

## AVIS de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail

### Concernant la mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences

---

*L'Afsset a pour mission de contribuer à assurer la sécurité sanitaire dans le domaine de l'environnement et du travail et d'évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter. Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1336-1 du Code de la santé publique).*

---

### **Présentation de la question posée**

L'Afsset a été saisie le 14 août 2007 par les ministères en charge de la santé et de l'environnement afin de publier un état des connaissances scientifiques et d'actualiser les avis précédents sur les effets biologiques et sanitaires de la téléphonie mobile, et de l'étendre à l'ensemble du domaine des radiofréquences.

Il était demandé à l'Afsset de porter une attention particulière aux signaux identifiés dans les précédents rapports (2003 et 2005), concernant notamment la modification de la perméabilité de la barrière hémato-encéphalique, une étude épidémiologique sur le risque de neurinome associé à l'usage du téléphone mobile, ainsi que le développement et le déploiement de nouvelles technologies (Wi-Fi, télévision mobile personnelle, etc.). Par ailleurs, il était préconisé d'identifier avec la plus grande attention les préoccupations de la société civile et de contribuer ainsi au débat public sur ce thème.

Les travaux d'expertise ont principalement concerné l'exposition de la population générale aux champs électromagnétiques radiofréquences. Dans quelques cas précis cependant, notamment en l'absence de données disponibles pour l'exposition du public, des informations provenant du milieu professionnel ont été utilisées.

### **Contexte scientifique**

Le développement des technologies radiofréquences et leurs applications associées – c'est-à-dire utilisant des champs électromagnétiques dont la gamme de fréquences est comprise entre 9 kHz et 300 GHz – s'est fortement amplifié ces 20 dernières années, avec l'apparition de nouvelles fonctionnalités pour la téléphonie mobile, l'essor des normes *Bluetooth*, du

Wi-Fi, du WiMAX, etc. Les sources de champs électromagnétiques radiofréquences se multiplient, et s'accompagnent de multiples questions en termes d'utilisation, de métrologie, d'effets biologiques et cliniques, d'épidémiologie, de réglementation et de sciences humaines et sociales. Ces développements s'accompagnent aussi d'inquiétudes diverses, en fonction des applications considérées, portant notamment sur leurs possibles impacts sanitaires. Les recherches scientifiques se sont poursuivies dans ces différents domaines.

L'Afsset présente ici une mise à jour des connaissances scientifiques relatives à l'ensemble des applications utilisant des champs électromagnétiques radiofréquences, hors RFID pour lesquels des travaux récents ont été conduits par ailleurs.

## **Organisation de l'expertise**

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise » (Mai 2003) avec pour objectif de respecter les points suivants : compétence, indépendance, transparence, traçabilité.

Dans ce cadre, l'Afsset a confié la demande des ministères en charge de la santé et de l'environnement à son comité d'experts spécialisés « agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements » (CES « agents physiques ») dès son installation en avril 2008. Après validation de ce dernier, au cours de sa séance du 29 avril 2008, elle a mandaté un groupe de travail « radiofréquences » pour la réalisation de l'expertise.

Dès sa première réunion, le CES « agents physiques » a auditionné trois des cinq associations françaises mobilisées sur la thématique des risques sanitaires de la téléphonie mobile (Priartém, Agir pour l'environnement et le Criirem). La quatrième (Robin des toits) a été auditionnée à la séance suivante. La cinquième, l'association Next-up n'a pas répondu à l'invitation de l'Afsset. Dans un souci de transparence, le président du CES « agents physiques », conjointement avec la Direction Générale de l'Afsset, a proposé aux associations, lors de ces auditions, de nommer un représentant commun à ces quatre associations pour être l'observateur du déroulement des travaux du groupe de travail radiofréquences. Alors que le Criirem et Robin des toits ont répondu défavorablement à cette proposition, un membre de l'association Priartém a été proposé par Priartém et Agir pour l'environnement. Il a donc été nommé observateur au sein du groupe de travail radiofréquences et a été invité à assister à toutes les réunions ainsi qu'aux différentes auditions, dès le mois de décembre 2008.

Le groupe de travail « radiofréquences » coordonné par l'Afsset a été constitué au cours de l'été 2008, suite à un appel à candidatures public. Ce groupe de travail multidisciplinaire était constitué d'experts dans les domaines de la médecine, de la biologie, de la biophysique, de la métrologie des champs électromagnétiques, de l'épidémiologie ainsi que des sciences humaines et sociales. Ces travaux d'expertise sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires.

Afin d'instruire cette saisine sur les effets des radiofréquences sur la santé, le groupe s'est réuni 13 fois (22 jours entre septembre 2008 et octobre 2009). Dans ce cadre, 19 auditions ont également été réalisées (cf. annexe). En complément de ces auditions, 13 contributions écrites ont été sollicitées, dont 9 ont obtenu une réponse, sur des questions plus précises du groupe de travail.

L'état d'avancement de ces travaux a été présenté régulièrement au CES « agents physiques », et discuté au cours de ses séances de travail. Le rapport produit par le groupe

tient ainsi compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES « agents physiques » ayant pris part aux délibérations.

