagné de recommandations. Dans ce rapport, les

experts apportaient des réponses concrètes aux questions posées dans la saisine et à la lettre de mission. Ils procédaient également à une large revue des connaissances scientifiques. Un éclairage nouveau est apporté sur les technologies en cours de déploiement (UMTS, Wi-Fi, Bluetooth, etc.) ou de développement (systèmes de quatrième génération). Sur cette base, l'agence a émis un avis en juin 2005.

En 2009, suite à la saisine en août 2007 par les ministères en charge de la santé et de l'environnement afin d'actualiser son avis sur les effets biologiques et sanitaires de la téléphonie mobile et de l'étendre à l'ensemble du domaine des radiofréquences, l'agence a rendu un nouvel avis. Les conclusions de cet avis sont présentées ci-après.

Enfin en 2013, l'ensemble des effets sanitaires potentiels des radiofréquences, cancérigènes ou non, ont été étudiés par l'Anses et leurs niveaux de preuve classés, sur la base d'une méthode d'évaluation inspirée de celle du CIRC de l'OMS.

Un nouveau rapport de l'Anses est attendu au plus tard pour le début de l'année 2016.

Les différentes conclusions et préconisations formulées par l'Anses et les autres autorités compétentes existantes depuis 2003 sont présentées dans le tableau ci-dessous :

*Tableau 11 : Les différentes conclusions des groupes d'experts et préconisations émises par les autres autorités compétentes existantes au sujet du possible risque pour la santé humaine des radiofréquences*

En 2003 :

Champ d'application	Conclusions des groupes d'experts	Préconisations formulées par l'Afsse
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposition aux ondes émises par les <b>antennes des téléphones</b> (« les terminaux »).</li> <li>• Exposition aux ondes émises par les <b>stations de base</b> (dites « antennes relais »).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les travaux épidémiologiques et, surtout, les travaux expérimentaux récents <b>ne permettent pas de conclure à leur caractère nocif</b>. La vigilance doit être maintenue et la poursuite de travaux scientifiques est nécessaire.</li> <li>• Le rapport du groupe d'experts de 2001 concluait à <b>l'absence d'effets sanitaires</b>. Les données scientifiques les plus récentes ne remettent pas en cause cette conclusion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'Afsse prend en considération la possibilité d'effets sanitaires insuffisamment compris. <b>Elle recommande donc l'application du principe de précaution.</b></li> <li>• L'Afsse constate que les données scientifiques actuelles ne révèle aucun risque pour la santé. <b>Les recommandations relèvent donc du principe d'attention</b> afin de prendre en compte les préoccupations du public.</li> </ul>

En 2005 :

Champ d'application	Conclusions des groupes d'experts	Préconisations formulées par l'Afssse
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposition aux ondes émises par les <b><u>antennes des téléphones</u></b> (« les terminaux »).</li> <li>• Exposition aux ondes émises par les <b><u>stations de base</u></b> (dites « antennes relais »).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b><u>Même conclusion</u></b> que celle formulée dans le rapport de 2003.</li> <li>• <b><u>Même conclusion</u></b> que celle formulée dans le rapport de 2003.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'approche de <b><u>précaution</u></b> se traduit par une incitation à <b><u>diminuer l'exposition au téléphone mobile</u></b> qui doit s'appliquer à <b><u>toute la population</u></b>.</li> <li>• Il faut <b><u>mettre en œuvre le principe d'attention</u></b> tout en restant attentifs aux plaintes qui peuvent servir d'événements sentinelles.</li> </ul>

En 2009 :

Champ d'application	Conclusions des groupes d'experts	Préconisations formulées par l'Afsset
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fréquences de 9 kHz à 400 MHz.</li> <li>• Fréquences supérieures à 400 MHz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b><u>Pas de risque pour la santé humaine</u></b> à des niveaux d'exposition non thermiques. <b><u>Pas d'effet sanitaire</u></b>, à l'exception d'une légère augmentation du nombre de malformations morphologiques mineures chez l'animal. Ces effets mineurs semblent limités à certaines espèces animales et ne sont donc <b><u>pas extrapolables à l'homme</u></b>.</li> <li>• <b><u>Aucune preuve convaincante d'un effet biologique</u></b> particulier pour des niveaux d'exposition non thermiques.</li> <li>• <b><u>Pas de preuve de l'augmentation du risque de tumeur intracrânienne</u></b> lié à l'utilisation régulière du téléphone mobile.</li> <li>• <b><u>Possibilité d'une augmentation du risque de gliomes</u></b> pour une utilisation d'une durée &gt;10 ans alors que l'on observe une <b><u>diminution du risque de méningiomes</u></b> pour une utilisation régulière &lt;10 ans.</li> <li>• possibilité d'une association entre l'exposition professionnelle aux radars &gt;2 GHz et le <b><u>risque de lymphomes et leucémies</u></b>.</li> <li>• <b><u>hypothèses d'augmentation de risque</u></b> de tumeurs cérébrales, cancers des testicules, et mélanomes oculaires chez des professionnelles.</li> <li>• <b><u>Epidémiologie: pas d'effets à court terme</u></b> de l'exposition aux RF. Mais des <b><u>interrogations demeurent pour les effets à long terme</u></b>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les conclusions formulées valent pour les deux champs d'application.</li> <li>• veiller à la <b><u>qualité méthodologique des études</u></b> <i>in vitro</i> et <i>in vivo</i> concernant principalement la caractérisation de l'exposition mais aussi la partie biologique</li> <li>• mener des <b><u>études sur la reproduction et le développement sur plusieurs générations d'animaux</u></b> dotés d'une prédisposition à des maladies pour lesquelles des gènes humains de susceptibilité sont connus.</li> <li>• évaluer la possibilité d'<b><u>études épidémiologiques dans les populations de travailleurs</u></b> exposés aux radiofréquences</li> </ul>

En 2009 (suite) :

Champ d'application	Conclusions des groupes d'experts	Préconisations formulées par l'Afsse
<ul style="list-style-type: none"><li>• Hypersensibilité électromagnétique</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b><u>Aucune preuve scientifique</u></b> d'une relation de causalité entre l'exposition aux radiofréquences et l'hypersensibilité électromagnétique</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• il est recommandé de <b><u>développer les travaux de recherche, d'informer les professionnels de santé</u></b> et organiser un <b><u>suivi des patients</u></b> et, si possible de centraliser ce suivi et enfin de <b><u>développer et d'évaluer un outil de diagnostic</u></b> clinique de l'hypersensibilité électromagnétique.</li></ul>

En 2013 :

### Champ d'application

- Radiofréquences comprises entre 8,3 kHz et 6 GHz

### Conclusions des groupes d'experts

- S'agissant des études non cancérigènes sur les effets sur le SNC, le **niveau de preuve est insuffisant pour conclure qu'une exposition aux radiofréquences à un effet chez l'Homme**
  - sur les fonctions cognitives ;
  - à court terme sur le sommeil (après une exposition aiguë) ;
  - sur les rythmes circadiens (sur la base d'un nombre limité d'études) ;
  - à court terme sur les fonctions auditives (après une exposition aiguë) ;
  - sur les maladies neurodégénératives et autres maladies neurologiques.
- S'agissant des études sur les effets non cancérigènes à l'exclusion de ceux sur le SNC, le **niveau de preuve est insuffisant pour conclure qu'une exposition aux radiofréquences aurait chez l'Homme un effet** sur :
  - la fertilité masculine ;
  - la taille, le poids et la viabilité de la descendance ;
  - la tératogénèse ou le développement in utero ;
  - le système immunitaire ;
  - le système endocrinien ;
  - le système cardio-vasculaire, en particulier les paramètres hématologiques, la vasodilatation, le rythme cardiaque et la tension artérielle ;
  - le bien-être (en population générale) ;
  - la santé globale (mortalité toutes causes) ;
  - système oculaire.

### Préconisations formulées par l'Anses

- **Études biologiques sur modèles cellulaires et animaux:**
- **mêmes conclusions** que celles formulées dans le rapport de 2009;
- S'agissant de certains effets biologiques (portant sur le stress oxydant, le nombre de neurones dans le cerveau), physiologiques (le nombre de périodes de sommeil paradoxal ou les potentiels évoqués auditifs par exemple), sur la reproduction ou l'amélioration des performances cognitives) il est recommandé que ces effets fassent l'objet de **nouvelles études mises en œuvre avec une méthodologie rigoureuse.**



En 2013 (suite) :

Champ d'application	Conclusions des groupes d'experts	Préconisations formulées par l'Anses
<ul style="list-style-type: none"> <li>Même champs d'applications que ci-dessus.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concernant les <b><u>effets cancérogènes</u></b>, le <b><u>niveau de preuve est insuffisant pour conclure qu'une exposition aux radiofréquences aurait un effet chez l'Homme</u></b> sur la survenue de :             <ul style="list-style-type: none"> <li>gliomes en population générale ;</li> <li>méningiomes ;</li> <li>tumeurs des glandes salivaires ;</li> <li>tumeurs (adénomes) de l'hypophyse ;</li> <li>leucémies ;</li> <li>mélanomes cutanés et oculaires ;</li> </ul>               et sur l'incidence et la mortalité par cancer (tous types confondus).             </li> <li>Deux observations se dégagent :</li> <li>Le <b><u>niveau de preuve est « limité »</u></b> pour conclure à une <b><u>augmentation du risque de gliomes associé aux radiofréquences pour les utilisateurs « intensifs » du téléphone mobile</u></b> ;</li> <li>Le <b><u>niveau de preuve est « limité »</u></b> pour conclure à un <b><u>risque de neurinome</u></b> du nerf vestibulo-acoustique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Même conclusion que ci-dessus.</li> </ul>

### ♦ Missions

Dès sa création, l'Anses a eu à cœur de reprendre les activités et les missions en cours de la « Fondation Santé et Radiofréquences » de l'Afsset. Elle crée donc un **groupe de travail « permanent » sur les radiofréquences et la santé** qui a pour mission de :

- publier annuellement une note d'actualité visant à mettre à jour l'expertise collective relative aux effets sanitaires des radiofréquences ;
- répondre aux besoins d'appuis scientifiques et techniques ponctuels des ministères dans ce domaine ;
- proposer annuellement des pistes de recherche destinées à alimenter le programme de recherche « radiofréquences et santé » de l'agence ;
- informer les parties prenantes des nouveaux résultats de la recherche et contribuer ainsi au débat public dans le domaine des radiofréquences.

En parallèle, afin de pérenniser la recherche sur les effets sanitaires des radiofréquences, l'agence a recommandé en 2009 de maintenir son financement. Le gouvernement a suivi cette recommandation puisque la même année, le financement de la recherche sur les effets sanitaires des radiofréquences est prévu par la Loi des finances de 2011. En effet, le gouvernement met en place une taxe sur les stations radioélectriques afin de redistribuer une partie de la recette à l'Anses pour le financement de la recherche (2 millions d'euros) et l'autre partie à l'agence de service et de paiement pour le financement des études d'exposition du public aux radiofréquences (ANSES 2011).

Ainsi, le 22 février 2011, l'Anses a lancé le premier Appel à Projets de Recherche (APR) spécifique à des projets sur les effets des radiofréquences sur la santé.

L'objectif était de rapprocher recherche et expertise mais aussi, d'élargir la communauté de recherche. Au final, sur trois appels à projets successifs 2011-2012-2013, 15 dossiers ont été retenus, impliquant 42 équipes de recherche, pour un soutien de 2,8 millions d'euros. Les questions scientifiques sur lesquelles les équipes ont été sollicitées

émanaient des recommandations de recherche issues des conclusions de l'expertise de 2009.

L'APR de 2014 vise plus spécifiquement le développement de recherches sur des sujets identifiés comme insuffisamment traités dans l'expertise « radiofréquence et santé » publiée par l'Anses en octobre 2013 tel que l'hypersensibilité électromagnétique.

Les questions qui sont posées à la recherche dans cet APR portent sur cinq thèmes :

- mécanismes d'action au niveau cellulaire ;
- effets des radiofréquences ;
- hypersensibilité électromagnétique ;
- effets des usages des nouvelles technologies ;
- caractérisation des expositions.

*b. Les textes de loi existants*

◆ *Loi française*

En France, les seuils d'exposition du public aux champs électromagnétiques sont fixés à 41 V/m pour la fréquence de 900 Mhz (GSM), 58 V/m pour la fréquence de 1 800 Mhz et à 61 V/m pour la fréquence de 2 100 Mhz (UMTS ou 3G) (Assemblée nationale 2012).

C'est dans le **décret 2002-775 du 3 mai 2002**, basé sur la recommandation 1999/519/CE du Conseil de l'Union Européenne relative à l'exposition du public aux champs électromagnétiques que ces limites ont été fixées (cf. annexe 1).

Depuis 2002, ce décret n'a pas été mis à jour et donc les seuils n'ont pas été modifiés malgré le déploiement constant des technologies sans fil et notamment celui des réseaux 4G.

On pourrait penser qu'au vu du nombre grandissant d'emplacements d'antennes-relais autorisés en France pour la 4G, le seuil fixé par ce décret serait atteint voire dépassé. En effet, au 1<sup>er</sup> janvier 2014, le nombre de « sites » – c'est-à-dire d'emplacements

d'antennes-relais – autorisés en France pour la 4G s'élevait, tous opérateurs confondus, à 12 525, soit une hausse de 3,8 % en un mois. A la même date, 38 000 sites d'antennes-relais étaient déjà autorisés pour la 3G, et autant pour la 2G (ANF 2014).

Cependant, les travaux techniques du Grenelle des Ondes de 2009 ont montré que l'exposition aux ondes radio émises par les antennes-relais était déjà très inférieure aux valeurs limites réglementaires dans l'espace public et dans les façades de bâtiment.

Dans le cadre du Grenelle des Ondes, le gouvernement a considéré que, dès lors que l'exposition globale du public aux antennes relais de téléphonie mobile peut être réduite, sans dégradation de la couverture ou de la qualité de service, et à des coûts économiques acceptables, cette réduction doit être envisagée.

Ainsi, le 13 décembre 2012, la ville de Paris et les quatre opérateurs Orange, SFR, Bouygues Télécom et Free mobile ont signé une nouvelle « **Charte Parisienne de la Téléphonie Mobile** » qui définit des niveaux d'exposition aux ondes inférieurs aux seuils prévus par la réglementation (Mairie du 11e 2013).

Les opérateurs s'engagent à ne pas exposer les parisiennes et Parisiens dans les lieux de vie fermés à un niveau mesuré supérieur à 5 V/m équivalent 900 MHz pour les 2G et 3G et à 7 V/m équivalent 900 MHz pour la 4G. Ce dernier seuil est un seuil provisoire en raison du manque d'expérience sur l'évaluation de l'exposition réelle liée à l'arrivée de la norme LTE (4G) (Mairie du 11e 2013).

Le **11 décembre 2013**, une **proposition de loi a été déposée auprès de l'Assemblée nationale par Madame Laurence ABEILLE**, actuelle députée d'Europe Ecologie Les Verts (EELV) de la 6<sup>ème</sup> circonscription du Val-de-Marne.

Il semble important de présenter de manière analytique la démarche adoptée et les éléments sur lesquels s'appuient les décideurs pour discuter d'une proposition de loi comme celle-ci. Ainsi, nous comprendrons sans doute mieux le processus décisionnel et les éléments indispensables au vote de mesures les plus adaptées possibles.

Une première proposition de loi relative à l'application du principe de précaution défini par la Charte de l'environnement aux risques résultant des ondes électromagnétiques, a été déposée le 12 décembre 2012 par Madame Laurence ABEILLE (cf. annexe 2). Cette proposition de loi avait été amendée et adoptée en commission du développement durable et de l'aménagement du territoire saisie pour avis le 15 janvier 2013 et en commission des affaires économiques saisie au fond le 23 janvier 2013. Cependant, une motion de renvoi en commission avait été adoptée lors de la séance publique, bloquant l'examen de ce texte et donc le débat sur la protection de la population par rapport aux champs électromagnétiques. En effet, les parlementaires estimaient qu'ils étaient insuffisamment informés sur les enjeux mobilisés et sur les prescriptions envisagées.

L'écriture de cette première proposition de loi a été motivée par les constats suivants (Assemblée nationale 2012) :

- l'absence de législation claire encadrant les technologies comme le téléphone portable, la 3G, le Wi-Fi et la 4G ;
- une expertise internationale en faveur de l'abaissement des seuils et de l'application du principe de précaution ;
- une préoccupation relayée par les institutions internationales comme le Parlement européen et l'Assemblée Parlementaire du Conseil de l'Europe (APCE) ;
- des normes françaises obsolètes car basées sur les recommandations européennes fixées en 1999.

Les principales dispositions que prévoyait la première proposition de loi sont présentées dans le tableau ci-dessous (Assemblée nationale 2012).

Ce tableau renseigne également les principaux amendements formulés par la commission des Affaires économiques et la commission du développement durable et de l'aménagement du territoire.