## **Description de la méthode**

L'originalité du travail mené réside notamment dans :

- la prise en compte de l'ensemble des radiofréquences, et pas seulement de la téléphonie mobile ;
- le regard porté sur la question de l'hypersensibilité électromagnétique ;
- la multidisciplinarité du groupe de travail, qui intègre notamment des experts du domaine des sciences humaines et sociale ;
- la présence d'un observateur du milieu associatif aux réunions du groupe de travail.

Pour réaliser cette expertise, le groupe de travail s'est appuyé sur une très large revue de la bibliographie scientifique internationale complétée par de nombreuses auditions de personnalités scientifiques, d'experts et d'associations.

L'analyse bibliographique entreprise par le groupe a été aussi exhaustive que possible. Les travaux scientifiques pris en compte dans le rapport sont, pour la plupart, issus de publications écrites dans des revues internationales anglophones soumises à l'avis d'un comité scientifique de lecture. Mais le groupe a souhaité ne pas se limiter à ces seules publications et prendre en compte des écrits scientifiques publiés hors de ces revues. Au total, près de 3 500 références ont ainsi été mises à disposition des experts de l'Afsset. Ils ont examiné de manière approfondie environ 1 000 d'entre elles (*cf.* bibliographie du rapport) : ce rapport étant une actualisation des connaissances relatives aux effets sanitaires des radiofréquences, les travaux examinés sont, pour l'essentiel, ceux qui ont été publiés entre la sortie du rapport de 2005 et avril 2009 pour ce qui concerne la gamme de fréquences supérieures à 400 MHz (comprenant la téléphonie mobile) ainsi que d'autres travaux, de la même période ou antérieurs, pour les bandes de fréquences qui n'avaient pas été étudiées auparavant par l'Afsset. Enfin, dans le souci de réaliser un travail le plus complet possible, les références ainsi retenues ont été confrontées à celles d'autres rapports internationaux (rapports du Scenih<sup>1</sup> 2007 et 2009, rapport du MTHR<sup>2</sup> 2007, BioInitiative 2007, *etc.*).

L'expertise des membres du groupe a concerné plusieurs axes :

- l'analyse des effets biologiques et sanitaires des champs électromagnétiques ;
- l'évaluation de l'exposition des personnes ;
- l'analyse de la réglementation internationale ;
- l'étude de la perception des risques et une analyse de la controverse publique.

---

<sup>1</sup> *Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks* - Comité scientifique des risques sanitaires émergents et nouveaux.

<sup>2</sup> *Mobile Telecommunications and Health Research Program* - programme de recherche britannique en santé et communication mobile.

Une campagne de mesures a été réalisée dans le cadre de cette étude. Elle a permis d'évaluer les niveaux de champ électromagnétique émis par certaines antennes-relais de téléphonie mobile, et en particulier de mesurer le niveau de champ magnétique basse fréquence dans leur voisinage immédiat.

## **Résultats de l'expertise collective**

Les travaux d'expertise, les conclusions et les recommandations du groupe de travail « radiofréquences » ont été soumis au CES « agents physiques » sous forme d'un rapport et d'une synthèse d'expertise collective.

Le CES a adopté les travaux d'expertise collective ainsi que ses conclusions et recommandations lors de sa séance du 8 octobre 2009 et a fait part de cette adoption à la direction générale de l'Afsset en saluant l'important travail d'étude et d'expertise réalisé par le groupe et en regrettant par ailleurs les contraintes temporelles fortes qui ont pesé sur ce travail.

Le présent avis de l'Afsset se fonde pour ses aspects scientifiques sur les travaux, conclusions et recommandations adoptés par son comité d'experts spécialisés.

## **Conclusions de l'expertise collective**

### **Controverse publique et préoccupations sociales**

Les enquêtes d'opinion montrent que les préoccupations que nourrit la population au sujet de certaines applications des radiofréquences sont réelles et se renforcent, en dépit d'un fort engouement pour les technologies de télécommunication sans fil. Cependant, ces préoccupations ne concernent pas seulement les éventuels risques sanitaires des champs électromagnétiques, mais portent également sur d'autres aspects comme la qualité de l'information, le degré de confiance qui lui est accordé, ou encore les modalités de la prise de décision dans ce domaine. C'est en partie ce qui explique que l'implantation des antennes de stations de base de téléphonie mobile cristallise aujourd'hui les inquiétudes, alors même que le niveau d'exposition aux radiofréquences qu'elles occasionnent est beaucoup plus faible que celui lié à l'usage du téléphone mobile.

Mais la controverse publique sur les radiofréquences ne saurait être réduite au supposé décalage entre un risque évalué par la science, et un « risque perçu », qui serait pour sa part mesuré par les sondages d'opinion. Elle met aux prises différents groupes d'acteurs qui tous mobilisent à la fois des arguments scientifiques, éthiques et économiques. Dans ce contexte, le traitement de la controverse publique peut difficilement se résumer à l'amélioration de l'information sur le sujet, mais il doit passer par la mise en place de procédures de concertation et de recherche associant la pluralité des acteurs concernés et susceptibles d'enclencher des mécanismes d'apprentissage mutuel. Au-delà de l'évaluation scientifique du risque, la controverse actuelle sur les radiofréquences pose ainsi plus généralement la question de la gouvernance de ce type de questions, ce qui nécessite que soient menées de plus amples réflexions sur l'ouverture de l'expertise scientifique à la société ainsi que sur les procédures permettant d'organiser le débat public sur les enjeux scientifiques et techniques.

## Exposition aux radiofréquences

Il existe un très grand nombre de systèmes de communication et d'applications, basés sur des liaisons sans fil, qui utilisent les ondes électromagnétiques dans le domaine des radiofréquences comme support pour transmettre des informations. Bien que tous ces systèmes aient leurs propres spécificités, ils ont pour base commune la physique de la propagation des ondes et le rayonnement d'un champ électromagnétique à partir d'une antenne dans l'environnement.

Bande de fréquences	Services / Applications
9 kHz – 30 MHz	Radiodiffusion Grandes Ondes, Ondes Moyennes et Ondes Courtes - Détecteurs de victimes d'avalanches - Trafic amateur - Systèmes de détection antivol (RFID) - Lecteurs de cartes sans contact (RFID) - Applications médicales (*)
30 MHz – 87,5 MHz	Télédiffusion analogique et numérique (bande I) - Réseaux professionnels (taxis, pompiers, gendarmerie nationale, réseaux radioélectriques indépendants, etc.) - Radioamateurs - Microphones sans fil - Radiolocalisation aéronautique - Radars - Applications médicales (*)
87,5 – 108 MHz	Radiodiffusion en modulation de fréquences (bande FM)
108 – 136 MHz	Trafic aéronautique (balisage et bande « air »)
136 – 400 MHz	Télédiffusion analogique et numérique (bandes II et III) - Réseaux professionnels (police, pompier, SAMU, etc.) - Fréquences réservées au vol libre ( <i>talkies walkies</i> ) - Trafic amateur (bande « des 2 mètres ») - Trafic maritime (bandes VHF marine) - Radiomessagerie ERMES
400 – 470 MHz	Balise ARGOS - Réseaux professionnels (gendarmerie, SNCF, EDF, etc.) - Trafic amateur (bande « 432 ») - Télécommandes et télémessure médicale – Systèmes de commande (automobile (RFID) - Réseaux cellulaires TETRA et TETRAPOL - Applications médicales(*)
470 – 860 MHz	Télédiffusion bandes IV et V (analogique et numérique)
860 – 880 MHz	Bande ISM (Industriel, Scientifique, Médical) : appareils à faible portée de type alarmes, télécommandes, domotique, capteurs sans fil, RFID
880 – 960 MHz	Téléphonie mobile GSM 900 : voies montantes et voies descendantes
960 – 1710 MHz	Radiodiffusion numérique - Réseaux privés - Faisceaux Hertiens
1710 – 1880 MHz	Téléphonie mobile GSM 1800 : voies montantes et voies descendantes
1880 – 1900 MHz	Téléphones sans fil DECT
1920 – 2170 MHz	Téléphonie mobile UMTS
2400 – 2500 MHz	Bande ISM : réseaux Wi-Fi - <i>Bluetooth</i> - Four micro-onde
3400 – 3600 MHz	Boucle locale radio large bande de type WiMAX
> 3600 MHz	Radars - Boucle locale radio - Stations terriennes – Faisceaux Hertiens

\* Les applications médicales utilisant des champs électromagnétiques radiofréquences concernent les applications thermiques, l'imagerie et l'électrochirurgie.

Parmi les systèmes utilisant les radiofréquences, on peut citer :

- les réseaux de diffusion de contenu (radiodiffusion, télédiffusion) pour lesquels un émetteur émet à puissance constante pour couvrir une zone plus ou moins étendue dans laquelle se trouvent des récepteurs (radio, télévision, etc.) ;
- les réseaux cellulaires (réseaux mobiles professionnels, TETRA, téléphonie mobile GSM 900 et 1800, téléphonie mobile UMTS, etc.) pour lesquels des stations de base fixes (antennes relais) sont réparties sur un territoire afin d'assurer une continuité de

service pour les équipements terminaux mobiles. Dans ce cas, les puissances d'émission sont variables en fonction du volume de trafic de communications sur le réseau ;

- les systèmes sans fil de moyennes et courtes portées, de puissances variables selon les technologies : Wi-Fi (liaison internet entre bornes d'accès et ordinateurs), *Bluetooth* (liaison sans fil par exemple entre périphériques informatiques), téléphones sans fil domestiques DECT, systèmes sans fil pour la domotique (gestion d'énergie) et la sécurité (alarme), *etc* ;
- le WiMAX par sa conception s'insère entre les réseaux cellulaires et les systèmes de courtes et moyennes portées.

Les évolutions de ces technologies sans fil sont très rapides et devraient largement se poursuivre dans les prochaines années. Elles concernent à la fois les techniques et les usages.

Les émetteurs associés à l'ensemble de ces applications utilisant les radiofréquences contribuent au champ électromagnétique ambiant présent dans l'environnement.