*Tableau 12 : Principales dispositions du texte et principaux amendements des commissions*

Principales dispositions du texte	Principaux amendements des commissions
<i>Article 1<sup>er</sup></i>	
<p>- <u>réalisation d'une étude d'impact impartiale sur la santé humaine et sur l'environnement lors du développement de toute nouvelle application technologique émettant des rayonnements électromagnétiques ;</u></p> <p>- obligation pour les fabricants d'appareils dotés de la <u>technologie Wi-Fi</u> de les munir d'un <u>système mécanique simple de désactivation ;</u></p> <p>- <u>Interdiction du Wi-Fi dans les structures d'accueil de la petite enfance et l'installation de <u>connexions filaires</u> dans les établissements scolaires et dans les établissements recevant du public ;</u></p> <p>- <u>Définition de l'électro-hypersensibilité, syndrome dans lequel une personne présente des symptômes imputés aux ondes et aux champs électromagnétiques.</u></p>	<p><del>réalisation d'une étude d'impact impartiale sur la santé humaine et sur l'environnement lors du développement de toute nouvelle application technologique émettant des rayonnements électromagnétiques ;</del></p> <p>- obligation pour les fabricants d'appareils dotés de la <u>technologie Wi-Fi</u> <b>accès sans fil à internet</b> de les munir d'un <u>système mécanique simple de désactivation ;</u></p> <p><del>Interdiction du Wi-Fi dans les structures d'accueil de la petite enfance et l'installation de <u>connexions filaires</u> dans les établissements scolaires et dans les établissements recevant du public ;</del></p> <p><del>Définition de l'électro-hypersensibilité, syndrome dans lequel une personne présente des symptômes imputés aux ondes et aux champs électromagnétiques.</del></p>

Principales dispositions du texte	Principaux amendements des commissions
<i>Article 2</i>	
Encadrement plus strict de l'implantation des <u>antennes-relais</u> en <u>imposant</u> , notamment, <u>la délivrance d'un permis de construire</u> .	Encadrement plus strict de l'implantation des <u>antennes-relais</u> <del>en imposant, notamment, la délivrance d'un permis de construire.</del> <u>Information auprès des mairies afin de privilégier la concertation.</u>
<i>Article 3</i>	
Modification des <u>seuils d'exposition</u> du public aux ondes électromagnétiques à <u>0,6 volt par mètre</u> .	Modification des <u>seuils d'exposition</u> du public aux ondes électromagnétiques à <u>0,6 volt par mètre</u> .  - <u>Interdiction des publicités vantant les téléphones mobiles aux enfants de moins de quatorze ans à tout terminal radioélectrique et interdiction de la distribution d'équipements radioélectriques dont l'usage est dédié aux enfants de moins de six ans.</u>  - <u>Les précautions d'usage relatives aux conséquences néfastes de la mauvaise utilisation d'un téléphone mobile doivent figurer à une place qui garantit leur lecture au moment de l'achat de l'appareil.</u>
<i>Article 6</i>	
Obligation de réaliser une étude d'impact avant la mise en œuvre de la technologie mobile de quatrième génération.	<del>Obligation de réaliser une étude d'impact avant la mise en œuvre de la technologie mobile de quatrième génération.</del>

Cette première proposition de loi prévoyait des modifications en profondeur de la législation française mais *a contrario* représentait un frein au déploiement des réseaux 4G avec la proposition prévue à l'article 6. Lorsque l'on sait ce que représente le déploiement des réseaux 4G pour la ville de Paris qui a pour projet de faire de Paris une capitale du numérique de référence mondiale, on comprend mieux pourquoi cette article a été supprimé de la proposition de loi.

Pour certain, adopter une telle proposition de loi allait à l'encontre du déploiement du numérique sur le territoire, notamment dans les territoires ruraux alors qu'il s'agissait pourtant d'une attente bien réelle des français, alors même que le Gouvernement venait d'annoncer qu'il allait réorienter 2,2 milliards d'euros de fonds des Programmes d'investissements d'avenir vers certaines priorités comme le numérique (Matignon 2013).

Le tableau ci-dessus illustre bien le fait qu'après les deux passages en commission, la proposition de loi s'est largement amaigrie avec la suppression des propositions phares à l'exception de l'abaissement du seuil d'exposition du public aux ondes électromagnétiques fixé maintenant à 0,6 V/m.

Malgré tout, deux an après un « enterrement de première classe » aux yeux des écologistes de la proposition de loi déposée le 12 décembre 2012 par Madame Laurence ABEILLE, l'Assemblée nationale a adopté, en début d'année 2015, la nouvelle proposition de loi « relative à la sobriété, à la transparence et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques », déposée par Madame Laurence ABEILLE et ses collègues.

Cette nouvelle proposition de loi présentée, en décembre 2013, reprend, en le modifiant, le texte de la proposition de loi présenté le 12 décembre 2012 et qui avait été renvoyé en commission.

Cette nouvelle proposition de loi se vante de relayer les considérations écologistes, d'intégrer les préoccupations citoyennes mais également de tenir compte des difficultés



techniques, juridiques et financières de certaines dispositions initialement portées. De plus, elle prend en considération les avancées d'une année de travail et de trois études conduites en parallèle :

- les rapports du COMOP-COPIC (comités opérationnels issus du Grenelle des ondes) mentionnent la faisabilité technique d'un abaissement des seuils et la nécessité d'une procédure de concertation lors d'implantation d'antennes-relais ;
- le rapport de l'Anses d'octobre 2013 recommande, comme en 2009, d'abaisser les expositions aux ondes électromagnétiques ;
- le rapport sur le développement des usages mobiles et le principe de sobriété demandée par le Premier ministre à M. Girard, M. Tourtelier et M. Le Bouler, a remis ses conclusions en décembre 2013.

En bref, ce texte vise à répondre aux inquiétudes, à anticiper l'avenir, sans freiner le développement de nouvelles technologies, en proposant des solutions équilibrées, qui concilient les enjeux économiques, environnementaux et sociaux, dans l'esprit même de la notion de développement durable.

La loi relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques a été promulguée et publiée au Journal Officiel (JO) du 10 février 2015 (cf. annexe 3).

Elle prévoit ainsi la mise en œuvre de nombreux dispositifs visant à limiter et à contrôler les sources d'émissions afin de modérer l'exposition du public aux ondes électromagnétiques mais également la mise en place rapide de rapports comme par exemple sur l'impact du déploiement des technologies sans fils, comme la 4G ou les nouveaux produits, sur l'exposition du public aux ondes ou encore sur l'électro-hypersensibilité pour apporter des réponses aux personnes qui en souffrent.

Les principales dispositions prévues par ce texte sont présentées dans le tableau ci-dessous :

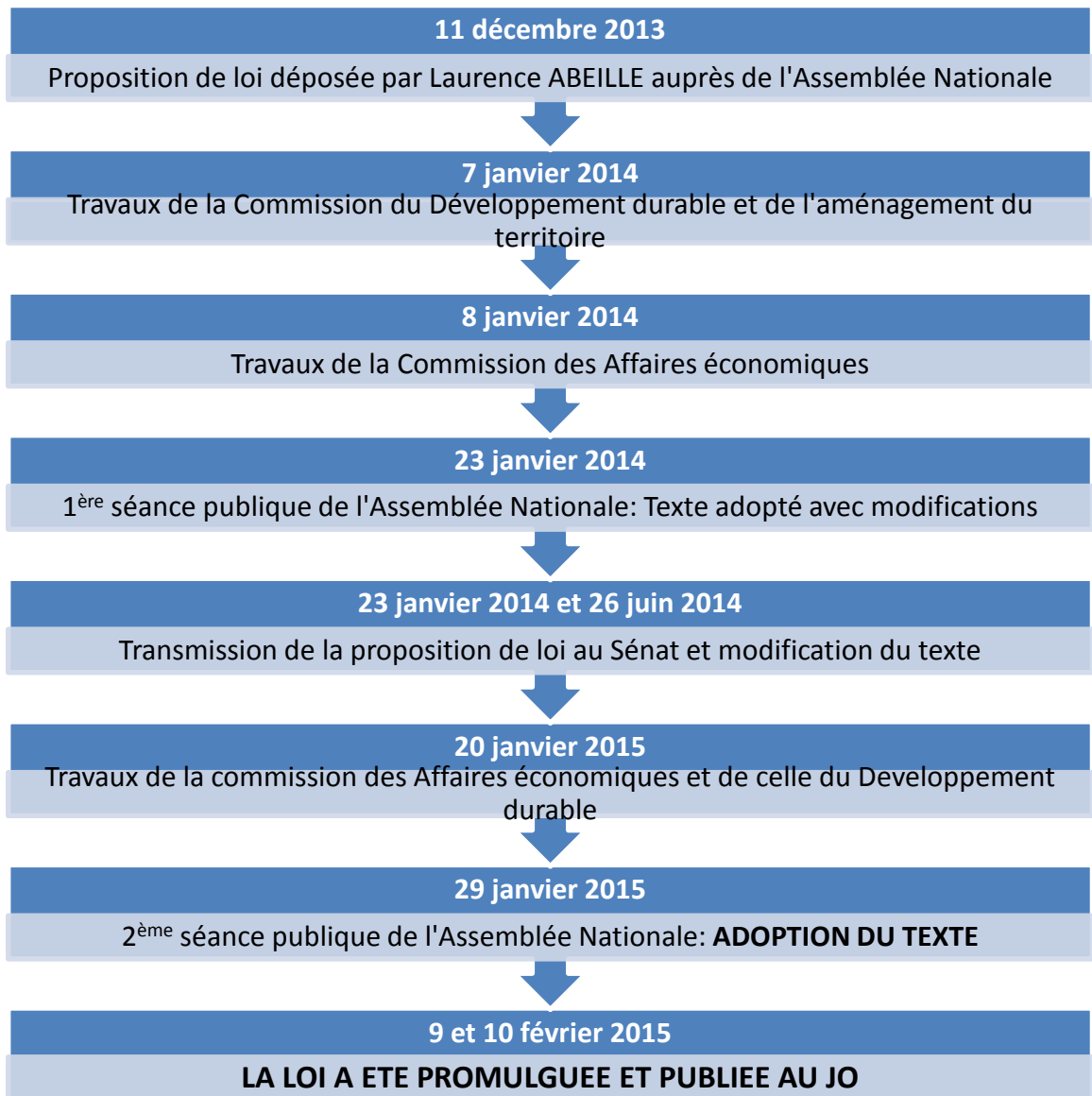
*Tableau 13 : Principales dispositions prévues dans la loi du 9 février 2015 relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques*

Article 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intégration dans les objectifs de la politique des télécommunications de la nécessité de <b>modération</b> en matière d'exposition du public aux ondes électromagnétiques.</li> </ul>
Article 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Création de cadastres électromagnétiques : publication par l'ANFR d'outils de simulation de l'exposition générée par l'implantation d'une installation radioélectrique.</li> </ul>
Article 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prise en compte de l'impact du déploiement des technologies sans fils sur l'exposition du public aux ondes dans un rapport périodique rendu par l'Anses</li> </ul>
Article 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modification de la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement dite loi « Grenelle 2 » afin de limiter et de contrôler les sources d'émissions d'ondes.</li> </ul>
Article 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Renforcement des règles relatives à la publicité pour les téléphones portables : interdiction de toute publicité visant à promouvoir l'utilisation et la vente d'un téléphone portable aux enfants de moins de 14 ans ; obligation de montrer les utilisateurs de téléphones portables avec les kits oreillettes...</li> </ul>
Article 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lancement d'une campagne gouvernementale d'information par l'Institut National de Prévention et d'Éducation à la Santé (INPES) pour la bonne utilisation du téléphone portable.</li> </ul>
Article 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interdiction de l'installation de Wi-Fi dans les établissements d'accueil des enfants de moins de six ans.</li> </ul>
Article 8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remise par le Gouvernement au Parlement d'un rapport pour apporter des réponses concrètes aux personnes souffrant d'électro-hypersensibilité.</li> </ul>

**Calendrier de la procédure législative**

Le processus législatif correspond, en droit constitutionnel, à l'ensemble des actes successivement accomplis par le Gouvernement, le Sénat et l'Assemblée nationale pour parvenir à la création d'un acte à valeur législative, la loi, et à son entrée en vigueur.

Le calendrier de la procédure législative pour l'adoption de la loi relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques est présenté ci-dessous :



*Figure 12 : Calendrier de la procédure législative pour l'adoption de la loi relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques*

**Contenu des discussions lors des commissions et des séances publiques en première lecture**

◆ **Travaux de la Commission des Affaires économiques**

Les projets et propositions de loi déposés devant l'Assemblée nationale sont renvoyés à l'examen d'une des huit commissions permanentes de l'Assemblée nationale. La commission désignée nomme en son sein un rapporteur chargé d'éclairer ses travaux en présentant un rapport sur le texte proposé. Dans le cas de ce texte, la commission désignée est celle des Affaires économiques, qui a nommé comme rapporteur le 18 décembre 2013 Mme Laurence Abeille elle-même.

Après l'exposé du rapporteur, la commission procède à la discussion générale du texte puis à l'examen de celui-ci. Le rapport qui résulte de ces délibérations sert de base à la discussion lors des séances publiques de l'Assemblée nationale.

Ainsi, le 8 janvier 2014, la Commission des Affaires économiques s'est réunie avec à l'ordre du jour l'examen de cette proposition de loi. Laurence Abeille, en tant que rapporteur, a présenté à la commission le contenu de ce texte en développant les éléments vus plus haut. Une discussion a suivi entre les membres de la commission présents, notamment un ingénieur en chef des télécoms, un ancien principal de collège, un ancien administrateur des Postes, Télégraphes et Téléphones (PTT) et une ancienne professeure agrégée de Sciences Physiques.

En amont, ce texte a également fait l'objet d'une saisine pour avis de la commission du Développement durable et de l'aménagement du territoire, qui s'est prononcée, le 3 décembre 2013.

Les arguments des membres de la commission des Affaires économiques en faveur et en défaveur de la proposition de loi sont répertoriés dans le tableau ci-après.

*Tableau 14 : Arguments de la Commission des Affaires économiques  
en faveur et en défaveur de la proposition de loi*

+ Arguments de la commission en faveur de la proposition de loi	- Arguments de la commission en défaveur de la proposition de loi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Assurer la transparence, la concertation et l'information au public</b> en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques.</li> <li>• Proposition de loi plus mature que la précédente.</li> <li>• Prise en compte les considérations écologistes et citoyennes, mais également les difficultés techniques, juridiques et financières.</li> <li>• <b>Protection des jeunes enfants</b></li> <li>• Obligation d'information relative à l'utilisation des téléphones mobiles et des tablettes.</li> <li>• <b>Rapport sur la question de l'électro-hypersensibilité.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les <b>risques</b> sanitaires liés à une exposition aux ondes électromagnétiques <b>ne sont pas avérés</b>. Pourtant, la présomption de dangerosité reste perceptible dans la nouvelle mouture du texte.</li> <li>• Utilisation du mot "modération" derrière lequel se niche la même méfiance qu'avec le mot sobriété pour lequel s'étaient déjà opposées certaines personnes lors de la première proposition de loi.</li> <li>• Le texte est très <b>sélectif dans les conclusions tirées des différents rapports</b>.</li> <li>• <b>Dispositions irréalistes</b> concernant le Wi-Fi</li> <li>• L'équilibre n'est pas atteint si on met en balance les dispositions proposées avec la réalité des usages, la demande d'une meilleure qualité de service et de couverture et le développement de l'internet mobile.</li> <li>• Ce texte ouvrira une nouvelle loi de recours pour les associations qui s'opposent à l'installation d'antennes-relais.</li> </ul>

En outre, la commission propose deux ajouts :

- demander un relevé annuel des points « atypiques » assorti d'une procédure de résorption. Les points atypiques sont ceux où les niveaux d'exposition dépassent sensiblement la moyenne observée à l'échelle nationale. Cette moyenne est de 1 V/m, mais, jusqu'à présent, l'ANFR ne retient comme points atypiques que ceux où l'exposition dépasse 6 V/m.
- affirmer la nécessité d'une mutualisation des installations des opérateurs, sans toutefois faire obstacle à la concurrence indispensable au développement de la téléphonie mobile. Il y a donc un équilibre à trouver avec ce dernier point entre développement et modération, entre concurrence et mutualisation.

A l'issue des travaux de cette commission, la proposition de loi modifiée a été acceptée.

◆ Discussion lors de la 1ère séance publique de l'Assemblée nationale

A la suite des travaux de la Commission des Affaires économiques la proposition de loi a été transmise pour discussion à l'Assemblée nationale. Ainsi, la première séance publique de l'Assemblée concernant la proposition de loi relative à la sobriété, la transparence et la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques a eue lieu le 23 janvier 2014.

Les éléments majeurs qui se dégagent de cette discussion entre députés sont présentés dans le tableau ci-après.

*Tableau 15 : Arguments majeurs qui se dégagent de la discussion générale de l'Assemblée nationale du 14 avril 2011 (Assemblée nationale 2015)*

<b>Éléments en faveur de la proposition de loi</b>	<b>Éléments en défaveur de la proposition de loi</b>
<i>Au sujet de la sobriété, de l'information et de la concertation lors d'implantation d'installations radioélectriques (Article 1<sup>er</sup>)</i>	
<p>Le fait que les risques ne soient pas avérés ne signifie pas pour autant qu'ils n'existent pas. Il convient donc d'agir maintenant pour l'avenir ;</p> <p>Il importe de garantir et d'encadrer des procédures de concertation et d'information claires en matière d'installation des équipements radioélectriques ;</p>	<p>Traiter de la seule question des antennes relais ne suffit pas. Il faut aussi d'évaluer le cumul des radiofréquences et donc les points atypiques ;</p> <p>Frein voire arrêt net de l'amélioration de la couverture des territoires ruraux car ouverture des recours ;</p>
<i>Au sujet des nouvelles obligations aux distributeurs de mobiles (Article 4)</i>	
<p>Mentions concourant à la bonne information des consommateurs doivent être indiquées en français et ne doivent pas comporter d'acronymes ;</p>	<p>Augmentation des coûts des terminaux mobiles en France car contraintes franco-françaises supplémentaires ;</p> <p>Eloignement du choc de simplification et de compétitivité ;</p>
<i>Au sujet de l'encadrement de l'usage du Wi-Fi dans les écoles Article 5)</i>	
<p>Mesure équilibrée, proportionnée sachant que dans sa dernière expertise l'Anses a recommandé de réduire l'exposition des enfants aux ondes électromagnétiques ;</p>	<p>Un outil puissant pour redonner confiance à des élèves en difficulté car ils oseront devant leur tablette ce qu'ils n'oseront pas devant leurs camarades ni leurs enseignants ;</p> <p>L'un des axes d'amélioration de notre école passe par sa modernisation. Les outils numériques peuvent largement y contribuer ;</p>



Une motion de rejet préalable a même été présentée par Madame Laure de La Raudière, députée de l'Union pour un Mouvement Populaire (UMP) de la 3<sup>e</sup> circonscription de l'Eure-et-Loir, qui s'alarme du paradoxe qui fonde la proposition de cette proposition de loi. Derrière Madame Laure de La Raudière c'est tout l'UMP qui juge ce texte « anxieux » et porteur de nouvelles mesures contraignantes – notamment pour les industriels du secteur des télécommunications alors même, que le dernier rapport de l'Anses vient de rappeler qu'elles ne présentent aucun risque sanitaire avéré. Toujours selon le groupe UMP, ce texte ouvre la voie à la multiplication des contentieux lors de l'installation d'antennes mobiles visant à améliorer la couverture des zones rurales et la qualité de service mobile dans les zones urbaines, ce qui est, elle le rappelle, l'objectif même du ministre déléguée chargée des petites et moyennes entreprises, de l'innovation et de l'économie numérique.

En bref, cette proposition de loi marque « une peur et une résistance au monde moderne, elle traduit une vision décliniste de notre société et, finalement, porte préjudice aux intérêts de notre pays ».