Pour caractériser l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques radiofréquences, on utilise deux indicateurs dépendant de la fréquence et des interactions connues (thermiques ou électriques) qui peuvent se produire dans l'organisme. Jusqu'à une fréquence d'environ 10 MHz, la mesure des courants induits dans le corps humain est utilisée. A partir de 0,1 MHz, l'absorption d'énergie électromagnétique, qui peut se traduire par une élévation de température des tissus, est l'indicateur retenu. Il est caractérisé par le débit d'absorption spécifique (DAS), qui s'exprime en W/kg. En pratique, il peut être extrêmement complexe de réaliser des mesures de DAS ou de courant induit dans le corps, notamment lorsque l'exposition est faible, comme c'est généralement le cas pour des sources lointaines. Ainsi, pour caractériser l'exposition du public aux champs électromagnétiques radiofréquences, la physique de la propagation des ondes permet de distinguer deux configurations :

- lorsque l'on se trouve à proximité d'un émetteur (en zone de champ proche), la répartition des champs électromagnétiques est complexe et ne peut pas être décrite par des méthodes simples. L'exposition doit être quantifiée par la valeur du DAS ou des courants induits, qui peuvent être soit simulés par méthode numérique, soit mesurés en laboratoire sur des modèles ;
- au-delà d'une certaine distance de l'émetteur (en zone de champ lointain), il est plus simple de caractériser l'exposition, au moyen de méthodes de simulation ou par la mesure *in situ* de l'intensité du champ électrique ou du champ magnétique.

Les données disponibles pour connaître l'exposition du public aux champs électromagnétiques radiofréquences sont relativement nombreuses pour les applications utilisant des fréquences supérieures à 400 MHz, mais beaucoup plus limitées pour les fréquences inférieures.

Ainsi, en zone de champ proche, de nombreuses mesures de DAS ont été réalisées en laboratoire pour des émetteurs comme les téléphones mobiles, les téléphones sans fil DECT, les interphones bébé, les cartes Wi-Fi, les clés USB 3G, *etc*. Dans le cadre de la certification obligatoire des terminaux mobiles, pour vérifier le respect des réglementations en vigueur, ces méthodologies de mesure sont encadrées par des normes.

En zone de champ lointain, des mesures *in situ* de champs électromagnétiques permettent d'évaluer l'exposition du public due à l'ensemble des émetteurs qui sont présents dans l'environnement (radiodiffusion, télédiffusion, antennes relais de téléphonie mobile, etc.), sans recourir à une évaluation du DAS extrêmement complexe à réaliser dans ces conditions. Les mesures réalisées selon le protocole de l'Agence Nationale des Fréquences (ANFR) permettent de caractériser les niveaux d'exposition *maxima* générés par des émetteurs radiofréquences fixes. Ces mesures sont indispensables pour connaître ponctuellement les niveaux d'exposition dans une situation donnée (cour d'école, logement d'un particulier, etc.) et la répartition entre les différents émetteurs radioélectriques mais aussi, dans le cadre du protocole de l'ANFR, pour vérifier le respect des valeurs limites d'exposition réglementaires. Elles permettent également d'évaluer l'évolution globale des niveaux d'exposition. En outre, des campagnes de mesure ont déjà été réalisées avec des exposimètres individuels portables récemment développés qui devraient permettre de suivre l'exposition d'individus au fil du temps (une journée, une semaine, etc.).

Sources proches du corps			Sources lointaines (dans l'environnement)		
Application	Puissance	Exposition (DAS)	Application	Puissance	Exposition (champ E)
Téléphone mobile	2 W max	< 2 W/kg	Radars	Jusqu'à plusieurs fois 1 000 000 W	Extrêmement forte à 5 m
Talkie-Walkie	0.5 W max	<< 2 W/kg	Emetteur Radio AM	1 000 000 W	Extrêmement forte à 5 m
Téléphone sans-fil DECT	0.25 W max	< 0.1 W/kg	Emetteur télévision	Jusqu'à 780 000 W	Très forte à 5 m
RFID	Entre 0.01 W et 2 W max	<< 2 W/kg	Emetteur radio FM	Jusqu'à 300 000 W	Très forte à 5 m
Wi-Fi	0.1 W max	< 0.2 W/kg	Télévision mobile personnelle	Jusqu'à 12 000 W	Forte à 5 m
Interphone Bébé	0.01 W max	< 0.1 W/kg	Antennes téléphonie mobile	Jusqu'à 30 W	Faible (à 5 m : E < ≈ 10 V/m)
Bluetooth	Entre 0.001 et 0.025 W max	< 0.01 W/kg	WiMax	Jusqu'à 30 W	Faible (à 5 m : E < ≈ 10 V/m)
			Wi-Fi	Jusqu'à 1 W	Très faible (à 5 m : E < 0.1 V/m)

En marge de la controverse publique sur les effets sanitaires des champs électromagnétiques, de nombreux produits et systèmes de protection contre les champs électromagnétiques apparaissent sur le marché (*patch* anti ondes, *spray* anti ondes, vêtements métallisés, compensateur d'ondes, etc.). L'efficacité de ces produits n'est pas démontrée.

Il ressort, de l'analyse des différentes technologies et réseaux de communications sans fil, et des données sur l'exposition de la population, un certain nombre de points :

- l'évolution très rapide des technologies et des usages des systèmes de télécommunications sans fil nécessite une adaptation progressive des normes et des protocoles d'évaluation des niveaux d'exposition (évolutions en cours du protocole de l'ANFR, évolutions des normes de mesure de DAS pour tenir compte des nouveaux

usages du téléphone mobile, recherches en cours sur l'évaluation du DAS pour les enfants et fœtus, *etc.*) ;