A la suite d'un vote, la motion de rejet préalable n'a finalement pas été adoptée. En effet, le Gouvernement, le groupe socialiste, républicain et citoyen, le groupe de la Gauche démocrate et républicaine, le groupe radical, républicain, démocrate et progressiste et le groupe écologiste ont tous repoussé en bloc cette motion de rejet préalable.

#### Avis du Gouvernement sur cette proposition de loi

Avant la discussion générale, Monsieur Philippe Martin, alors ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, a souhaité prendre la parole au nom du Gouvernement.

Selon lui, « il est important de légiférer sur ce sujet ». Aussi, le Gouvernement souhaite avoir toutes les informations nécessaires à la prise d'une décision.

Selon lui la proposition de loi reprend l'essentiel des conclusions des expérimentations du COPIC remises en août 2013, de la mise à jour des connaissances scientifiques réalisées

par l'Anses en octobre 2013, et de la publication en décembre 2013 du rapport sur « Le développement des usages mobiles et le principe de sobriété », remis au Premier ministre.

À ses yeux, le Gouvernement dispose de l'ensemble des éléments d'appréciation juridiques et scientifiques actualisés sur le sujet même si elle doit encore être améliorée et pour devenir pleinement applicable. Ainsi, elle permettra d'avancer concrètement sur la question des émissions d'ondes électromagnétiques.

Le **vote** des députés sur cette proposition de loi a eu lieu lors de la 2<sup>nde</sup> séance publique de l'Assemblée nationale le 23 janvier 2014.

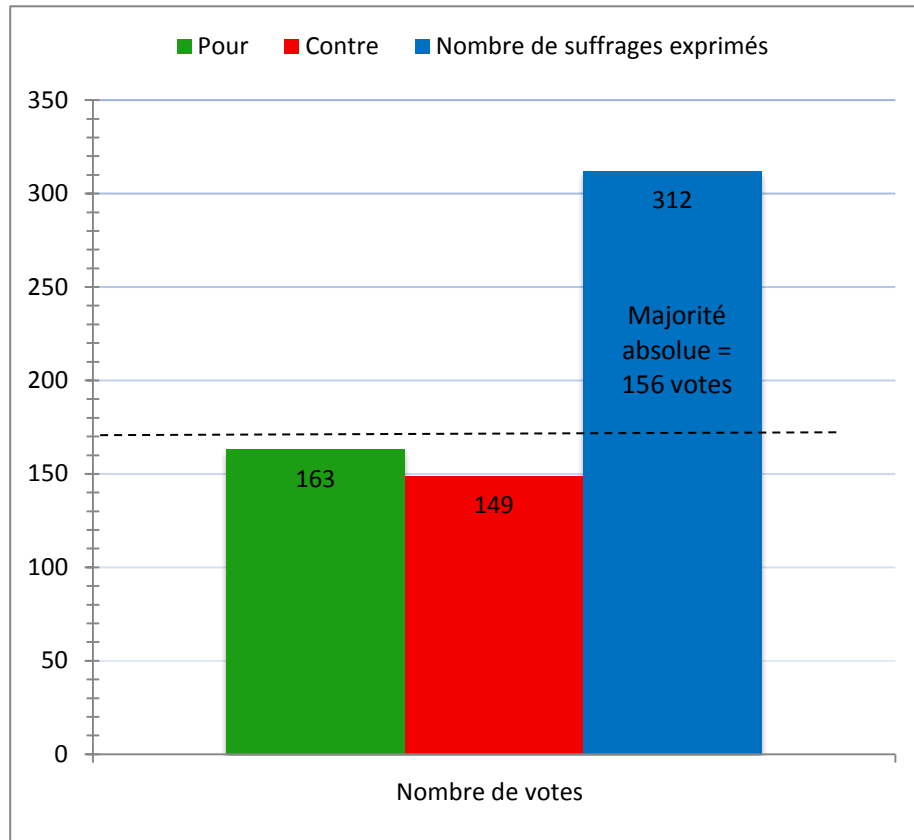
**La proposition de loi a été adoptée.**

#### **Examen du texte par le Sénat**

La proposition de loi de Madame Laurence Abeille qui a été très largement modifiée (38 amendements ont été adoptés en commission et 45 en séance publique) a été examinée par le Sénat en juin 2014.

Le Sénat a rendu un avis favorable, suite à l'examen de ce texte (Sénat 2011).

Les résultats du scrutin sont présentés ci-après.



*Figure 13 : Résultat du scrutin du Sénat sur l'ensemble de la proposition de loi, adoptée par l'Assemblée nationale, relative à la sobriété, à la transparence et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques (Sénat 2014).*

Le nombre de sénateurs ayant voté en faveur de la proposition de loi (163 votes) étant supérieur au seuil défini pour atteindre la majorité absolue (156 votes), la proposition de loi a été adoptée par le sénat.

Cette proposition de texte a ensuite été transmise en deuxième lecture à l'Assemblée nationale.

**Contenu des discussions lors des commissions et des séances publiques lors de la deuxième lecture**

- ◆ Travaux de la Commission des Affaires économiques et de la commission pour avis du développement durable et de l'aménagement du territoire

Travaux de la **Commission des Affaires économiques**

Pour **Madame Laurence Abeille**, cette proposition de loi en l'état est « une loi équilibrée » qui devra être appliquée rapidement. Ses dispositions principales visent la sobriété en matière d'exposition aux ondes, la mise en place de la concertation sur la question de l'implantation des antennes-relais et un meilleur encadrement des sources d'exposition, dont le Wi-Fi. Par ailleurs, elle a reçu l'assurance du soutien à une adoption conforme de la part des associations nationales. De plus, les équipementiers représentés par le Groupement des industries des technologies de l'information et de la communication (GITEP TICS), ne sont pas opposés à l'adoption en l'état de la proposition de loi.

En revanche, Madame Laure de La Raudière n'a pas souhaité l'adoption conforme du texte car ce serait donner raison au lobby de la peur et envoyer un très mauvais signal à nos concitoyens.

Par conséquent, ce texte a fait l'objet d'une discussion en commission. Cependant, la commission a **adopté l'ensemble de la proposition de loi sans modification**.

Travaux de la **Commission du développement durable et de l'aménagement du territoire**

Selon le rapporteur pour avis **Madame Suzanne Tallard**, les assouplissements apportés par le Sénat ne remettent pas en cause la philosophie générale sous-tendant cette proposition de loi telle qu'adoptée par l'Assemblée nationale, qui reprenait largement les

conclusions des rapports du Comité opérationnel sur les ondes de téléphonie mobile (COPIC, anciennement COMOP), du rapport de suivi et mise à jour d'octobre 2013 de l'Anses, ainsi que de la mission confiée par le Premier ministre à MM. Jean-François Girard, Philippe Tourtelier et Stéphane Le Bouler sur le développement des usages mobiles et le principe de sobriété.

Elle approuve même dans son principe la réécriture de l'article 1<sup>er</sup> en ce qui concerne la procédure de concertation locale et de médiation départementale.

Seule ombre au tableau pour le rapporteur pour avis : le recul de certaines dispositions suite aux modifications de la proposition de loi par le Sénat. Notamment celle des éléments d'information transmis au public ou des mesures de contrôle *a posteriori* de la cohérence des estimations.

En effet, néanmoins plus formels que réels : les attentes fortes exprimées par les administrés conduiront les élus locaux à mettre en place la procédure de concertation et d'information la plus large possible. Toujours selon elle, la transparence préalable et la fiabilité des informations sur la réalité des émissions sont le moyen le plus sûr d'atténuer craintes et réticences et de faciliter les installations nécessaires à l'indispensable couverture numérique de notre territoire et à sa qualité.

Logiquement elle recommande d'émettre un avis favorable à l'adoption de cette proposition de loi sans modification. A l'issue des discussions, M. le président Jean-Paul Chanteguet annonce que la commission émet un avis favorable à l'adoption de l'ensemble de la proposition de loi sans modification.

Le 20 janvier 2015, le texte est **adopté sans modification** par la commission des Affaires économiques.

◆ Discussion lors de la 2<sup>ème</sup> séance publique de l'Assemblée nationale

Les 19 amendements déposés sur cette proposition de loi, tous signés des députés UMP Monsieur Lionel Tardy, Madame Laure de La Raudière et Monsieur Patrice Martin-Lalande, ont été rejetés. Le tout dans un climat relativement houleux entre opposition et majorité. Pour l'opposition ce texte est porteur de nouvelles mesures contraignantes

notamment pour les industriels du secteur des télécommunications et introduit « beaucoup de complexification, car l'apaisement des écologistes mérite sans doute qu'on lui sacrifie un peu du choc de simplification ». En effet, pour le député Monsieur Lionel Tardy, ce texte n'est que la « traduction d'un accord tacite entre une majorité délitée et des alliés qu'il faut flatter de temps en temps » et la « transposition d'une idéologie indifférente à la façon dont elle est écrite juridiquement ».

L'intégralité du texte a finalement été adoptée, avec le soutien du groupe des radicaux, sans modification concluant ainsi tous les débats dans l'hémicycle. Les centristes se sont abstenus pour la plupart, jugeant qu'une nouvelle navette parlementaire aurait été nécessaire.

En effet, le texte ayant été voté dans les mêmes termes qu'au Sénat, il a pu être définitivement adopté en évitant ainsi une navette parlementaire supplémentaire.

Le 9 février 2015, la loi relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques (n°2015-136 du 9 février 2015) a été promulguée et parue au JO n°34 du 10 février 2015.

## 2. GESTION DU RISQUE SANITAIRE EN EUROPE ET DANS LE MONDE

### a. Acteurs et cadre réglementaire en Europe

Dès 2008 et en 2009 le Parlement européen a adopté, en s'appuyant sur le très controversé rapport BioInitiative de 2007, une résolution constatant que « les limites d'exposition aux champs électromagnétiques fixées pour le public sont obsolètes dès lors qu'elles n'ont pas été adaptées depuis la recommandation 1999/519/CE du Conseil du 12 juillet 1999 relatives à la limitation d'exposition du public aux champs électromagnétiques [0 Hz à 300 GHz], que ces limites ne tiennent évidemment pas compte de l'évolution des technologies de l'information et de la communication ni, d'ailleurs, des recommandations préconisées par **l'Agence Européenne pour l'Environnement (AAE)** [...] ».

Une telle préoccupation a été relayée en 2011 par l'APCE, qui a adopté une résolution (n° 1815) visant à instituer un seuil maximal d'exposition aux ondes ne dépassant pas 0,6 V/m et de ramener ce seuil à moyen terme à 0,2 V/m. L'APCE a aussi recommandé que soit portée une « attention particulière aux personnes « électro-sensibles » atteintes du syndrome d'intolérance aux champs électromagnétiques et de prendre des mesures spéciales pour les protéger, en créant par exemple des « zones blanches » non couvertes par les réseaux sans fil ».

La **directive européenne 2013/35/UE** du 26 juin 2013 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à **l'exposition des travailleurs aux risques dus aux champs électromagnétiques**, qui doit être transposée en droit français avant le 1<sup>er</sup> juillet 2016, abroge la précédente directive 2004/40/CE. Cette dernière a été abrogée afin d'instaurer des mesures plus appropriées et plus proportionnées visant à la protection des travailleurs contre les risques liés aux champs électromagnétiques.

En effet, dès la publication de la directive 2004/40/CE, la communauté médicale travaillant avec l'imagerie par résonance magnétique (IRM) avait tiré le signal d'alarme car ses activités risquaient d'être entravées par les strictes valeurs limites d'exposition qui y sont fixées. Certaines activités industrielles étaient également impactées.

La directive européenne 2013/35/UE a donc été repensée sur la base de nouvelles données scientifiques fournies par des experts reconnus sur le plan international.

Elle fixe une procédure afin de **protéger les travailleurs** exposés aux champs électromagnétiques, en évoquant **l'évaluation des risques** et la **détermination de l'exposition** (Parlement Européen; Conseil 2013).

*b. Acteurs et cadre réglementaire au niveau mondial*

◆ *Commission Internationale de Protection contre les Rayonnements Non Ionisants*

Il existe une organisation non gouvernementale, reconnue par l’OMS, qui examine les données scientifiques émanant de tous les pays du monde. Cette organisation s’appelle la **Commission Internationale de Protection contre les Rayonnements Non Ionisants** (CIPRNI). En s’appuyant sur une étude approfondie de la littérature scientifique, la Commission établit des limites d’exposition recommandée.

Chaque pays fixe bien sûr ses propres normes relatives à l’exposition aux champs électromagnétiques. Toutefois, dans la majorité des cas, les normes nationales s’inspirent des recommandations émises par la Commission.

Les dernières recommandations de la CIPRNI datent de 1998 (ICNIRP 1998). Ces recommandations sont en train d’être réexaminées suite au nombre important d’études publiées depuis 1998 comme par exemple l’étude Interphone (ICNIRP 2009).

Ces recommandations sont destinées à la population dans son ensemble et ne peuvent pas satisfaire directement les exigences d’une minorité de personnes susceptibles de présenter une plus grande sensibilité aux champs électromagnétiques. Les recommandations relatives à la pollution de l’air, par exemple, ne sont pas destinées à régler les problèmes propres aux asthmatiques. De la même façon, les recommandations relatives aux champs électromagnétiques n’ont pas pour objet d’éviter des ennuis aux porteurs de certains dispositifs électroniques comme les stimulateurs cardiaques.

Les limites d’exposition recommandées par la CIPRNI sont reportées dans le tableau ci-dessous :



*Tableau 16 : Limites d'exposition recommandées par la CIPRNI (ICNIRP 1998)*

	Fréquence du courant européen		Fréquence des bases de téléphones portables		Fréquence des fours à micro-ondes
Fréquence	50 Hz		900 MHz	1.8 GHz	2.45 GHz
	Champ électrique (V/m)	Champ magnétique ( $\mu$ T)	Densité du courant ( $W/m^2$ )		Densité du courant ( $W/m^2$ )
Limites d'exposition du public	5000	100	4,5	9	10
Limites d'exposition professionnelle	1000	500	22,5	45	–

On remarque que les limites fixées par la CIPRNI sont plus faibles pour l'exposition professionnelle que pour celle du grand public. Cela s'explique par le fait que la population exposée sur le lieu de travail est constituée d'adultes qui sont généralement confrontés à des champs électromagnétiques dans des conditions bien connues. Ils ont généralement suivi une formation qui leur permet de comprendre le risque auquel ils sont exposés et savent donc quelles sont les précautions à prendre. En revanche, le grand public est composé d'individus de tous âges et d'états de santé divers qui n'ont bien souvent pas conscience d'être exposés à des champs électromagnétiques. Il n'est pas possible de demander à tout le monde de prendre des précautions pour éviter de s'exposer ou pour s'exposer le moins possible. C'est pour ces raisons que les limites d'exposition sont plus rigoureuses pour le grand public que pour les personnes exposées de par leur profession.

Il est important de noter qu'une limite recommandée ne constitue pas une démarcation précise entre sécurité et danger. On ne peut pas considérer qu'à partir de tel ou tel niveau d'exposition précis il y a danger pour la santé car en fait, le risque sanitaire augmente graduellement à mesure que l'exposition s'intensifie. Ce que ces recommandations indiquent, c'est qu'au-dessous d'un certain seuil, l'exposition à un champ électromagnétique ne comporte pas de risque dans l'état actuel des connaissances. Il n'en résulte pas automatiquement qu'au-dessus de ce seuil, de cette limite, l'exposition soit dangereuse.

◆ *Organisation Mondiale de la Santé*

Au début des années 2000, l'OMS a lancé son « Projet Champs Electromagnétiques (CEM) ».

Ses principales missions étaient les suivantes (OMS s.d.):

- procéder à une recension de la littérature scientifique et produire périodiquement des rapports actualisés sur la question des effets potentiels de l'exposition aux champs électromagnétiques ;
- recenser les lacunes dont souffrent les connaissances scientifiques justifiant d'encourager la recherche dans des domaines où elle est susceptible de déboucher sur une meilleure évaluation du risque sanitaire ;
- encourager les programmes de recherche sérieux et bien définis ;
- faciliter l'élaboration de normes internationalement acceptables pour l'exposition aux champs électromagnétiques.

En vue de limiter l'exposition aux champs électromagnétiques, l'OMS a établi une base mondiale de données sur les normes (WHO s.d.).

La conclusion essentielle à retenir des analyses effectuées par l'OMS est que l'exposition aux champs électromagnétiques n'a apparemment pas de conséquence sanitaire connue dans la mesure où elle reste inférieure aux limites qui figurent dans les recommandations internationales de la CIPRNI (OMS s.d.).

Enfin, étant donné les disparités qui existent dans le monde entre les normes relatives aux champs électromagnétiques qui alimentent les craintes du public au sujet de l'exposition qui résulte de l'apparition de nouvelles technologies, l'OMS a amorcé un processus d'harmonisation universelle de ces normes.

En effet, avec 54 pays participants dont la France et 8 organisations internationales qui sont parties prenantes au Projet international CEM, comme par exemple l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord (OTAN), cette initiative constitue une occasion unique de convier les pays à mettre en place un cadre de référence pour l'harmonisation des normes relatives aux champs électromagnétiques et d'encourager la formulation de limites d'exposition et autres mesures réglementaires afin que toutes les populations puissent bénéficier du même degré de protection sanitaire (OMS s.d.).

Les futures actions de l'OMS sont :

- de procéder d'ici à 2016 à une évaluation formelle du risque pour tous les effets sur la santé dus à une exposition à des champs de radiofréquence ;
- de recenser aussi périodiquement les priorités en matière de recherche sur les champs électromagnétiques et la santé et encourage les travaux visant à combler les lacunes dans les connaissances par l'intermédiaire de ses programmes de recherche.