- la mesure du DAS ou de champs électromagnétiques *in situ* nécessite un niveau d'expertise important en métrologie et en physique : connaissance précise des caractéristiques techniques des équipements et des signaux mesurés, estimation des incertitudes associées, analyse des résultats, *etc.* ;
- concernant les réseaux cellulaires de téléphonie mobile, l'ensemble des études analysées confirme la complexité de la répartition des niveaux d'exposition autour des antennes de stations de base. Cette complexité est notamment due à la grande variabilité des signaux, à la position et à la directivité des antennes, ainsi qu'à la présence d'obstacles (immeubles, relief, *etc.*). De plus, l'architecture de ces réseaux repose sur un équilibre entre les puissances émises par les antennes de stations de base et les puissances émises par les téléphones mobiles. L'estimation de l'exposition du public nécessite de prendre en compte l'ensemble de ces paramètres ;
- en termes de niveaux d'exposition, il faut rappeler la très forte prédominance des téléphones mobiles par rapport aux antennes relais ;
- à la demande du groupe de travail, des mesures en très basses fréquences ont été réalisées au voisinage d'antennes relais. Il ressort de ces mesures que les émetteurs radiofréquences et notamment les antennes relais de téléphonie mobile n'émettent pas de rayonnements d'extrêmement basses fréquences de quelques dizaines de Hertz. Ce résultat est conforme aux caractéristiques de rayonnement attendues de ces antennes. Les seuls rayonnements en basses fréquences mesurables proviennent de l'alimentation de l'émetteur (courant du secteur à 50 Hz ou batterie du téléphone). Le découpage temporel de l'information ne peut quant à lui être assimilé au rayonnement d'un champ électromagnétique de très basses fréquences.

## Aspects réglementaires

La réglementation relative aux effets sanitaires des champs électromagnétiques dans le domaine des radiofréquences conduit à l'élaboration de valeurs limites d'exposition (par exemple pour les courants induits, le DAS ou l'intensité des champs électromagnétiques) pour l'ensemble des radiofréquences. Dans la majorité des pays, comme c'est le cas pour la France, les valeurs limites d'exposition réglementaires retenues sont celles définies par l'Icnirp<sup>3</sup> et recommandées par l'Union européenne, sur la base des effets sanitaires avérés.

Dans certains pays (en Europe : Suisse, Italie, Autriche, *etc.*), des valeurs limites spécifiques différentes ont été mises en place, notamment à des échelons locaux ou régionaux. Dans tous les cas, ces nouvelles définitions de valeurs limites d'exposition sont accompagnées de caractéristiques (notion de moyenne sur une certaine durée, définition de lieux sensibles, focalisation sur certaines bandes de fréquences, *etc.*) qui rendent très difficile la comparaison entre ces réglementations et surtout l'estimation de leur impact sur l'exposition réelle du public.

Le simple abaissement de valeurs limites n'est pas nécessairement garant de l'apaisement de la controverse sociale (cas de la ville de Paris ou de l'Italie). De manière générale, il importe que l'effectivité de l'abaissement d'une valeur limite soit vérifiée par des campagnes

---

<sup>3</sup> *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* – Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants

de mesure, que ses conséquences sur l'exposition soient évaluées et que sa mise en place fasse une place réelle à la concertation.

## **Etudes des effets biologiques, épidémiologiques et cliniques**

Un effet biologique commence dès lors qu'une modification du fonctionnement d'une cellule ou d'une fonction biologique a pu être observée, *in vitro* typiquement, voire *in vivo*. Il ne signifie pas forcément qu'il entraîne un dommage et encore moins qu'il se traduise par une altération de la santé. Le corps humain est soumis en permanence à un ensemble de *stimuli* internes et externes, entraînant éventuellement des réactions biologiques d'adaptation, ayant un impact sur les cellules, le fonctionnement des organes et la santé. Un impact sur la santé n'intervient que lorsque des effets biologiques entraînés par une agression dépassent les limites d'adaptation du système biologique considéré. Comme par exemple pour les rayonnements ionisants, cela peut se produire de manière aiguë, à la suite d'agressions répétées ou à plus long terme.

Les phénomènes biologiques pris en compte pour prévenir des effets sanitaires dépendent de l'interaction des ondes avec la matière à la fréquence considérée. Ils s'expriment différemment en fonction du type de champ (électrique ou magnétique) et de sa fréquence. Jusqu'à 0,1 MHz, il s'agit des champs et courants pouvant entraîner la stimulation de tissus excitables (système nerveux et muscles). Au-dessus de 10 MHz, l'absorption des radiofréquences devient prédominante et l'échauffement le mécanisme essentiel. Aux fréquences intermédiaires, entre 0,1 MHz et 10 MHz, on peut observer un mélange des deux phénomènes.

Concernant les bandes de fréquences pour lesquelles les effets dus à l'échauffement sont prépondérants, 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, consécutive à une exposition aux radiofréquences. Ce sont des effets qui concernent la partie haute du spectre des radiofréquences, au-dessus de 0,1 MHz, mais surtout à partir de 10 MHz. Ces effets thermiques sont en particulier utilisés dans les applications thérapeutiques des radiofréquences ;
- Les effets non thermiques, ou « athermiques », apparaîtraient à des niveaux d'exposition non thermiques, pour lesquels le corps peut réguler sa température, sans que l'on observe macroscopiquement d'augmentation de celle-ci. Dans le cas expérimental où des cultures cellulaires sont exposées aux radiofréquences, il est question d'effets dits « non thermiques » si aucune élévation de température susceptible de les provoquer ne peut être mesurée.

## **Etudes biologiques et épidémiologiques dans la bande 9 kHz - 400 MHz**

### Etudes biologiques et épidémiologiques dans la bande 9 kHz - 10 MHz

Dans la bande 9 kHz – 10 MHz à des niveaux non thermiques, peu d'études expérimentales et épidémiologiques sont disponibles concernant les effets des champs électromagnétiques de ces fréquences sur la santé. On retient cependant la difficulté de caractérisation de l'exposition dans cette bande, et la nécessité d'entreprendre des études pilotes de caractérisation des sources d'émission avant de lancer des études épidémiologiques. Il faut noter que les valeurs limites d'exposition professionnelle actuellement recommandées sont parfois dépassées dans certaines applications industrielles.

En raison de l'accroissement de l'exposition au rayonnement dans cette bande de fréquences, il est important d'entreprendre de nouvelles études, et ceci particulièrement pour des expositions chroniques de faibles puissances permettant de confirmer la bonne adéquation des valeurs limites.

On note également quelques publications mentionnant des effets sur des systèmes cellulaires en division, qui mériteraient d'être poursuivies.

Eu égard au faible nombre de données, il persiste une zone d'incertitude qui empêche de proposer des conclusions définitives. Il apparaît donc nécessaire de réaliser des études épidémiologiques et des recherches *in vitro* et *in vivo*, dans cette bande de fréquences, portant en particulier sur la reproduction et le système nerveux.

### Etudes biologiques et épidémiologiques dans la bande 10 MHz - 400MHz

Cette bande de fréquence (10 MHz – 400 MHz) est dominée par les applications industrielles (par exemple : soudage) et médicales (par exemple : traitement de l'arythmie cardiaque auriculaire). Dans certaines situations, des études ponctuelles ont montré que les valeurs limites d'exposition pour le public ou les professionnels étaient parfois dépassées.

En pratique, l'exposition réelle est souvent inconnue parce qu'hétérogène dans le temps et dans l'espace. Ceci entraîne de sévères limitations pour les enquêtes épidémiologiques que l'évolution des méthodes de modélisation et de calcul a cependant réduites dans les années récentes et que l'utilisation d'exposimètres multi-bandes individuels devrait améliorer.

L'évaluation de l'exposition est encore compliquée par l'existence de résonances dimensionnelles pour lesquelles l'absorption est accrue, ainsi que par l'existence de surexpositions partielles pour des expositions conformes aux valeurs limites « corps entier », ou encore par des dépendances positionnelles et dimensionnelles (par exemple cas des enfants). À l'heure actuelle, d'importants travaux portant sur la dosimétrie dans ces bandes de fréquences sont entrepris.

Les résultats des études peu nombreuses menées dans cette gamme de fréquence sont contradictoires. Ces résultats portent sur le système cardio-vasculaire (variabilité de la fréquence cardiaque par exemple), le système nerveux (anomalie de répartition des bandes de fréquences de l'électroencéphalogramme et de l'électrocardiogramme par exemple), ou encore les effets sur l'apoptose. Il est nécessaire d'approfondir les études dans cette gamme de fréquence pour statuer sur les effets.

### **Etudes biologiques et cliniques expérimentales pour les fréquences supérieures à 400 MHz**

Ces bandes de fréquence concernent notamment les usages associés à la téléphonie mobile. Les travaux ont visé l'exhaustivité s'agissant de l'analyse des études publiées dans des revues anglophones à comité de lecture entre janvier 2005 et avril 2009. Dans ce contexte, 226 études ont été examinées dans le détail par les experts de l'Afsset sur la base d'une grille d'analyse standardisée.

De nombreuses études sont parues aux cours de ces dernières années. Cependant, une proportion importante des études analysées présente des lacunes méthodologiques, le plus

souvent dans la partie physique (évaluation de l'exposition), mais aussi, parfois, dans la partie biologique.

Comme cela a été précisé précédemment, il est nécessaire de prendre en compte le degré de validité des parties biologique et physique de chaque étude.

D'après les analyses systématiques qui ont été faites dans le cadre de cette expertise, il apparaît que :

Sur les 182 études qui ont été réalisées *in vivo* sur l'animal, et *in vitro*, 82 études trouvent des effets biologiques des radiofréquences et 100 n'en montrent pas.

- Parmi les 82 études trouvant des effets, seules 37, soit 45 %, ont une dosimétrie répondant aux critères fixés par le groupe d'experts. Parmi celles-ci, seules 9 présentent également une méthodologie adéquate pour la partie biologique. Par conséquent, 11 % des études qui montrent des effets ont une méthodologie répondant aux critères fixés par le groupe d'experts à la fois pour les parties physique et biologique. Ces effets concernent principalement des fonctions cellulaires observées *in vitro* (apoptose, endocytose, potentialisation du stress oxydatif, etc.) ;
- Parmi les 100 études ne trouvant pas d'effets, seules 87 ont une dosimétrie répondant aux critères fixés par le groupe d'experts. Parmi celles-ci, 69 présentent également une méthodologie adéquate pour la partie biologique. Par conséquent, 69 % des études qui ne montrent pas d'effet ont une méthodologie répondant aux critères fixés par le groupe d'experts, à la fois pour les parties physique et biologique.

Quarante-quatre études ont été réalisées sur l'humain, dont 20 montrent des effets et 24 n'en montrent pas.