### 3. DISCUSSION SUR LES LIMITES DE CES TEXTES DE LOI

#### ◆ *Processus d'évaluation et gestion du risque sanitaire*

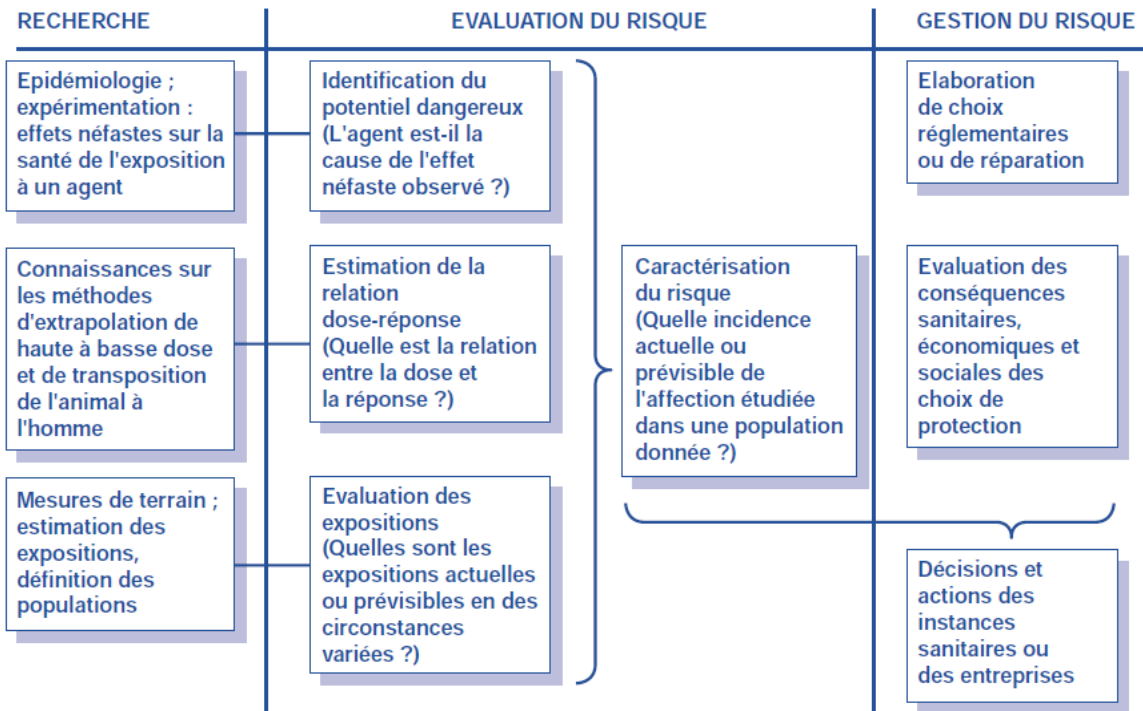
Un texte de référence visant à organiser le processus d'évaluation des risques sanitaires a été élaboré aux Etats-Unis en 1983 et s'est progressivement imposé au niveau international (Committee on the Institutional Means for Assessment of Risks to Public Health, Commission on Life Sciences, National Research Council 1983). L'un des points-clés de cette démarche est la distinction entre l'évaluation des risques, qui est du ressort du domaine scientifique la gestion de ceux qui relève de la décision politique. Cette séparation entre l'évaluation et la gestion des risques est nécessaire pour assurer l'intégrité de l'expertise scientifique et ainsi garantir son indépendance et sa transparence.

L'évaluation des risques est définie comme « une démarche méthodique de synthèse des connaissances scientifiques disponibles, en vue d'évaluer les effets sur la santé d'une population, résultant d'une exposition à une substance, un agent ou une situation dangereuse » (Committee on the Institutional Means for Assessment of Risks to Public Health, Commission on Life Sciences, National Research Council 1983). Elle peut être décomposée en quatre étapes :

- **L'identification du danger** qui se réfère aux propriétés intrinsèques d'une substance l'amenant à exercer un effet néfaste sur la santé ;
- **L'évaluation de la relation dose/effet** qui vise à quantifier la relation entre la dose d'exposition à un agent et la réponse de l'organisme à celle-ci ;
- **L'évaluation des expositions** qui permet d'identifier les populations en contact avec l'agent étudié et les niveaux d'exposition correspondants ;
- **La caractérisation du risque**, qui est l'étape de synthèse et de discussion des résultats qui permet de déterminer la probabilité de survenue d'un effet néfaste pour la santé d'un individu ou d'une population.

L'évaluation des risques est destinée à alimenter la phase de réflexion sur la gestion des risques, du ressort des pouvoirs publics, phase qui consiste à explorer les différentes solutions envisageables et leurs conséquences socio-économiques et juridiques.

Les différentes étapes de l'évaluation et la gestion des risques sanitaires sont représentées sur le schéma ci-dessous :



*Figure 14 : Les quatre étapes de l'évaluation des risques pour la santé humaine, d'après l'Institut de Veille Sanitaire (InVS) (Institut de veille sanitaire s.d.)*

Ainsi, si on applique ce modèle à la situation des radiofréquences en France, l'Anses devrait être en charge de synthétiser toutes les données et mener toutes les actions nécessaires à l'évaluation du risque. Puis elle devrait transmettre ses conclusions au gouvernement, qui, lui prendra les mesures nécessaires pour gérer ce risque, tout en mesurant les conséquences de celles-ci. Dans l'élaboration de cette proposition de loi, il semble que ce schéma ait été respecté car elle prend acte des conclusions du dernier rapport de l'Anses d'octobre 2013 qui recommande, comme en 2009, d'abaisser les expositions aux ondes électromagnétiques. En plus de suivre les recommandations de

l'Anses, la proposition de loi prend également acte des rapports du COMOP-COPIC issu du Grenelle des ondes qui font état de la faisabilité technique d'un abaissement des seuils et de la nécessité d'instaurer une procédure stricte de concertation lors d'implantation d'antennes-relais (Portail radiofréquences - Santé - Environnement 2013) mais aussi du rapport sur le développement des usages mobiles et le principe de sobriété demandée par le Premier ministre à M. Girard, M. Tourtelier et M. Le Bouler, qui a remis ses conclusions en décembre 2013 (Assemblée nationale 2015).

- *Principe de précaution*

La première proposition de loi de Madame Laurence Abeille, déposée le 12 décembre 2012, est en grande partie basée sur le principe de précaution dont la définition française a été introduite par la loi Barnier de février 1995 (République Française s.d.) et, est maintenant contenue dans l'article L.110-1 du Code de l'environnement (République française s.d.) : « l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à un coût économiquement acceptable ». Plus récemment, le principe de précaution a été défini dans la Charte de l'environnement de 2004 (Conseil constitutionnel s.d.) et introduit dans la Constitution du 4 octobre 1958 qui est le texte fondateur de la Ve République (Conseil constitutionnel s.d.).

La définition du principe de précaution donnée dans la Charte de l'environnement est la suivante : « Le principe de précaution impose, même en l'absence de risques avérés, de définir des mesures immédiates de protection de l'environnement ». Pour éviter que ce principe ne soit qu'un principe d'inaction systématique, il encadre les mesures prises en imposant, d'une part, qu'elles soient provisoires et proportionnées au regard des dommages envisagés, et d'autre part, qu'elles s'accompagnent d'expertises destinées à mieux connaître les risques et ainsi à adapter les mesures prises. Cependant, c'est un principe qui intervient dans des situations bien particulières et exceptionnelles, l'essentiel des situations d'atteintes à l'environnement étant régies par le **principe de prévention**, qui lui s'applique exclusivement aux risques avérés et reste l'outil principal dans la gestion

des risques (pollutions diffuses ou chroniques, risques industriels ou technologiques, etc.).

Alors que la France peine à s'imposer dans la compétition économique mondiale, le principe de précaution est plus que jamais critiqué. Une proposition de loi constitutionnelle déposée le 14 octobre 2014 (Assemblée nationale s.d.), en première lecture à l'Assemblée Nationale, par Monsieur Eric Woerth et une partie du groupe UMP, propose de remplacer dans la Constitution le principe de précaution par le principe d'innovation responsable. Selon eux, le principe d'innovation responsable « est composé à la fois du principe d'innovation et de celui de responsabilité » et « loin d'être antinomiques, ce sont deux principes complémentaires permettant d'atteindre le même objectif : un développement économique efficace, réfléchi et pondéré face aux grands risques environnementaux ». D'une manière générale donc, le principe de précaution est vécu comme un frein. Ce nouveau principe consisterait plus en un levier à l'innovation et au progrès technologique.

La définition du principe de précaution donnée par la Commission Européenne (Europa 2011) semble relever d'une approche plus rationnelle, puisque les risques doivent être suffisamment caractérisés pour avoir recours au principe de précaution. En effet, trois conditions préalables doivent être remplies :

- L'identification des effets potentiellement négatifs,
- L'évaluation des données scientifiques disponibles,
- La détermination du degré d'incertitude scientifique.

La Commission Européenne introduit par ailleurs la notion de « non-discrimination dans l'application des mesures » comme un des cinq principes généraux de la gestion du risque, lorsque le principe de précaution est invoqué.

Ces cinq principes généraux sont :

- la proportionnalité,
- la non-discrimination,
- la cohérence,
- l'examen des avantages et des charges résultant de l'action ou de l'absence d'action,
- l'examen de l'évolution scientifique.

Cela signifie que des situations comparables ne doivent pas être traitées de manière différente et que des situations différentes ne doivent pas être traitées de manière égale, à moins qu'un tel traitement soit objectivement justifié (Commission des communautés européennes 2000). Ainsi, si des éléments tendent à prouver que l'exposition aux ondes électromagnétiques représente un risque pour la santé humaine et donc qu'il faille contrôler notre exposition, il est étonnant que paradoxalement, ces mêmes ondes électromagnétiques aient un possible effet sur la prévention de la maladie d'Alzheimer (Arendash, Sanchez-Ramos, et al. 2010).

De plus, faire appel au principe de précaution dans cette proposition de loi signifie qu'un danger a été identifié (1<sup>ère</sup> phase de l'évaluation d'un risque), mais qu'il n'a pas encore été caractérisé puisque de fortes incertitudes scientifiques prédominent. Le processus d'évaluation du risque lié aux radiofréquences est donc incomplet.

De plus, il apparaît que le pilotage du « régime de précaution » s'inscrit nécessairement dans un contexte émotionnel collectif sensible, fondé sur la représentation d'une menace naissante aux contours indéfinis, qui, au total, peut conduire à des inquiétudes plus intenses que les craintes relatives à des risques bien identifiés et avérés, fussent-ils graves. Dans ce contexte, prendre une mesure de précaution tend mécaniquement à légitimer l'hypothèse du risque et rend plus difficile d'expliquer au public que l'on gère un risque qui demeure malgré tout hypothétique (Girard, Tourtelier et Le Bouler 2013).



Enfin, c'est certainement pour ces raisons que dans la deuxième proposition de loi, de décembre 2013, de Madame Laurence Abeille, le principe de précaution a été remplacé par le principe de sobriété.

- *Principe de sobriété*

Un novembre 2013 un rapport sur le développement des usages mobiles et le principe de sobriété a été remis au Premier ministre (Girard, Tourtelier et Le Bouler 2013). Ce rapport avait, entre autre, pour but « l'inscription éventuelle dans la loi d'un principe de sobriété en matière d'ondes électromagnétiques ».

La sobriété dont il est question dans ce rapport, ne saurait être un principe de réglementation classique, comme le sont les préoccupations en matière de santé lorsqu'il est question de fixer des valeurs-limites. La formulation retenue est un peu plus complexe qu'une conception binaire (au-delà du seuil c'est l'interdiction et en-deçà il n'y a aucune prescription particulière).

Une définition de ce principe n'est d'ailleurs pas clairement énoncée.

A la lecture de ce rapport, on devine que le principe de sobriété est un principe de régulation non extravagant. Il peut amener à contre-balancer une réalité réglementaire « décalée » (des seuils de référence réglementaires très supérieurs aux niveaux pratiqués et utiles) et inciter à leur abaissement raisonné. Ainsi, il invite, au nom de l'équité, à considérer les points atypiques et à régler les procédures dans un cadre protocolisé strict (Girard, Tourtelier et Le Bouler 2013).

## CONCLUSION

---

La question de la téléphonie mobile s'inscrit dans une problématique de santé environnementale. Tout comme l'amiante ou encore le bisphénol A, il est à craindre que la multiplication des champs électromagnétiques ait des conséquences directes sur la santé de la population, et ce d'autant plus qu'elle touche celle-ci dans son ensemble.

La téléphonie mobile a changé nos vies à un tel point que s'en trouver dépourvu représente pour certains un handicap difficilement surmontable dans la vie sociale. C'est aussi une source d'inquiétudes pour les observateurs, dans la mesure où jamais l'être humain ne s'était, par le passé, aussi souvent exposé à des ondes électromagnétiques et ce en portant la source de leur émission à l'oreille, donc à proximité immédiate du cerveau. De même, la couverture de l'ensemble du territoire par les réseaux a provoqué la multiplication des émetteurs, des antennes-relais, et des ondes qu'ils propagent.

Face à l'extraordinaire révolution qu'est le téléphone mobile mais également de l'évolution de l'usage que nous en faisons, la science manque de recul pour délivrer une analyse définitive et certaine de la dangerosité ou de l'innocuité des ondes électromagnétiques. Les éventuels effets à long terme nécessitent des durées d'observation importantes : l'étude de cohorte Cosmos pilotée par l'Imperial College of London va ainsi suivre, pendant 30 ans, 250 000 utilisateurs de 18 à 69 ans, mais elle ne produira ses conclusions qu'en 2040. Quant aux études de plus court terme, visant des populations plus restreintes, elles présentent des résultats contrastés permettant aux thuriféraires des ondes comme à leurs contempteurs d'avancer des arguments.

A la lumière de ce constat, la France a choisi d'élaborer une loi en situation de ce que certains qualifient d'incertitude scientifique. Dès lors, il n'était pas demandé au Parlement de se prononcer sur la réalité des risques sanitaires liés à l'exposition aux ondes mais en revanche, de moderniser le cadre juridique applicable pour prévenir la

survenance d'un drame sanitaire, de répondre aux inquiétudes des Français et d'assurer le respect des principes constitutionnels de notre pays, au premier rang desquels celui de « vivre dans un environnement équilibré et respectueux de la santé », comme le rappelle l'article 1<sup>er</sup> de la Charte de l'environnement, constitutionnalisée en 2005.

Les technologies évoluant très vite, le but était de faire évoluer la loi avec elles, non pas pour les museler, mais pour placer des garde-fous.

Outre les effets sanitaires potentiels exclusivement liés aux radiofréquences développés dans cette thèse, le téléphone portable est responsable d'autres effets sanitaires variés comme par exemple des problèmes sociaux, environnementaux et sanitaires. En effet, leur fabrication étant consommatrice de métaux rares, elle participe aux tensions géopolitiques autour de l'exploitation de ces rares composants (United Nations 2001). La disponibilité continue des utilisateurs a des conséquences sur l'addiction, le stress, les troubles du sommeil et la dépression. Étant par définition d'un transport aisé, utilisé en toutes circonstances et rarement voire jamais nettoyé, le téléphone mobile est potentiellement un porteur d'agents pathogènes. Son usage en milieu hospitalier, peut être à l'origine de troubles nosocomiaux (Singh et Purohit 2012).

## BIBLIOGRAPHIE

---

Afsset. «Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences.» Rapport d'expertise collective, 2009.

Alasdair, et Jean Philips. *Electrical Hypersensitivity, a Modern Illness*. 2007.

ANF. *Actualités Archives*. 2014. [http://www.anfr.fr/fr/l-anfr/actualites/archives/detail-archives/article/plus-de-12-500-sites-autorises-pour-la-4g-au-1er-janvier-2014-250/archive/2014/01.html?tx\\_ttnews%5Bday%5D=07&cHash=94b21eb2dabeeda622708232ff33ff67](http://www.anfr.fr/fr/l-anfr/actualites/archives/detail-archives/article/plus-de-12-500-sites-autorises-pour-la-4g-au-1er-janvier-2014-250/archive/2014/01.html?tx_ttnews%5Bday%5D=07&cHash=94b21eb2dabeeda622708232ff33ff67) (accès le Mai 14, 2015).

—. *TNRBF Nos missions*. <http://www.anfr.fr/fr/planification-international/tnrbf/nos-missions.html> (accès le Avril 11, 2015).

ANSES. *Installation du comité de dialogue "Radiofréquences et santé"*. 17 mai 2011. <https://www.anses.fr/fr/content/installation-du-comité-de-dialogue-radiofréquences-et-santé> (accès le mars 22, 2015).

Arcep. *Observatoire des marchés des communications électroniques en France Observatoire des investissements et de l'emploi*. Etude, République Française, 2014, 5.

Arendash, Gary W., et al. «Electromagnetic Field Treatment Protects Against and Reverses Cognitive Impairment in Alzheimer's Disease Mice.» *Journal of Alzheimer's Disease*, Janvier 2010.

Arendash, Gary W., Takashi Mori, Maggie Dorsey, Rich Gonzalez, Naoki Tajiri, et Cesar Borlongan. «Electromagnetic Treatment to Old Alzheimer's Mice Reverses  $\beta$ -Amyloid Deposition, Modifies Cerebral Blood Flow, and Provides Selected Cognitive Benefit.» *PLoS One* 7 (Avril 2012).

Assemblée nationale. *PROPOSITION DE LOI CONSTITUTIONNELLE visant à instaurer un principe d'innovation responsable*. <http://www.assemblee-nationale.fr/14/propositions/pion2293.asp> (accès le Avril 15, 2105).

—. *PROPOSITION DE LOI relative à l'application du principe de précaution défini par la Charte de l'environnement aux risques résultant des ondes électromagnétiques*. 12

Décembre 2012. <http://www.assemblee-nationale.fr/14/propositions/pion0531.asp> (accès le Juin 21, 2015).

—. *Questions sociales et santé : exposition aux ondes électromagnétiques*. Février 2015. [http://www.assemblee-nationale.fr/14/dossiers/transparence\\_exposition\\_ondes\\_electromagnetiques.asp](http://www.assemblee-nationale.fr/14/dossiers/transparence_exposition_ondes_electromagnetiques.asp) (accès le Avril 15, 2015).

Balikci, Kemal, I. Cem Ozcan, Dilek Turgut-Balik, et Hasan H. Balik. «A survey study on some neurological symptoms and sensations experienced by long term users of mobile phones.» *Pathologie Biologie* 53: 30-34.

Bastian. *Le télégraphe Chappe : généralités*. <http://telegraphe-chappe.com/chappe/experiencesA.html> (accès le Mars 2015).

Bellanger, Arnaud, Maxime Bertet, Charlène Kaminski, et Nicolas Le Floc'h. *Les téléphones portables sont-ils dangereux?* Nantes, Mars 2009.

Benson, Victoria S., Kirstin Pirie, Joachim Schüz, Gillian K Reeves, Valerie Beral, et Jane Green. «Mobile phone use and risk of brain neoplasms and other cancers: Prospective study.» *International Journal of Epidemiology* 42 (May 2013): 792-802.