- Parmi les 20 études montrant des effets, 2 équipes ont suivi des méthodologies répondant aux critères fixés par le groupe d'experts. Ces effets concernent le débit sanguin cérébral ;
- Parmi les 24 études ne trouvant pas d'effet, 17 présentent une méthodologie répondant aux critères fixés par le groupe d'experts.

Les conclusions relatives aux effets biologiques sont principalement fondées sur les études retenues pour leur validité méthodologique. L'Afsset a également pris en compte l'existence ou non de répétitions qui constitue un des critères important pour déterminer le niveau de preuve de l'existence d'un effet.

Le nombre important des travaux présentant des lacunes méthodologiques s'explique par le fait que les expériences visant à rechercher les effets des radiofréquences sont justement construites de manière à mettre en évidence des effets faibles et s'appuient donc sur des variations de systèmes biologiques très sensibles susceptibles d'artefacts.

Si certains effets biologiques ont été mis en évidence, aucun mécanisme clair d'interaction onde-cellule n'a cependant été identifié pour des niveaux d'exposition non thermiques.

Dans les conditions expérimentales non thermiques testées, il n'existe pas un niveau de preuve suffisant pour conclure que les radiofréquences supérieures à 400 MHz :

- modifieraient les grandes fonctions cellulaires telles que i) l'expression génique; ii) la production de radicaux libres oxygénés (ROS) ; et iii) l'apoptose notamment des cellules d'origine cérébrale (provenant de gliome ou de neuroblastome humains) les plus exposées en cas d'utilisation d'un téléphone mobile ;
- seraient un facteur de stress pour les cellules. Les seuls effets de stress observés sont des effets thermiques associés à des niveaux d'exposition élevés ;
- provoqueraient des effets génotoxiques ou co-génotoxiques reproductibles à court ou à long terme et seraient mutagènes dans les tests de mutagenèse classiques ;
- provoqueraient chez l'animal l'augmentation d'incidence ou l'aggravation de cancers, en particulier pour des expositions chroniques. Les résultats convergent donc vers une absence d'effet cancérigène ou co-cancérigène des radiofréquences pour des expositions non thermiques ;
- auraient des effets délétères sur le système nerveux, que ce soit en termes de cognition et de bien-être, en termes d'intégrité de la barrière hémato-encéphalique ou en termes de fonctionnement cérébral général ;
- auraient des effets susceptibles d'affecter le fonctionnement du système immunitaire ;
- auraient un impact sur la reproduction et le développement d'après les études les plus récentes et les mieux paramétrées. Cependant, les résultats ne sont pas homogènes, et plusieurs études devraient être répliquées dans des conditions d'expérimentation fiables, avec notamment des données dosimétriques ;
- auraient des effets délétères sur le système cochléo-vestibulaire après une exposition aiguë.

Sur la base d'un nombre limité d'études, il n'existe pas un niveau de preuve suffisant pour conclure que les radiofréquences supérieures à 400 MHz :

- perturberaient le système cardio-vasculaire, en particulier la régulation de la pression artérielle et du rythme cardiaque ;
- auraient un effet délétère sur le système oculaire ;
- modifieraient le taux de mélatonine chez l'homme.

## **Etudes épidémiologiques pour les fréquences supérieures à 400 MHz**

La publication des dernières parties et de l'analyse de la plus grande étude cas-témoins dans ce domaine, l'étude Interphone, est toujours attendue à ce jour.

Certains résultats d'études suggèrent la possibilité d'une augmentation du risque de gliomes pour une utilisation du téléphone mobile d'une durée supérieure à 10 ans.

Le niveau de preuve relatif à l'augmentation du risque de tumeur intracrânienne lié à l'utilisation régulière du téléphone mobile par un phénomène de promotion est insuffisant.

Des excès de lymphomes et leucémies observés et leur répétition sur trois cohortes de militaires exposés à des radars montrent que l'on ne peut à ce jour écarter la possibilité d'une association entre l'exposition professionnelle aux radars de plus de 2 000 MHz et le risque de lymphomes et leucémies.

Un certain nombre d'études, portant sur des tumeurs cérébrales, des cancers des testicules, ou des mélanomes oculaires, ont été réalisées pour des populations professionnelles, pouvant être soumises par ailleurs à des co-expositions (solvants, substances chimiques, etc.). Ces études ne permettent pas de conclure à l'augmentation du risque de ces cancers.

A ce stade, il n'existe pas un niveau de preuve suffisant pour conclure à l'excès de risque de cancers liés à l'exposition aux radiofréquences sur la base des études épidémiologiques disponibles. Des interrogations subsistent en particulier pour les risques à long terme. Elles doivent conduire à la mise en œuvre d'études de cohortes.

## **Hypersensibilité électromagnétique**

Personne ne peut contester aujourd'hui la réalité du vécu des personnes qui attribuent leurs symptômes à l'exposition aux radiofréquences. Mais, aucune preuve scientifique d'une relation de causalité entre l'exposition aux radiofréquences et l'hypersensibilité électromagnétique n'a pu être apportée jusqu'à présent.

La plupart des recherches sur l'hypersensibilité électromagnétique ont pâti, jusqu'à une date récente, d'une approche inadaptée de symptômes subjectifs (qui constituent l'essentiel de cette situation clinique). Un progrès vient d'être accompli avec la quantification de ces symptômes et leur regroupement en composantes. Parallèlement, un faisceau d'indices concordants a été recueilli, suggérant fortement que des facteurs neuro-psychiques individuels interviendraient, au moins en partie, dans le développement de l'hypersensibilité électromagnétique.