Bouler, Stéphane le. «Table ronde Radiofréquences, santé, environnement .» Rapport de restitution, 2009.

Brown, Frederic J. «L'électrosensibilité officiellement reconnue comme un handicap lourd.» 26 Août 2015.

Cardis, E, et al. «Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study.» *The INTERPHONE Study Group*. Vol. 39. 17 May 2010. 675-694.

Centre International de Recherche sur le Cancer. «Publication de l'étude Interphone sur l'utilisation des téléphones portables et le risque de cancer du cerveau.» 17 Mai 2010.

Chenot, Bernard. *Le téléphone au fil du temps*. <http://museedutelephone.narbonne.pagesperso-orange.fr/expomediaitheque/media61.htm> (accès le Avril 18, 2015).

CNRS. *James Clerk Maxwell & l'électronique*. <http://www.cnrs.fr/sciencespour tous/abecedaire/pages/maxwell.htm> (accès le Mai 1, 2015).

Commission des communautés européennes. «Communication de la Commission sur le recours au principe de précaution.» 2 Février 2000.

Committee on the Institutional Means for Assessment of Risks to Public Health, Commission on Life Sciences, National Research Council. *Risk assessment in the Federal Government: Managing the process*. Washington, DC, 1983.

Conseil constitutionnel. «Charte de l'environnement de 2004.» *Site Web Conseil constitutionnel*. <http://www.conseil-constitutionnel.fr/conseil-constitutionnel/francais/la-constitution/la-constitution-du-4-octobre-1958/charte-de-l-environnement-de-2004.5078.html> (accès le Avril 15, 2015).

—. *Texte intégral de la Constitution du 4 octobre 1958 en vigueur*. <http://www.conseil-constitutionnel.fr/conseil-constitutionnel/francais/la-constitution/la-constitution-du-4-octobre-1958/texte-integral-de-la-constitution-du-4-octobre-1958-en-vigueur.5074.html> (accès le Avril 15, 2015).

Cooper, Martin, interviewer par BBC News. *Inventor of cell phone* (2010).

Coureau, Gaëlle, et al. «Mobile phone use and brain tumours in the CERENAT case-control study.» *Occupational & Environmental Medicine* 71 (May 2014): 514.

Crasson, M. «L'hypersensibilité à l'électricité : une approche multidisciplinaire pour un problème multifactoriel.» Vol. 55. *Eur Rev Appl Psychol*, mars 2005. 51-67.

Criirem. *Le classement des ondes*.

[http://www.criirem.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=11&Itemid=64](http://www.criirem.org/index.php?option=com_content&view=article&id=11&Itemid=64) (accès le Avril 6, 2015).

Danker-Hopfe, H, H Dorn, A Bahr, P Anderer, et C Sauter. «Effects of electromagnetic fields emitted by mobile phones (GSM 900 and WCDMA/UMTS) on the macrostructure of sleep.» *Journal of Sleep Research* 20 (March 2011): 73-81.

Danker-Hopfe, Heidi, Hans Dorn, Christian Bornkessel, et Cornelia Sauter. «Do mobile phone base stations affect sleep of residents? Results from an experimental double-blind sham-controlled field study.» *American Journal of Human Biology* 22 (September 2010): 613-618.

Eltiti, Stacy, et al. «Development and evaluation of the electromagnetic hypersensitivity questionnaire.» *Bioelectromagnetics* 28 (2007): 137-151.

Europa. *Principe de précaution*. 12 Avril 2011.

[http://europa.eu/legislation\\_summaries/consumers/consumer\\_safety/l32042\\_fr.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/consumers/consumer_safety/l32042_fr.htm) (accès le Août 22, 2015).

Falzone, Nadia, Carin Huyser, Daniel R. Franken, et Dariusz Leszczynski. «Mobile Phone Radiation Does Not Induce Pro-apoptosis Effects in Human Spermatozoa.» *Radiation Research Society* 174 (August 2010): 169-176.

Falzone, Nadia, Carin Huyser, P Becker, Dariusz Leszczynski, et Daniel R. Franken. «The effect of pulsed 900-MHz GSM mobile phone radiation on the acrosome reaction, head morphometry and zona binding of human spermatozoa.» *International Journal of Andrology* 34 (February 2011): 20-26.

Gaston-Breton, Tristan. «Samuel Morse.» *Les Echos*, Aout 2011: 1.

GEST, Alain. «LES INCIDENCES ÉVENTUELLES SUR LA SANTÉ DE LA TÉLÉPHONIE MOBILE.» OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES, Paris, 2009, 243.

GH Cochin, Ineris, Anses. «Prise en charge de patients présentant un syndrome d'intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques.» Paris, 30 Janvier 2012.

Ghosn, Rania, Anne-Sophie Villegier, Brahim Selmaoui, Gyorgy Thuroczy, et De Seze René. «Effets des radiofréquences sur le syst`eme nerveux central chez l'homme : EEG, sommeil, cognition, vascularisation.» Vol. 14. Elsevier, 20 Mars 2014. 395-401.

Girard, Jean-François, Philippe Tourtelier, et Stéphane Le Bouler. «Developpement des usages mobiles et principe de précaution.» Rapport remis au Premier ministre, Paris, 2013, 194.

Groupe RNI CRAM/INRS . *Généralités sur les rayonnements non ionisants jusqu'à 300 GHz* . Inrs, 2005, 2.

Heinrich, S, S Thomas, C Heumann, et R, Radon, K von Kries. «Association between exposure to radiofrequency electromagnetic fields assessed by dosimetry and acute symptoms in children and adolescents: a population based cross-sectional study.» *Environmental health* 9 (November 2010).

Hillert, Lena, et al. «The effects of 884 MHz GSM wireless communication signals on headache and other symptoms: an experimental provocation study.» *Bioelectromagnetics* 29 (April 2008): 185-196.

Hochfelder, David. *Alexander Graham Bell*. 2 Février 2015.

<http://global.britannica.com/EBchecked/topic/59564/Alexander-Graham-Bell> (accès le Avril 18, 2015).

ICNIRP. «Frequencies: Hight Frequency 100 kHz - 300 GHz EMF Guidelines.» *ICNIRP*. Avril 1998. <http://www.icnirp.org/en/frequencies/high-frequency/index.html> (accès le Mai 2, 2015).

—. «Frequencies: Hight Frequency 100 kHz - 300 GHz Statement on EMF Guidelines.» *ICNIRP*. 2009. <http://www.icnirp.org/en/frequencies/high-frequency/index.html> (accès le Mai 2, 2015).

Imaiab, Norio, Mayumi Kawabeb, Takashi Hikagec, Toshio Nojimac, Satoru Takahashia, et Tomoyuki Shirai. «Effects on rat testis of 1.95-GHz W-CDMA for IMT-2000 cellular phones.» *Systems Biology in Reproductive Medicine* 57 (2011): 204-209.

Insee. *Accueil Indicateurs clés Population*. Juin 2014. <http://www.insee.fr/fr/default.asp> (accès le Avril 4, 2105).

Institut de veille sanitaire. «Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact.»

Irvine, N. *Definition, Epidemiology and Management of Electrical Sensitivity: Report for the Radiation Protection Division of the Health*. Report for the Radiation Protection Division of the Health Protection Agency, Belfast: Health Protection Agency, 2005, 34.

James Clerk Maxwell Foundation. *Gallery*.

<http://www.clerkmaxwellfoundation.org/html/gallery.html> (accès le Mai 1, 2015).

James, Rubin G, Das Munshi Jayati, et Wessely Simon. «Electromagnetic hypersensitivity: a systematic review of provocation studies.» Vol. 67. March/April 2005. 224-232.

Kesari, Kavindra Kumar, Sanjay Kumar, et Jitendra Behari. «Effects of radiofrequency electromagnetic wave exposure from cellular phones on the reproductive pattern in male Wistar rats.» *Applied Biochemistry and Biotechnology* 164 (June 2011): 546-559.

Lasvignes, Serge. «Journal Officiel de la République Française n°0069.» *Arrêté du 20 mars 2015 portant modification du tableau national de répartition des bandes de fréquences*. Paris, 20 mars 2015.

Lee, HJ, et al. «The lack of histological changes of CDMA cellular phone-based radio frequency on rat testis.» *Bioelectromagnetics* 31 (October 2010): 528-534.



Leitgeb, N. «Proceedings international Workshop on Electromagnetic Fields and Non-specific Health Symptoms.» Graz: COST 244 bis, 19-20 September 1998. 95.

Lena, Hillert, Berglind Niklas, Arnetz Bengt B, et Bellander Tom. «Prevalence of self-reported hypersensitivity to electric or magnetic fields in a population-based questionnaire survey .» *Scandinavian Journal of Work Environnement & Health* 28, n° 1 (2002): 33-41.

Levallois, Patrick, Raymond Neutra, Geraldine Lee, et Lilia Hristova. «Study of Self-Reported Hypersensitivity to Electromagnetic Fields in California.» *Environmental Health Perspectives* 110, n° 4 (Août 2002): 619-623.

Liander, Jean-François. «Le télégraphe de Chappe.» Poitiers: Espace Mendès France, 2013.

Loughran, SP, RJ McKenzie, ML Jackson, ME Howard, et RJ Croft. «Individual differences in the effects of mobile phone exposure on human sleep: rethinking the problem.» *Bioelectromagnetics* 33 (January 2012): 86-93.

Mairie du 11e. *Charte parisienne de téléphonie mobile*. 2013.

[http://mairie11.paris.fr/mairie11/jsp/site/Portal.jsp?page\\_id=1370](http://mairie11.paris.fr/mairie11/jsp/site/Portal.jsp?page_id=1370) (accès le Juin 21, 2015).

Matignon. Paris, 21 Janvier 2013.

Ministère de la santé et des sports. *Que sont les radiofréquences*. 24 Juin 2010.

<http://www.radiofrquences.gouv.fr/spip.php?article38> (accès le Février 20, 2014).

Mohler, E, et al. «Effects of everyday radiofrequency electromagnetic-field exposure on sleep quality: a cross-sectional study.» *Radiation Research Society* 174 (September 2010): 347-356.

Mohler, E, et al. «Exposure to radiofrequency electromagnetic fields and sleep quality: A prospective cohort study.» *PLoS One* 7 (May 2012).

Nanteuil, Lise. *Magie de la fée électricité : le télégraphe*. 21 Septembre 2012.

<https://lisenanteuil.wordpress.com/2012/09/21/magie-de-la-fee-electricite-le-telegraphe/> (accès le Avril 18, 2014).

Ndagijimana, Fabien, et François Gaudaire. *Au coeur des ondes Les champs électromagnétiques en question*. Paris: Dunod, 2013.

Office de Tourisme d'Écouen. *Le télégraphe de Chappe*. <http://www.otecouen.fr/Le-telegraphe-de-Chappe,69> (accès le Avril 18, 2015).

Ollivier, Michel. «Télégraphe de Chappe: Le point des connaissances acquises sur le système de Lille.» *Les Cahiers de la FNARH n°101*, 2006: 5.

OMS. *Accueil / Evaluations / Liste des évaluations*. 23 Mars 2015.

<http://monographs.iarc.fr/FR/Classification/> (accès le Mai 9, 2015).

—. *Champs électromagnétiques et santé publique: hypersensibilité électromagnétique*.

<http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs296/fr/> (accès le Février 12, 2015).

—. *Normes et recommandations* . <http://www.who.int/peh-emf/standards/fr/> (accès le Juillet 18, 2015).

—. *Que sont les champs électromagnétiques ?* <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/fr/index3.html> (accès le 09 14, 2014).

—. *Qu'est-ce que le Projet CEM?* [http://www.who.int/peh-emf/project/EMF\\_Project/fr/index1.html](http://www.who.int/peh-emf/project/EMF_Project/fr/index1.html) (accès le Juillet 18, 2015).

Parlement Européen; Conseil. «DIRECTIVE 2013/35/UE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 26 juin 2013 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques) .» Bruxelles: Journal Officiel de l'Union européenne, 26 Juin 2013.

Pelletier, Amandine, et al. «Effects of chronic exposure to radiofrequency electromagnetic fields on energy balance in developing rats.» *Environmental Science and Pollution Research* 20 (May 2013): 2735-2746.

Portail radiofréquences - Santé - Environnement. "*Hypersensibilité" attribuée aux champs électromagnétiques : étude clinique*. 16 Janvier 2014.

<http://www.radiofrquences.gouv.fr/spip.php?article102> (accès le Août 29, 2015).

—. *Expérimentations sur la téléphonie mobile*. 12 Septembre 2013.

<http://www.radiofrquences.gouv.fr/spip.php?article104> (accès le Avril 15, 2015).

République française. «Code de l'environnement - Article L110-1.» *Site Web*

*Legifrance.gouv.fr*.

[http://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do;jsessionid=7A63AE6BB835828CB20DB40BF8503907.tpdjo13v\\_3?cidTexte=LEGITEXT000006074220&idArticle=LEGIARTI000026849052&dateTexte=20130612&categorieLien=id#LEGIARTI000026849052](http://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do;jsessionid=7A63AE6BB835828CB20DB40BF8503907.tpdjo13v_3?cidTexte=LEGITEXT000006074220&idArticle=LEGIARTI000026849052&dateTexte=20130612&categorieLien=id#LEGIARTI000026849052). (accès le Avril 15, 2015).

- République Française. «LOI no 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement.» *Site Web Legifrance.gouv.fr*.  
<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000551804&dateTexte=&categorieLien=id> (accès le Avril 15, 2015).
- Schmid, MR, et al. «Sleep EEG alterations: effects of different pulse-modulated radio frequency electromagnetic fields.» *Journal of Sleep Research* 21 (February 2012): 50-58.
- Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks. «Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF).» Opinion, European Commission, 2015, 288.
- Seitz, H., D. Stinner, Th. Eikmann, C. Herr, et M. Rösli. «Electromagnetic hypersensitivity (EHS) and subjective health complaints associated with electromagnetic fields of mobile phone communication-a literature review published between 2000 and 2004.» *Science of The Total Environment* 349 (October 2005): 45-55.
- Sénat. «Proposition de loi adoptée par l'Assemblée Nationale, visant à interdire l'utilisation des phtalates, des parabènes et des alkylphénols.» *Site web du Sénat*. 3 mai 2011.  
<http://www.senat.fr/leg/pp10-486.html> (accès le mai 17, 2013).
- . *Scrutin n° 205 - séance du 26 juin 2014*. 26 Juin 2014. <http://www.senat.fr/scrutin-public/2013/scr2013-205.html> (accès le Août 22, 2015).
- Serge Brand, Pia Heller, Andreas J. Bircher, Charlotte Braun-Fahrleander, Anke Huss, Markus Niederer, Simone Schwarzenbach, Roger Waeber, Lukas Wegmann, Joachim Kuechenhoff. «Patients with environment-related disorders: Comprehensive results of interdisciplinary diagnostics.» *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 212 (March 2009): 157-171.
- Simunic, D. «Proceedings of the COST 244: Biomedical Effects of Electromagnetic Fields.» Brussels/Graz, 1995. 52-57.
- Singh, Abhinav, et Bharathi Purohit. «Mobile Phones in Hospital Settings: A Serious Threat to Infection Control Practices.» *Occupational Health & Safety*, March 2012.
- SPARK Museum of Electrical Invention. *Collections: The Beginning of Radio and the Wireless Era (1853-1920)*. [http://www.sparkmuseum.org/collections/the-beginning-of-radio-and-the-wireless-era-\(1853-1920\)/herzian-waveradiator-and-resonator/](http://www.sparkmuseum.org/collections/the-beginning-of-radio-and-the-wireless-era-(1853-1920)/herzian-waveradiator-and-resonator/) (accès le Mai 1, 2015).

The Interphone Study Group. « Acoustic neuroma risk in relation to mobile telephone use: Results of the INTERPHONE international case-control study. » 35 (October 2011): 453-464.

Thomasset, Thierry. *Les hommes Heinrich Rudolf Hertz*. Mai 2011.

<http://www.utc.fr/~tthomass/Themes/Unites/index.html> (accès le Mai 1, 2015).

Une terre pour les EHS. *Carte nationale de recensement des E.H.S.* Juin 2014.

<http://www.uneterrepourlesehs.org/recensement-ehs/carte-electrohypersensibles> (accès le Août 25, 2015).

United Nations. *SECURITY COUNCIL CONDEMNS ILLEGAL EXPLOITATION OF DEMOCRATIC REPUBLIC OF CONGO'S NATURAL RESOURCES*. 3 May 2001.

<http://www.un.org/press/en/2001/sc7057.doc.htm> (accès le Août 29, 2015).

Vogel, Ulf Bergqvist and Evi, et al. *Possible health implications of subjective symptoms and electromagnetic fields*. Rapport préparé par un groupe d'experts européen pour le compte de la Commission Européenne, Arbetslivsinstitutet, 1997.

WHO. *Electromagnetic Hypersensitivity; Proceedings International Workshop on EMF Hypersensitivity*. 182 vols. Prague: Kjell Hansson Mild; Mike Repacholi; Emilie van Deventer; Paolo Ravazzani, 2006.

—. *EMF World Wide Standards*. <http://www.who.int/docstore/peh-emf/EMFStandards/who-0102/Worldmap5.htm> (accès le Juillet 18, 2015).

Wilén, J., M. Sandström, et KH. Mild. «Subjective symptoms among mobile phone users-a consequence of absorption of radiofrequency fields? .» *Bioelectromagnetics* 24 (April 2003): 152-159.

## ANNEXES

---

- **Annexe 1** : Version consolidée du 16 août 2015 du décret n°2002-775 du 3 mai 2002 pris en application du 12° de l'article L. 32 du code des postes et télécommunications et relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques.
- **Annexe 2** : Proposition de loi de Madame Laurence Abeille relative à l'application du principe de précaution défini par la Charte de l'environnement aux risques résultant des ondes électromagnétiques.
- **Annexe 3** : Texte définitif de la proposition de loi de Madame Laurence Abeille relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques.

---

**Annexe 1 :**

Version consolidée du 16 août 2015 du décret n°2002-775 du 3 mai 2002 pris en application du 12° de l'article L. 32 du code des postes et télécommunications et relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques.

---

Le 16 août 2015

DECRET

**Décret n°2002-775 du 3 mai 2002 pris en application du 12° de l'article L. 32 du code des postes et télécommunications et relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques**

NOR: INDI0220135D

Version consolidée au 16 août 2015

Le Premier ministre,

Sur le rapport du ministre de l'économie, des finances et de l'industrie et de la ministre de l'emploi et de la solidarité,

Vu la directive 73/23/CE du Conseil du 19 février 1973 modifiée concernant le rapprochement des législations des Etats membres relatives au matériel électrique destiné à être utilisé dans certaines limites de tension ;

Vu la directive 1999/5/CE du Parlement européen et du Conseil du 9 mars 1999 concernant les équipements hertziens et les équipements terminaux de télécommunication et la reconnaissance mutuelle de leur conformité ;

Vu la recommandation 1999/519/CE du Conseil de l'Union européenne du 12 juillet 1999 relative à l'exposition du public aux champs électromagnétiques (de 0 Hz à 300 GHz) ;

Vu le code des postes et télécommunications, notamment le 12° de son article L. 32 ;

Vu la loi n° 86-1067 du 30 septembre 1986 modifiée relative à la liberté de communication, notamment son article 25 ;

Vu l'avis de la commission consultative des radiocommunications en date du 4 octobre 2001 ;

Vu l'avis de la commission supérieure du service public des télécommunications en date du 22 avril 2002 ;

Vu l'avis de l'Autorité de régulation des télécommunications en date du 18 avril 2002,

## **Article 1**

Le présent décret s'applique à toute personne exploitant un réseau de télécommunications tel que défini au 2° de l'article 32 du code des postes et télécommunications.

Sont notamment soumis aux dispositions du présent décret :

- les titulaires d'une autorisation délivrée en application des articles L. 33-1 et L. 33-2 du code des postes et télécommunications ;
  
- les personnes exploitant les réseaux ou installations radioélectriques mentionnés à l'article L. 33-3 du code des postes et télécommunications ;
  
- les personnes exploitant les installations mentionnées au 1° de l'article L. 33 du code des postes et télécommunications ;
  
- les personnes titulaires d'une autorisation d'usage des fréquences, ou d'un droit d'utilisation de la ressource radioélectrique ou qui sont assignataires de cette ressource, en application des articles 26, 29, 30, 30-1, 30-2, 33-2 et 34 de la loi du 30 septembre 1986 susvisée.

## **Article 2**

Les personnes mentionnées à l'article 1er veillent à ce que le niveau d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements des réseaux de télécommunications et par les installations radioélectriques qu'ils exploitent soit inférieur aux valeurs limites fixées au 2.1 de l'annexe au présent décret.

Ces valeurs sont réputées respectées lorsque le niveau des champs électromagnétiques émis par les équipements et installations radioélectriques concernés est inférieur aux niveaux de référence indiqués au 2.2 de cette même annexe.

## **Article 3**

Lorsque plusieurs équipements ou installations radioélectriques sont à l'origine des champs électromagnétiques en un lieu donné, les personnes mentionnées à l'article 1er veillent à ce que le niveau d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis globalement par l'ensemble des équipements et installations concernés soit inférieur aux valeurs limites définies au A du 2.3 de l'annexe au présent décret.



Il est satisfait à l'obligation définie à l'alinéa précédent lorsque les champs électromagnétiques globalement émis par les équipements et installations satisfont aux niveaux de référence définis au B du 2.3 de cette même annexe.

#### **Article 4**

Les dispositions de l'article 2 sont réputées satisfaites lorsque les équipements et installations radioélectriques sont conformes et installés et exploités conformément aux normes ou spécifications pertinentes dont les références sont publiées au Journal officiel des Communautés européennes ou à défaut au Journal officiel de la République française.

Les dispositions de l'article 3 sont réputées satisfaites lorsque les normes ou spécifications mentionnées au précédent alinéa couvrent la situation mentionnée à cet article et que les équipements et installations radioélectriques sont conformes et installés et exploités conformément à ces normes ou spécifications.

#### **Article 5**

Les personnes mentionnées à l'article 1er communiquent aux administrations ou autorités affectataires des fréquences concernées, à leur demande, un dossier contenant soit une déclaration selon laquelle l'équipement ou l'installation est conforme aux normes ou spécifications mentionnées à l'article 4, soit les documents justifiant du respect des valeurs limites d'exposition ou, le cas échéant, des niveaux de référence. Cette justification peut notamment être apportée en utilisant, dans les limites de son champ d'application, un protocole de mesure in situ du niveau d'exposition du public aux champs électromagnétiques, dont les références sont publiées au Journal officiel des Communautés européennes ou au Journal officiel de la République française.

Le dossier mentionné à l'alinéa précédent précise également les actions engagées pour assurer qu'au sein des établissements scolaires, crèches ou établissements de soins qui sont situés dans un rayon de cent mètres de l'équipement ou de l'installation, l'exposition du public au champ électromagnétique émis par l'équipement ou l'installation est aussi faible que possible tout en préservant la qualité du service rendu.

Le dossier mentionné au premier alinéa est communiqué à l'Agence nationale des fréquences, à sa demande, lorsqu'elle procède à des contrôles en application du 10° de l'article R. 52-2-1 du code des postes et télécommunications, par les administrations ou autorités affectataires des fréquences concernées ou, si celles-ci en sont d'accord, directement par les personnes mentionnées à l'article 1er. L'agence informe les administrations ou autorités affectataires des fréquences concernées des résultats de ces contrôles.

## Article 6

Pour les équipements et installations radioélectriques dont la mise en service est intervenue avant la publication du présent décret, les dispositions de l'article 5 sont applicables six mois après la date de publication du présent décret.

## Article 7

Le ministre de l'économie, des finances et de l'industrie, la ministre de l'emploi et de la solidarité, le ministre de l'intérieur, le ministre de la défense, le ministre de l'équipement, des transports et du logement, la ministre de la culture et de la communication, le ministre délégué à la santé et le ministre délégué à l'industrie, aux petites et moyennes entreprises, au commerce à l'artisanat et à la consommation sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

## Article Annexe

### 1. Définitions

#### 1.1. Grandeurs physiques

Le courant de contact ( $I_c$ ) entre une personne et un objet est exprimé en ampères (A). Un objet conducteur dans un champ électrique peut être chargé par ce champ.

La densité de courant ( $J$ ) est définie comme le courant traversant une unité de surface perpendiculaire au flux de courant dans un volume conducteur tel que le corps humain ou une partie du corps, exprimée en ampères par  $m^2$  ( $A/m^2$ ).

L'intensité de champ électrique est une grandeur vectorielle ( $E$ ) qui correspond à la force exercée sur une particule chargée indépendamment de son déplacement dans l'espace. Elle est exprimée en volts par mètre (V/m).

L'intensité de champ magnétique est une grandeur vectorielle ( $H$ ) qui, avec l'induction magnétique, définit un champ magnétique en tout point de l'espace. Elle est exprimée en ampères par mètre (A/m).

L'induction magnétique (densité de flux magnétique) est une grandeur vectorielle ( $B$ ) définie en termes de force exercée sur des charges circulantes, et elle est exprimée en teslas (T). En espace libre et dans les matières biologiques, l'induction magnétique et l'intensité de champ magnétique peuvent être utilisées indifféremment selon l'équivalence  $1 A.m^{-1} = 4 \cdot 10^{-7} T$ .

La densité de puissance ( $S$ ) est la grandeur appropriée utilisée pour des hyperfréquences lorsque la profondeur de pénétration dans le corps est faible. Il s'agit du quotient de la puissance rayonnée incidente perpendiculaire à une surface par l'aire de cette surface. Elle est exprimée en Watts par  $m^2$  ( $W/m^2$ ).

Le débit d'absorption spécifique (DAS) de l'énergie moyenné sur l'ensemble du corps ou sur une partie quelconque du corps est défini comme le débit avec lequel l'énergie est absorbée par unité de masse du tissu du corps, elle est exprimée en Watts par kilogramme (W/kg).

#### 1.2. Restrictions de base et niveaux de référence

Restrictions de base. Les restrictions concernant l'exposition à des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques variables dans le temps, qui sont fondées directement

sur des effets avérés sur la santé et des considérations biologiques, sont qualifiées de “restrictions de base”. En fonction de la fréquence du champ, les grandeurs physiques utilisées pour spécifier ces restrictions sont l’induction magnétique (B), la densité de courant (J), le débit d’absorption spécifique de l’énergie (DAS) et la densité de puissance (S).

Niveaux de référence. Ces niveaux sont fournis aux fins de l’évaluation de l’exposition dans la pratique pour déterminer si les restrictions de base risquent d’être dépassées. Certains niveaux de référence sont dérivés des restrictions de base concernées au moyen de mesures et/ou de techniques de calcul, et certains autres ont trait à la perception et à des effets nocifs indirects de l’exposition aux champs électromagnétiques. Les grandeurs dérivées sont l’intensité de champ électrique (E), l’intensité de champ magnétique (H), l’induction magnétique (B), la densité de puissance (S), et les courants induits dans les extrémités (IL). Les grandeurs qui concernent la perception et d’autres effets indirects sont les courants (de contact IC) et, pour les champs pulsés, l’absorption spécifique (AS). Dans une situation d’exposition particulière, des valeurs mesurées ou calculées de ces grandeurs peuvent être comparées avec le niveau de référence approprié. Le respect du niveau de référence garantira le respect de la restriction de base correspondante. Si la valeur mesurée est supérieure au niveau de référence, il n’en découle pas nécessairement un dépassement de la restriction de base.

## 2. Valeurs limites d’exposition du public

### 2.1. Restrictions de base

En fonction de la fréquence, des grandeurs physiques différentes sont utilisées pour définir les restrictions de base concernant les champs électromagnétiques.

#### Valeurs limites d’exposition du public

GAMME DES FRÉQUENCES	INDUCTION magnétique (mT)	DENSITÉ de courant S (mA/m <sup>2</sup> ) (valeur efficace)	MOYENNE DAS pour l'ensemble du corps (W/kg)	DAS localisé (tête et tronc) (W/kg)	DAS localisé (membres) (W/kg)	DENSITÉ de puissance S (W/m <sup>2</sup> )
0 Hz	40	-	-	-	-	-
> 0-1 Hz	-	8	-	-	-	-
1-4 Hz	-	8/f	-	-	-	-
4-1 000 Hz	-	2	-	-	-	-
1 000 Hz-100 kHz	-	f/1500	-	-	-	-
100 kHz-10 MHz	-	f/500	0,08	2	4	-
10 MHz-10 GHz	-	-	0,08	2	4	-
10-300 GHz	-	-	-	-	-	10

Notes. - 1. f est la fréquence en Hz.

2. En raison de l’hétérogénéité électrique du corps, la valeur moyenne des densités de courants devrait être évaluée sur une section de 1 cm<sup>2</sup> perpendiculaire à la direction du

courant.

3. Pour des fréquences jusqu'à 100 kHz, les valeurs de crête de densité du courant peuvent être obtenues en multipliant la valeur efficace par 2 (1,414).

4. Toutes les valeurs moyennes de DAS doivent être mesurées sur un intervalle de temps de six minutes.

5. La masse retenue pour évaluer le DAS moyen localisé est de 10 g de tissu contigu. Le DAS maximal ainsi obtenu devrait être la valeur utilisée pour l'estimation de l'exposition. Ces 10 g de tissu doivent être une masse de tissu contigu aux propriétés électriques presque homogènes. En précisant qu'il doit s'agir d'une masse de tissu contigu, on reconnaît que ce concept peut être utilisé dans la dosimétrie informatique, mais peut présenter des difficultés pour les mesures physiques directes. Une simple masse de tissu de forme cubique peut être utilisée, à condition que les grandeurs dosimétriques calculées aient des valeurs plus prudentes que celles données dans les recommandations.

## 2.2. Niveaux de référence

Le respect des niveaux de référence garantit le respect des restrictions de base.

Les niveaux de référence pour la limitation de l'exposition sont obtenus sur la base des restrictions de base pour le couplage maximal du champ avec l'individu exposé, ce qui fournit ainsi la protection maximale.

### A. - Niveaux des champs

GAMME de fréquences	E(V/m)	H(A/m)	B( $\mu$ T)	DENSITÉ	
				de puissance équivalente en onde plane Seq (W/m <sup>2</sup> )	
0-1 Hz	-	3,2 x 10 <sup>4</sup>	4 x 10 <sup>4</sup>	-	
1-8 Hz	10 000	3,2 x 10 <sup>4</sup> /f <sub>2</sub>	4 x 10 <sup>4</sup> /f <sub>2</sub>	-	
8-25 Hz	10 000	4 000/f	5 000/f	-	
0,025-0,8 kHz	250/f	4/f	5/f	-	
0,8-3 kHz	250/f	5	6,25	-	
3-150 kHz	87	5	6,25	-	
0,15-1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	-	
1-10 MHz	87/f <sup>1/2</sup>	0,73/f	0,92/f	-	
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2	
400-2 000 MHz	1,375 f <sup>1/2</sup>	0,003 7 f <sup>1/2</sup>	0,004 6 f <sup>1/2</sup>	f/200	
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10	

Notes :

1. comme indiqué dans la colonne de la gamme de fréquences.

2. Pour des fréquences comprises entre 100 kHz et 10 GHz, la valeur moyenne de Seq, E<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> et B<sub>2</sub> doit être mesurée sur un intervalle de temps de six minutes.

3. Pour des fréquences supérieures à 10 GHz, la valeur moyenne de Seq, E<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> et B<sub>2</sub> doit être mesurée sur un intervalle de temps de 68/1,05 minute ( est exprimée en GHz).

### B. - Courants de contact et courants induits dans les membres

Pour des fréquences jusqu'à 110 MHz, il convient d'appliquer des niveaux de référence supplémentaires pour éviter les dangers dus à des courants de contact.

Niveaux de référence pour les courants de contact d'objets conducteur par le public ( exprimée en kHz ) :

GAMME DE FRÉQUENCES	COURANT DE CONTACT MAXIMAL	
	(mA)	
0-2 500 Hz	0,5	
2,5-100 kHz	0,2 f	
100 kHz-110 MHz	20	

Pour la gamme de fréquences comprise entre 10 MHz et 110 MHz, un niveau de référence de 45 mA pour le courant traversant un membre est recommandé. Il s'agit de limiter le DAS localisé sur un intervalle de temps de six minutes.

### 2.3. Restrictions de base et niveaux de référence dans les lieux où le public est exposé à des sources émettant à plusieurs fréquences

Dans des situations où une exposition simultanée à des champs de fréquences différentes se produit, il convient de vérifier que les critères suivants sont respectés soit pour les restrictions de base, soit pour les niveaux de référence.

#### A. - Restrictions de base

Pour des fréquences de 1 Hz jusqu'à 10 MHz, il convient d'additionner les densités de courant induit suivant la formule :

(Formule non reproduite, consulter le fac-similé)

Pour les fréquences égales ou supérieures à 100 kHz, il convient d'additionner les débits d'absorption spécifiques de l'énergie et les densités de puissance suivant la formule :

(Formule non reproduite, consulter le fac-similé)

où :

$J_i$  est la densité de courant à la fréquence  $i$  ;

$J_{L,i}$  est la restriction de base pour la densité de courant à la fréquence  $i$ , telle qu'elle figure dans le tableau figurant au 2.1. ;

$DAS_i$  est la DAS provoqué par l'exposition à la fréquence  $i$  ;

$DAS_L$  est la restriction de base de DAS figurant dans le tableau figurant au 2.1 ;

$S_i$  est la densité de puissance à la fréquence  $i$  ;

$S_L$  est la restriction de base pour la densité de puissance figurant dans le tableau figurant au 2.1.

#### B. - Niveaux de référence

Pour les fréquences comprises entre 1 Hz et 10 MHz, il convient d'appliquer les deux exigences suivantes au niveau des champs :

(Formule non reproduite, consulter le fac-similé)

où :

$E_i$  est l'intensité de champ électrique à la fréquence  $i$  ;

$E_{L,i}$  est le niveau de référence d'intensité de champ électrique du tableau figurant au A du 2.2 ;

$H_j$  est l'intensité de champ magnétique à la fréquence  $j$  ;

$H_{L,j}$  est le niveau de référence de l'intensité de champ magnétique du tableau figurant au A du 2.2 ;

$a$  est égal à 87 V/m et  $b$  à 5 A/m (6,25 micro T).

Pour les fréquences égales ou supérieures à 100 kHz, il convient d'appliquer les deux exigences suivantes aux niveaux des champs :

(Formule non reproduite, consulter le fac-similé)

et où :

$E_i$  est l'intensité de champ électrique à la fréquence  $i$  ;

$E_{L,i}$  est le niveau de référence de champ électrique figurant au A du 2.2. ;

$H_j$  est l'intensité de champ magnétique à la fréquence  $j$  ;

$H_{L,j}$  est le niveau de référence de champ magnétique dérivé du tableau figurant au A du 2.2. ;

c est égal à  $87/1/2$  V/m et d à  $0,73/$  A/m.

Pour les courants induits dans les extrémités et les courants de contacts, respectivement, il convient d'appliquer les restrictions suivantes :

où :

$I_k$  est la composante de courant induit dans les extrémités à la fréquence k ;

$I_{L,k}$  est le niveau de référence pour les courants induits dans les extrémités, 45 mA ;

$I_n$  est la composante des courants à la fréquence n ;

$I_{C,n}$  est le niveau de référence pour les courants de contacts à la fréquence n.

Lionel Jospin

Par le Premier ministre :

Le ministre délégué à l'industrie,

aux petites et moyennes entreprises,

au commerce, à l'artisanat

et à la consommation,

Christian Pierret

Le ministre de l'économie,

des finances et de l'industrie,

Laurent Fabius

La ministre de l'emploi et de la solidarité,

Élisabeth Guigou

Le ministre de l'intérieur,

Daniel Vaillant

Le ministre de la défense,

Alain Richard

Le ministre de l'équipement,

des transports et du logement,

Jean-Claude Gayssot

La ministre de la culture

et de la communication,

Catherine Tasca

Le ministre délégué à la santé,

Bernard Kouchner

---

**Annexe 2 :**

Proposition de loi de Madame Laurence Abeille relative à l'application du principe de précaution défini par la Charte de l'environnement aux risques résultant des ondes électromagnétiques.

---





N° 531

# ASSEMBLÉE NATIONALE

CONSTITUTION DU 4 OCTOBRE 1958

QUATORZIÈME LÉGISLATURE

---

Enregistré à la Présidence de l'Assemblée nationale le 12 décembre 2012.

## PROPOSITION DE LOI

*relative à l'application du principe de précaution  
défini par la Charte de l'environnement aux risques  
résultant des ondes électromagnétiques,*

(Renvoyée à la commission des affaires économiques, à défaut de constitution d'une commission spéciale dans les délais prévus par les articles 30 et 31 du Règlement.)

présentée par Mesdames et Messieurs

Laurence ABEILLE, Éric ALAUZET, Brigitte ALLAIN, Isabelle ATTARD,  
Danielle AUROI, Denis BAUPIN, Michèle BONNETON, Christophe  
CAVARD, Sergio CORONADO, François-Michel LAMBERT, Noël  
MAMÈRE, Véronique MASSONNEAU, Paul MOLAC, Barbara POMPILI,  
Jean-Louis ROUMEGAS, François DE RUGY et Eva SAS,

députés.

## EXPOSÉ DES MOTIFS

MESDAMES, MESSIEURS,

### **Un débat de société et de santé publique**

Depuis les années 1990, les systèmes de communication sans fil connaissent un essor important : téléphone portable, 3G, Wifi, WIMAX, et depuis peu, déploiement de la 4G. Ce développement suscite des interrogations au sein de la population, que ce soit de la part d'habitants qui résident à proximité d'une antenne relais existante ou en projet, des usagers, des différentes associations spécialisées qui se sont saisies de cette question ou encore de la communauté scientifique. Au fil des années, les mobilisations citoyennes se sont multipliées : élu/es locaux, habitant/es, associations se sont saisis de cette question. Les principales interrogations portent d'une part sur l'absence de législation claire encadrant ces technologies ; d'autre part sur les effets sanitaires de l'exposition du public aux champs électromagnétiques, issus des antennes relais ou des installations wifi aussi bien que du portable lui-même.

La question de la téléphonie mobile s'inscrit dans une problématique de santé environnementale. Tout comme les éthers de glycol, l'amiante ou encore le bisphénol A, il est à craindre que la multiplication des champs électromagnétiques ait des conséquences directes sur la santé de la population, et ce d'autant plus qu'elle touche celle-ci dans son ensemble.

Nous évoluons quotidiennement dans un bain électromagnétique. Les ondes produites ont différentes origines : radio, télévision, appareils électroménagers, ampoules basse consommation, etc... Cependant, parmi celles-ci les ondes électromagnétiques pulsées posent particulièrement problème. Contrairement aux précédentes, la spécificité des ondes rayonnées par les technologies sans fil se fonde en effet sur l'alliance entre hautes et extrêmement basses fréquences.

Pour aboutir à une législation intelligente, deux formes d'exposition doivent être prises en compte : l'exposition active, dans le cas d'une utilisation volontaire d'un appareil sans fil ; l'exposition passive, c'est le cas des riverains des antennes relais ou des lignes à haute tension et très haute tension (THT).

## **Une expertise internationale en faveur de l'abaissement des seuils**

Depuis une dizaine d'années, de nombreuses études ont été réalisées dans le monde pour évaluer les effets des ondes électromagnétiques. Un nombre croissant d'experts s'accorde désormais sur les dangers pour la santé induits par une exposition du public aux champs électromagnétiques issus des technologies de communication sans fils. L'apparition de risques pour la santé est évoquée à des niveaux bien inférieurs à ceux fixés par la réglementation actuelle.

À titre d'exemple, les études ou les expertises menées par l'Institut de Médecine Environnementale suédois, par l'équipe TNO en Hollande, par le programme européen REFLEX, par le *National Radiological Protection Board* en Angleterre ou encore par le *Bioinitiativ Group* aux États-Unis établissent des effets sur la santé d'une exposition prolongée aux champs électromagnétiques, et ce dès un seuil de 0,7 volts par mètre.

Le débat scientifique n'est aujourd'hui pas tranché. Cette incertitude scientifique appelle à la prudence. Comme le préconisent nombre d'experts indépendants, elle nécessite la réalisation de nouvelles études impartiales. Dans l'attente, elle exige aussi d'appliquer le principe de précaution en établissant un seuil maximal de précaution sanitaire plus stricte.

## **Une préoccupation relayée par les institutions internationales**

L'interpellation et les questionnements de la population et de la communauté scientifique sont partagés par les institutions internationales, qui à leur tour demandent l'adoption de réglementations plus protectrices de la population et des usagers.

Dès 2008, le Parlement européen a adopté une résolution constatant que « les limites d'exposition aux champs électromagnétiques fixées pour le public sont obsolètes dès lors qu'elles n'ont pas été adaptées depuis la recommandation 1999/519/CE du Conseil du 12 juillet 1999 relatives à la limitation d'exposition du public aux champs électromagnétiques [0 Hz à 300 GHz], que ces limites ne tiennent évidemment pas compte de l'évolution des technologies de l'information et de la communication ni, d'ailleurs, des recommandations préconisées par l'Agence européenne pour l'environnement [...] ».

En 2009, le Parlement européen a par ailleurs considéré que la technologie des appareils sans fil peut « avoir des effets néfastes sur la santé humaine », et « prie instamment la Commission de procéder à la

révision » de la recommandation 1999/519/CE relative à l'exposition du public aux champs électromagnétiques, recommandation sur laquelle s'appuient les normes françaises.

Une telle préoccupation a été relayée en 2011 par l'Assemblée parlementaire du Conseil de l'Europe (APCE), qui a adopté une résolution (n° 1815) visant à instituer un seuil maximal d'exposition aux ondes ne dépassant pas 0,6 V/m et de ramener ce seuil à moyen terme à 0,2 V/m. L'APCE a aussi recommandé que soit portée une « attention particulière aux personnes “électrosensibles” atteintes du syndrome d'intolérance aux champs électromagnétiques et de prendre des mesures spéciales pour les protéger, en créant par exemple des “zones blanches” non couvertes par les réseaux sans fil ».

En 2011 enfin, le Centre de Recherche International sur le Cancer (CIRC) de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a classé les champs électromagnétiques des fréquences radioélectriques comme potentiellement cancérigènes (classification 2B). La bande de fréquences concernée s'étend de 100 kHz à 300 GHz et inclut les radiofréquences et les hyperfréquences de la téléphonie mobile. Cette classification a déclenché une prise de conscience sur la nécessité d'agir rapidement pour prévenir les effets athermiques des radiofréquences.

### **Des normes françaises obsolètes**

Les technologies sans fil se sont développées à une vaste échelle, sur l'ensemble du territoire national alors qu'aucune étude d'impact sanitaire n'a été réalisée au préalable. C'est pourtant l'ensemble de la population qui est exposé quotidiennement aux ondes électromagnétiques. Le réseau des quatre opérateurs de téléphonie mobile couvre la quasi-totalité du territoire. Selon l'Agence nationale des Fréquences (ANFr), la France compte environ 150 000 installations de radiotéléphonie (outre-mer compris), dont 52 600 installations GSM 900 ou 1 800, 47 600 installations UMTS (3G) et 1 300 installations de base WIMAX. 65 millions de lignes de téléphone portable sont activées. Si les résultats des études sanitaires internationales venaient à être confirmés, c'est à un scandale sanitaire auquel il faudrait faire face. À l'aube du déploiement de la 4G, il est désormais urgent et indispensable que des études d'impact sanitaires soient initiées.

Pourtant, le dispositif légal qui encadre le déploiement des technologies sans fil est obsolète. Le décret 2002-775 du 3 mai 2002, basé sur la recommandation 1999/519/CE du Conseil de l'Union Européenne relative à l'exposition du public aux champs électromagnétiques, est

désormais largement remis en question par les institutions internationales et la communauté scientifique. Ce décret n'est fondé que sur des éléments techniques et ne prend pas en compte la problématique de santé publique et des effets physiopathologiques des ondes électromagnétiques. Les seuils d'exposition du public aux champs électromagnétiques sont ainsi fixés à 41 V/m pour la fréquence de 900 Mhz (GSM), 58 V/m pour la fréquence de 1 800 Mhz (DCS) et à 61 V/m pour la fréquence de 2 100 Mhz (UMTS ou 3G).

Ces seuils peuvent être rapidement révisés à la baisse. En effet, la téléphonie mobile fonctionne ou a déjà fonctionné avec des seuils beaucoup plus faibles dans différentes régions : Valencia en Espagne, Toscane en Italie, Fribourg en Allemagne, Salzbourg en Autriche, etc. Le seuil maximal est fixé à 6 V/m en Russie, à 3 V/m à Bruxelles et à 2 V/m en Argentine. Un téléphone mobile peut fonctionner avec des niveaux proches du mV/m.

### **Le présent texte propose une modification en profondeur de la législation française**

La présente proposition de loi ne vise pas à interdire ou à rendre inutilisables les technologies émettant des champs électromagnétiques : le développement de technologies sans fil est souhaité dès lors que des seuils de protection sanitaire de la population sont clairement définis.

L'article 1<sup>er</sup> crée un nouveau chapitre au sein du code de l'environnement consacré à la prévention des risques pour la santé et l'environnement résultant de l'exposition aux ondes électromagnétiques.

Le nouvel article L. 524-2 propose la réalisation d'une étude d'impact impartiale sur la santé humaine et sur l'environnement lors du développement de toute nouvelle application technologique émettant des rayonnements électromagnétiques.

Le nouvel article L. 524-3 propose de contraindre les fabricants d'appareils dotés de la technologie WIFI à les munir d'un système mécanique simple de désactivation. L'émission du wifi des box internet est constante alors que l'utilisation n'est qu'intermittente. Cet article propose également de moduler la puissance d'émission du wifi. On constate en effet que le Wifi couvre une surface de plusieurs dizaines de mètres alors qu'il est le plus souvent utilisé dans un rayon de quelques mètres, renforçant ce « bain d'ondes », notamment au sein des copropriétés.

Le nouvel article L. 524-4 vise à indiquer le niveau d'émission de champs électromagnétiques sur tous les émetteurs, afin d'informer la population sur l'accumulation d'ondes de toute nature provenant d'une multitude d'appareils de la vie courante.

Le nouvel article L. 524-5 a trait aux autres sources d'émission électromagnétiques domestiques, de plus en plus nombreuses, comme celles émanant des compteurs dits « intelligents ». Cet article propose que l'installation de ce type d'appareil par un tiers soit soumise à l'accord de l'habitant.

Les nouveaux articles L. 524-6 et L. 524-7 proposent l'interdiction du Wifi dans les structures d'accueil de la petite enfance et vise à favoriser les connexions filaires dans les établissements scolaires et dans les établissements recevant du public.

Les nouveaux articles L. 524-8 et L. 524-9 concernent l'électrohypersensibilité, maladie encore peu connue. Les champs électromagnétiques sont partout et constants, rendant difficile voire insupportable la vie des personnes électrohypersensibles. Ce mal du siècle doit être mieux appréhendé, mieux étudié et traité. L'article L. 524-9 propose un rapport relatif à la reconnaissance de cette pathologie comme handicap environnemental. Il est également nécessaire que des solutions soient trouvées pour les personnes qui souffrent de cette pathologie ; l'expérimentation de zones blanches en fait partie.

L'article 2 crée un nouveau chapitre au sein du code de l'urbanisme relatif à l'installation des antennes-relais.

Le nouvel article L. 474-1 encadre plus strictement l'implantation des antennes-relais en imposant la délivrance d'un permis de construire.

Le nouvel article L. 474-2 renforce la transparence en informant les riverains lors de l'implantation d'une antenne-relais.

Le nouvel article L. 474-3 impose la réalisation par les collectivités territoriales d'un document consultable par les administrés recensant l'ensemble des antennes-relais présentes sur le territoire.

L'article 3 modifie le code des postes et des communications électroniques. Considérant que le décret de 2002 qui fixe les seuils d'exposition du public aux ondes électromagnétiques est obsolète et apparaît comme illégal au vu du principe de précaution défini dans la

charte de l'environnement, cet article propose la définition d'un nouveau seuil basé sur le principe « ALARA – As Low As Reasonably Achievable », c'est-à-dire aussi bas que raisonnablement possible. Le seuil de 0,6 volt par mètre est aujourd'hui reconnu par une majorité des acteurs du dossier des technologies sans fil comme le seuil de précaution à adopter. Ce seuil est par ailleurs reconnu comme le seuil d'acceptabilité sociale de la technologie. Compte tenu de ces éléments, le gouvernement a pris la décision en 2009 de lancer les travaux du Grenelle des Ondes. Menées par le ministère de l'écologie, des expérimentations *in situ* dans différentes villes françaises ont permis de confirmer la faisabilité technique de la mise en œuvre de ce seuil, démontrant dès lors la possibilité de concilier le déploiement de la technologie avec la mise en œuvre d'un principe de protection de la santé.

Cet article 3 vise également à renforcer les compétences de l'Agence nationale des Fréquences, qui aura pour nouvelle mission de procéder à un abaissement général du seuil d'exposition aux ondes électromagnétiques. Cet article modifie également le Conseil d'administration de l'ANFr en y intégrant les usagers et les associations.

L'article 4 vise à lancer une campagne de prévention sanitaire sur les risques potentiels des ondes électromagnétiques ainsi qu'à établir une charte de bonne utilisation du téléphone portable.

L'article 5 propose la remise d'un rapport sur l'opportunité de créer un réseau national des fréquences de téléphonie mobile. Sur le même modèle que RTE pour l'électricité ou RFF pour le rail, ce rapport analyse la faisabilité d'un réseau unique de téléphonie mobile, géré par une autorité qui se voit confier l'implantation et l'entretien des antennes-relais, les opérateurs s'honorant d'un droit d'utilisation.

PROPOSITION DE LOI

TITRE I<sup>ER</sup>

**DISPOSITIONS GÉNÉRALES**

**Article 1<sup>er</sup>**

- ① Le titre II du livre V du code de l'environnement est complété par un chapitre IV ainsi rédigé :

② « *CHAPITRE IV*

③ « ***Prévention des risques pour la santé et l'environnement résultant de l'exposition aux ondes électromagnétiques***

- ④ « *Art. L. 524-1.* – Les dispositions du présent chapitre tendent à protéger la santé humaine et l'environnement contre les risques qui peuvent résulter de l'exposition aux ondes électromagnétiques.

⑤ « *Section première*

⑥ « ***Dispositions générales***

- ⑦ « *Art. L. 524-2.* – Toute nouvelle application technologique ayant pour conséquence l'émission de rayonnements électromagnétiques doit faire l'objet d'une étude d'impact sanitaire et environnemental, préalablement à sa mise en œuvre. Ces études sont effectuées par des équipes scientifiques indépendantes des entreprises concernées, ce qui impose pour les membres de ces équipes, l'absence de réalisation d'études ou de missions, dans un délai inférieur à dix ans, dans le cadre de contrats financés partiellement ou totalement par l'une au moins desdites entreprises, ainsi que l'absence de participation, dans le même délai, à des opérations de communication financées de la même manière.

- ⑧ « L'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail supervise la réalisation de ces études dont le coût est supporté par l'entreprise développant la technologie.



« Section II

- ⑨
- ⑩ « *Mesures destinées à limiter l'exposition aux ondes électromagnétiques*
- ⑪ « *Art. L. 524-3.* – Afin de prévenir les risques sanitaires liés à l'émission de champs électromagnétiques domestiques :
- ⑫ « 1° Les notices d'utilisation et emballages des appareils radioélectriques équipés d'une liaison wifi comportent une information claire et visible mentionnant les risques sanitaires liés à l'utilisation du wifi et les mesures de précaution à prendre lors de son activation ;
- ⑬ « 2° Sur tout appareil radioélectrique équipé du wifi, celui-ci est désactivé par défaut ;
- ⑭ « 3° Les modems et box proposés par les fournisseurs d'accès à Internet disposent d'un mécanisme simple de désactivation du wifi ;
- ⑮ « 4° La puissance d'émission du wifi des box Internet est modulable.
- ⑯ « *Art. L. 524-4.* – Tout appareil émettant un champ électromagnétique doit le mentionner sur l'emballage et dans la notice d'utilisation. La valeur maximale d'émission correspondant à la puissance maximale d'utilisation doit être indiquée. Le niveau d'exposition subi par l'utilisateur à une distance d'utilisation normale est indiqué.
- ⑰ « *Art. L. 524-5.* – Aucune installation émettrice de champs électromagnétiques ne peut être installée dans un local privé sans l'autorisation de ses occupants.
- ⑱ « *Art. L. 524-6.* – I. – Afin de limiter l'exposition aux champs électromagnétiques chez les jeunes enfants, le wifi est strictement interdit dans les structures d'accueil de la petite enfance.
- ⑲ « II. – Afin de limiter l'exposition aux champs électromagnétiques, dans les écoles maternelles, les écoles élémentaires, les collèges et les lycées, les solutions de connexion filaire sont obligatoirement mises en œuvre pour toute nouvelle installation d'un réseau de télécommunication, sauf dérogation accordée par la direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement pour un motif d'intérêt public.
- ⑳ « Dans la mesure du possible, les installations wifi existantes sont remplacées par un réseau filaire dans un délai de cinq ans à compter de la promulgation de la loi n° du relative à l'application du principe

de précaution défini par la Charte de l'environnement aux risques résultant des ondes électromagnétiques.

- ⑳ « III. – Dans les établissements scolaires utilisant le wifi, des zones wifi à rayonnement contrôlé avec une programmation des heures de fonctionnement sont prévues.
- ㉑ « Art. L. 524-7. – I. – Afin de limiter l'exposition aux champs électromagnétiques, lorsque cela est possible, dans les établissements publics, les solutions de connexion filaire sont obligatoirement mises en œuvre pour toute nouvelle installation d'un réseau de télécommunication, sauf dérogation de la direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement pour un motif d'intérêt public.
- ㉒ « Un décret en Conseil d'État détermine la liste des établissements visés.
- ㉓ « II. – Les établissements recevant du public au sein desquels une technologie sans fil est proposée doivent le mentionner clairement. Information doit être donnée de l'emplacement de la source d'émission électromagnétique. »

㉔ « Section III

㉕ « *Électro-hypersensibilité*

- ㉖ « Art. L. 524-8. – L'électro-hypersensibilité est définie comme l'intolérance environnementale aux champs électromagnétiques.
- ㉗ « Art. L. 524-9. – Dans un délai d'un an à compter de la promulgation de la loi n° du relative à l'application du principe de précaution défini par la Charte de l'environnement aux risques résultant des ondes électromagnétiques, le Gouvernement remet au Parlement un rapport relatif à l'électro-hypersensibilité aux champs électromagnétiques, incluant une étude réalisée de manière transparente et contradictoire et une nomenclature des symptômes reconnus dans le répertoire des déficiences.
- ㉘ « Ce rapport définit les modalités d'une reconnaissance de la qualité de travailleur handicapé et de l'intégration de l'électro-hypersensibilité au guide barème pour l'évaluation des déficiences et incapacités des personnes handicapées.

- ⑩ « Ce rapport étudie l'utilité et l'efficacité des dispositifs d'isolement aux ondes ainsi que la faisabilité technique et le coût financier d'isoler un logement particulier des champs électromagnétiques.
- ⑪ « Ce rapport préfigure la création de zones blanches exemptes de tout champ électromagnétique artificiel qui seront expérimentées dans l'année suivant sa remise. »

## Article 2

- ① Le titre VII du livre IV du code de l'urbanisme est complété par un chapitre IV ainsi rédigé :
  - ② « CHAPITRE IV
  - ③ « *Installation d'antennes relais*
  - ④ « *Art. L. 474-1.* – Toute implantation ou modification d'une installation radioélectrique utilisée dans les réseaux de télécommunications, soumise à déclaration en application des articles L. 33-1 et L. 33-2 du code des postes et des communications électroniques, est assujettie à l'obtention d'un permis de construire.
  - ⑤ « La demande de permis de construire est assortie d'un dossier comportant la motivation, la localisation précise de l'installation, les dispositions d'intégration paysagère, un état des lieux électromagnétiques avant l'installation ainsi qu'une étude d'impact électromagnétique comprenant les caractéristiques précises des antennes-relais et une simulation précise des niveaux de champs globaux émis par l'ensemble des équipements prévus dans un rayon de 300 mètres.
  - ⑥ « *Art. L. 474-2.* – Toute décision portant sur l'implantation, la modification ou l'entretien d'une installation radioélectrique utilisée dans les réseaux de télécommunications doit être déclarée en mairie et affichée de manière claire et visible dans les parties communes de l'immeuble ou sur l'ouvrage portant les antennes concernées par les travaux.
  - ⑦ « Lors d'une implantation dans un espace public, les riverains sont informés.
  - ⑧ « Les décisions portant sur l'implantation d'une installation radioélectrique utilisée dans les réseaux de télécommunications dans les

habitations à loyer modéré doivent faire l'objet d'une consultation des habitants.

- ⑨ « Art. L. 474-3. – Chaque commune ou intercommunalité doit disposer d'un plan d'occupation des toits et de l'espace aérien (P.O.T) permettant de recenser l'ensemble des antennes-relais, y compris celles de moins de quatre mètres, présentes sur le territoire de la collectivité. Ce document, actualisé chaque année, dresse l'inventaire des lieux d'implantation et des valeurs d'exposition aux champs électromagnétiques des antennes relais situés sur leur territoire.
- ⑩ « Conformément à l'article L. 34-9-2 du code des postes et des communications électroniques, toute personne qui exploite, sur le territoire d'une commune, une installation radioélectrique, est tenue de fournir à la commune les informations techniques nécessaires à la réalisation du plan d'occupation des toits et de l'espace aérien.
- ⑪ « Ce plan est consultable par les administrés. »

### Article 3

- ① Le code des postes et des communications électroniques est ainsi modifié :
- ② I. – Après le deuxième alinéa de l'article L. 34-9-1, est inséré un alinéa ainsi rédigé :
- ③ « En se basant sur les expérimentations à 0,6 V/m menées par le ministère de l'écologie, les valeurs sont aussi basses que raisonnablement possible. Fondées sur le principe de précaution, elles assurent un haut degré de protection du public prenant en compte les doutes sanitaires d'une exposition continue aux champs électromagnétiques. »
- ④ II. – L'article L. 43 est ainsi modifié :
- ⑤ 1° Après le deuxième alinéa du I, est inséré un alinéa ainsi rédigé :
- ⑥ « En application de l'article L. 34-9-1 du présent code, elle pilote un plan de réduction du seuil d'exposition du public aux ondes électromagnétiques en vue d'atteindre, au plus tard au 1<sup>er</sup> juillet 2014, une valeur cible définie par décret. Dans cette perspective, elle élabore conjointement avec les opérateurs de téléphonie mobile des scénarios de mutualisation des installations et des réseaux.

- ⑦ 2° Après le mot : « que, », la fin du premier alinéa du III est ainsi rédigée : « pour au moins un quart de ses membres, d'associations et de représentants des usagers, et, pour au moins un quart de ses membres, de personnalités choisies en raison de leurs compétences et n'étant pas liées à une entreprise du secteur des communications électroniques. »

#### **Article 4**

- ① I. – Une campagne de prévention sanitaire visant à promouvoir une utilisation plus responsable du téléphone mobile et relative aux risques que comporte l'utilisation d'appareils utilisant des radiofréquences est menée par l'Institut national de protection et d'éducation à la santé.
- ② II. – Afin de prévenir les risques sanitaires, l'Institut national de protection et d'éducation à la santé établit une charte de bonne utilisation du téléphone mobile et en assure la promotion.
- ③ Cette charte est remise lors de chaque signature de contrat de téléphonie mobile. Elle est diffusée dans les établissements scolaires, dans les structures d'accueil de la petite enfance et dans les maternités.

#### **Article 5**

Dans un délai d'un an à compter de la promulgation de la présente loi, le Gouvernement remet au Parlement un rapport relatif à la création d'un réseau national de téléphonie mobile. Ce rapport émet des scénarios de création d'un réseau unique et public d'antennes-relais dont l'implantation et la gestion seraient gérées par l'État et l'exploitation serait confiée aux opérateurs de téléphonie mobile.

### **TITRE II**

## **DISPOSITIONS TRANSITOIRES ET FINANCIÈRES**

#### **Article 6**

Les dispositions de l'article L. 524-2 nouveau du code de l'environnement s'appliquent à la technologie 4G.

### **Article 7**

Les conditions et les modalités d'application des articles 1<sup>er</sup>, 2 et 3 de la présente loi sont précisées par décret en Conseil d'État.

### **Article 8**

Les dispositions de la présente loi sont applicables à la Nouvelle Calédonie, à Saint-Pierre-et-Miquelon, à la Polynésie française et aux îles Wallis et Futuna.

### **Article 9**

- ① Les charges pour l'État sont compensées, à due concurrence, par la création d'une taxe additionnelle aux droits visés aux articles 575 et 575 A du code général des impôts.
- ② Les charges pour les collectivités locales sont compensées, à due concurrence, par la création d'une taxe additionnelle aux droits visés aux articles 575 et 575 A du code général des impôts.

---

**Annexe 3 :**

Texte définitif de la proposition de loi de Madame Laurence Abeille relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques.

---



TEXTE ADOPTÉ n° 468  
« Petite loi »

# ASSEMBLÉE NATIONALE

CONSTITUTION DU 4 OCTOBRE 1958

QUATORZIÈME LÉGISLATURE

SESSION ORDINAIRE DE 2014-2015

29 janvier 2015

---

---

## PROPOSITION DE LOI

*relative à la sobriété, à la transparence, à l'information  
et à la concertation en matière d'exposition  
aux ondes électromagnétiques.*

**(Texte définitif)**

*L'Assemblée nationale a adopté sans modification, en deuxième  
lecture, la proposition de loi, modifiée par le Sénat, dont la teneur suit :*

---

Voir les numéros :

*Assemblée nationale* : 1<sup>ère</sup> lecture : **1635, 1677, 1676** et T.A. **281**.  
2<sup>ème</sup> lecture : **2065, 2502** et **2501**.

*Sénat* : 1<sup>ère</sup> lecture : **310, 594, 595, 592** et T.A. **147** (2013-2014).

---



## TITRE I<sup>ER</sup>

### **SOBRIÉTÉ DE L'EXPOSITION AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES, INFORMATION ET CONCERTATION LORS DE L'IMPLANTATION D'INSTALLATIONS RADIOÉLECTRIQUES**

#### **Article 1<sup>er</sup>**

I. – Le code des postes et des communications électroniques est ainsi modifié :

1° Après le 12° *bis* du II de l'article L. 32-1, il est inséré un 12° *ter* ainsi rédigé :

« 12° *ter* À la sobriété de l'exposition du public aux champs électromagnétiques ; »

2° L'article L. 34-9-1 est ainsi rédigé :

« *Art. L. 34-9-1. – I. – Un décret définit les valeurs limites des champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de communications électroniques ou par les installations mentionnées à l'article L. 33-3, lorsque le public y est exposé.*

« Le respect de ces valeurs peut être vérifié sur place par des organismes répondant aux exigences de qualité fixées par décret.

« Le résultat des mesures est transmis par les organismes mentionnés au deuxième alinéa du présent I à l'Agence nationale des fréquences, qui en assure la mise à la disposition du public.

« Lorsqu'une mesure est réalisée dans des immeubles d'habitation, les résultats sont transmis aux propriétaires et aux occupants. Ces résultats mentionnent le nom de l'organisme ayant réalisé la mesure. Tout occupant d'un logement peut avoir accès, auprès de l'Agence nationale des fréquences, à l'ensemble des mesures réalisées dans le logement.

« II. – A. – Toute personne qui exploite, sur le territoire d'une commune, une ou plusieurs installations radioélectriques soumises à accord ou à avis de l'Agence nationale des fréquences transmet au maire ou au président de l'intercommunalité, à sa demande, un dossier établissant l'état

des lieux de ces installations. Le contenu et les modalités de transmission de ce dossier sont définis par arrêté conjoint des ministres chargés des communications électroniques et de l'environnement.

« B. – Toute personne souhaitant exploiter, sur le territoire d'une commune, une ou plusieurs installations radioélectriques soumises à accord ou à avis de l'Agence nationale des fréquences en informe par écrit le maire ou le président de l'intercommunalité dès la phase de recherche et lui transmet un dossier d'information deux mois avant le dépôt de la demande d'autorisation d'urbanisme ou de la déclaration préalable.

« Toute modification substantielle d'une installation radioélectrique existante nécessitant une nouvelle demande d'accord ou d'avis auprès de l'Agence nationale des fréquences et susceptible d'avoir un impact sur le niveau de champs électromagnétiques émis par celle-ci fait également l'objet d'un dossier d'information remis au maire ou au président de l'intercommunalité au moins deux mois avant le début des travaux.

« Le contenu et les modalités de ces transmissions sont définis par arrêté conjoint des ministres chargés des communications électroniques et de l'environnement.

« C. – Le dossier d'information mentionné au premier alinéa du B du présent II comprend, à la demande du maire, une simulation de l'exposition aux champs électromagnétiques générée par l'installation.

« D. – Le maire ou le président de l'établissement public de coopération intercommunale mettent à disposition des habitants les informations prévues aux B et C du présent II par tout moyen qu'ils jugent approprié et peuvent leur donner la possibilité de formuler des observations, dans les conditions définies par décret en Conseil d'État.

« E. – Lorsqu'il estime qu'une médiation est requise concernant une installation radioélectrique existante ou projetée, le représentant de l'État dans le département réunit une instance de concertation, le cas échéant à la demande du maire ou du président de l'établissement public de coopération intercommunale. La composition et les modalités de fonctionnement de cette instance sont précisées par décret.

« F. – Il est créé au sein de l'Agence nationale des fréquences un comité national de dialogue relatif aux niveaux d'exposition du public aux champs électromagnétiques. Ce comité participe à l'information des parties prenantes sur les questions d'exposition du public aux champs

électromagnétiques. L'agence présente au comité le recensement annuel des résultats de l'ensemble des mesures de champs électromagnétiques ainsi que les dispositions techniques de nature à réduire le niveau de champs dans les points atypiques.

« La composition et le fonctionnement de ce comité sont définis par décret en Conseil d'État.

« G. – Les points atypiques sont définis comme les lieux où le niveau d'exposition du public aux champs électromagnétiques dépasse substantiellement celui généralement observé à l'échelle nationale, conformément aux critères déterminés par l'Agence nationale des fréquences et révisés régulièrement en fonction des résultats des mesures qui lui sont communiqués.

« Un recensement national des points atypiques du territoire est établi chaque année par l'Agence nationale des fréquences. L'agence informe les administrations et les autorités affectataires concernées des points atypiques identifiés. Les bénéficiaires des accords ou des avis mentionnés au cinquième alinéa du I de l'article L. 43 impliqués prennent, dans un délai de six mois, sous réserve de faisabilité technique, des mesures permettant de réduire le niveau de champs émis dans les lieux en cause, tout en garantissant la couverture et la qualité des services rendus. L'Agence nationale des fréquences établit un rapport périodique sur les modalités de traitement et la trajectoire de résorption des points atypiques.

« H. – Un décret définit les modalités d'application de l'objectif de sobriété, en ce qui concerne les établissements accueillant des personnes vulnérables, et de rationalisation et de mutualisation des installations lors du déploiement de nouvelles technologies et du développement de la couverture du territoire. » ;

3° L'article L. 34-9-2 est abrogé ;

4° La première phrase du cinquième alinéa du I de l'article L. 43 est complétée par les mots : « ainsi que le recensement et le suivi des points atypiques conformément à l'objectif mentionné au 12° *ter* du II de l'article L. 32-1 ».

II. – Dans un délai d'un an à compter de la promulgation de la présente loi, l'Agence nationale des fréquences met à la disposition des communes de France une carte à l'échelle communale des antennes relais existantes.

III. – Les B à E du II de l'article L. 34-9-1 du code des postes et des communications électroniques, dans sa rédaction résultant de la présente loi, entrent en vigueur six mois après la promulgation de la présente loi.

## **Article 2**

Dans un délai de six mois à compter de la promulgation de la présente loi, l'Agence nationale des fréquences publie des lignes directrices nationales, en vue d'harmoniser la présentation des résultats issus des simulations de l'exposition générée par l'implantation d'une installation radioélectrique.

## TITRE II

### **INFORMATION ET SENSIBILISATION DU PUBLIC ET DES UTILISATEURS EN COHÉRENCE AVEC LES OBJECTIFS D'AMÉNAGEMENT NUMÉRIQUE DU TERRITOIRE, DE QUALITÉ DE SERVICE ET DE DÉVELOPPEMENT DE L'INNOVATION DANS L'ÉCONOMIE NUMÉRIQUE**

## **Article 3**

L'agence mentionnée au chapitre III du titre I<sup>er</sup> du livre III de la première partie du code de la santé publique assure la mission de veille et de vigilance en matière de radiofréquences. Elle évalue périodiquement les risques potentiels et effets et met en œuvre des programmes de recherche scientifiques et techniques dans ce domaine. Ces programmes peuvent inclure des évaluations d'impact sanitaire des champs électromagnétiques.

## **Article 4**

L'article 184 de la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement est ainsi rédigé :

« *Art. 184. – I. –* Pour tout équipement terminal radioélectrique et équipement radioélectrique proposé à la vente et pour lequel le fabricant a l'obligation de le faire mesurer, le débit d'absorption spécifique est indiqué de façon lisible, intelligible et en français.

« Pour tout appareil de téléphonie mobile, mention doit également être faite de la recommandation d'usage de l'accessoire mentionné au troisième

alinéa de l'article L. 34-9 du code des postes et des communications électroniques permettant de limiter l'exposition de la tête aux émissions radioélectriques lors des communications.

« II. – Afin d'assurer la sobriété de l'exposition du public aux champs électromagnétiques :

« 1° Les notices d'utilisation des équipements terminaux radioélectriques comportent une information claire sur les indications pratiques permettant d'activer ou de désactiver l'accès sans fil à internet ;

« 2° Les équipements émetteurs de champs électromagnétiques d'un niveau supérieur à un seuil fixé par décret ne peuvent être installés dans un local privé à usage d'habitation sans qu'une information claire et lisible ne soit donnée aux occupants concernant l'existence d'un rayonnement et, le cas échéant, les recommandations d'usage permettant de minimiser l'exposition à celui-ci ;

« 3° Les établissements proposant au public un accès wifi le mentionnent clairement au moyen d'un pictogramme à l'entrée de l'établissement. »

## Article 5

Après l'article L. 5232-1 du code de la santé publique, sont insérés des articles L. 5232-1-1 à L. 5232-1-3 ainsi rédigés :

« *Art. L. 5232-1-1.* – Toute publicité, quel que soit son moyen ou son support, ayant pour but la promotion de l'usage d'un téléphone mobile pour des communications vocales mentionne de manière claire, visible et lisible l'usage recommandé d'un dispositif permettant de limiter l'exposition de la tête aux émissions radioélectriques émises par l'équipement.

« Le contrevenant est passible d'une amende maximale de 75 000 €.

« *Art. L. 5232-1-2.* – Est interdite toute publicité, quel que soit son moyen ou son support, ayant pour but la promotion de l'usage d'un téléphone mobile sans accessoire permettant de limiter l'exposition de la tête aux champs électromagnétiques émis par l'équipement. Le contrevenant est passible d'une amende maximale de 75 000 €.

« *Art. L. 5232-1-3.* – À la demande de l'acheteur, pour la vente de tout appareil de téléphonie mobile, l'opérateur fournit un accessoire permettant

de limiter l'exposition de la tête aux émissions radioélectriques adapté aux enfants de moins de quatorze ans. »

### **Article 6**

Dans un délai d'un an à compter de la promulgation de la présente loi, il est mis en place une politique de sensibilisation et d'information concernant l'usage responsable et raisonné des terminaux mobiles ainsi que les précautions d'utilisation des appareils utilisant des radiofréquences.

### **Article 7**

I. – Dans les établissements mentionnés au chapitre IV du titre II du livre III de la deuxième partie du code de la santé publique, l'installation d'un équipement terminal fixe équipé d'un accès sans fil à internet est interdite dans les espaces dédiés à l'accueil, au repos et aux activités des enfants de moins de trois ans.

II. – Dans les classes des écoles primaires, les accès sans fil des équipements mentionnés à l'article 184 de la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement installés après la publication de la présente loi sont désactivés lorsqu'ils ne sont pas utilisés pour les activités numériques pédagogiques.

III. – Dans les écoles primaires, toute nouvelle installation d'un réseau radioélectrique fait l'objet d'une information préalable du conseil d'école.

### **Article 8**

Dans un délai d'un an à compter de la promulgation de la présente loi, le Gouvernement remet au Parlement un rapport sur l'électro-hypersensibilité.

*Délibéré en séance publique, à Paris, le 29 janvier 2015.*

*Le Président,*  
*Signé : CLAUDE BARTOLONE*