Les seuls résultats positifs obtenus à ce jour sur le plan thérapeutique sont ceux obtenus par des thérapies comportementales ou des prises en charge globales.

## **Effets des radiofréquences sur les enfants**

Une partie de la population nourrit des craintes quant aux effets des champs électromagnétiques radiofréquences sur la santé des fœtus, des enfants et des adolescents. Ces craintes sont justifiées par l'utilisation de plus en plus précoce des techniques de communication sans fil, par la durée bien plus longue de l'exposition à laquelle ces enfants seront soumis et par la vulnérabilité supposée plus grande de leurs tissus.

Des études et recherches dosimétriques spécifiques ont été réalisées ou sont actuellement en cours. Leurs premiers résultats ne sont pas homogènes. Ces études doivent être poursuivies, pour permettre par exemple de mieux évaluer l'impact de la variabilité des différentes morphologies et des caractéristiques physico-chimiques des tissus sur le DAS, et pour valider les modèles, les méthodes de calcul et les méthodes de mesure utilisés.

Des limitations d'ordre éthique évidentes font que les études et expérimentations impliquant la participation directe d'enfants ont été peu nombreuses et resteront peu nombreuses. Certaines ont mis en évidence une amélioration des performances cognitives qui reste à répliquer. Les recherches expérimentales sur l'animal ont été un peu plus nombreuses. Mais l'extrême diversité des modèles utilisés et les lacunes méthodologiques de la plupart de ces études ne permettent pas de formuler une conclusion cohérente sur le sujet. Ces recherches

expérimentales doivent être poursuivies. Par ailleurs, une étude épidémiologique cas-témoin sur les tumeurs cérébrales de l'enfant est en cours.

## Avis et recommandations

Sur la base des principales conclusions de l'expertise conduite, l'Afsset souligne tout particulièrement :

- le grand nombre de travaux menés au niveau international au cours des dernières années en vue d'identifier d'éventuels effets non thermiques des radiofréquences sur l'organisme ;
- que néanmoins différentes gammes de fréquence, notamment les plus basses, ou certains types d'usage, notamment de type professionnel, souffrent d'une description encore limitée ;
- la difficulté de recherche d'éventuels effets non thermiques. Elle suppose la mise en œuvre de méthodologies rigoureuses concernant la caractérisation des expositions aux champs radiofréquences et leur identification ;
- qu'à ce jour, les difficultés méthodologiques ont fragilisé les conclusions de bon nombre d'études qui présentent des lacunes diverses ;
- que la majorité des études menées ne démontrent pas d'effets pour des expositions à des puissances non thermiques ;
- que néanmoins différentes études, en nombre faible au regard du nombre de travaux disponibles, montrent des effets, notamment sur le mécanisme cellulaire *in vitro*, pour de telles expositions. Les résultats de ces études n'ont pu être répliqués par plusieurs études différentes ;
- que la mise en évidence d'un effet biologique ne démontre pas l'existence d'un effet sanitaire associé ;
- que plus généralement on ne peut formellement montrer l'inexistence d'un risque ;
- que les travaux disponibles ne permettent pas aujourd'hui d'identifier un mécanisme d'effet non thermique ni un mécanisme d'action cumulatif des radiofréquences ;
- que dans ce contexte, aucun effet non thermique ne permet de fonder de nouvelles valeurs limites réglementaires ;
- que les études épidémiologiques disponibles ne suggèrent pas d'effets à court terme de la téléphonie mobile mais que des interrogations subsistent s'agissant d'éventuels effets sur le long terme ;
- qu'un certain nombre de personnes ressentent des souffrances qu'elles attribuent à l'exposition aux radiofréquences (EHS) mais qu'à ce jour aucun mécanisme physiopathologique n'a été identifié pour décrire le lien avec l'exposition à ces radiofréquences ;
- que la caractérisation de l'exposition des enfants aux radiofréquences et les effets éventuels associés sont mal décrits ;
- que les professionnels peuvent se voir exposés à des niveaux excédant les valeurs limites d'exposition recommandées ;

- que le téléphone mobile reste très largement le principal mode d'exposition aux champs radiofréquences, en comparaison notamment à l'exposition générée par les antennes relais ;
- que les antennes-relais des stations de base de téléphonie mobile n'émettent pas de champs électromagnétiques basse fréquence ;
- que les technologies de l'information récemment développées recourant aux radiofréquences n'induisent pas d'exposition de nature et d'intensité différentes des précédentes.

La question de l'effet des radiofréquences suscite un débat scientifique actif, dans un contexte marqué par un déploiement technologique rapide. Il tient en particulier à l'absence de démonstration probante relative à l'existence d'effets non thermiques et à la persistance d'interrogations associées à la mise en évidence de différents effets sur les mécanismes cellulaires. Cette question s'inscrit aussi dans le cadre plus général des multi-expositions environnementales à de faibles niveaux et des effets sanitaires qui peuvent y être associés. Ce débat scientifique suppose pour être tranché la poursuite de travaux de recherche s'appuyant sur des méthodologies adaptées.

Dans ce contexte incertain, l'Afsset souligne néanmoins que dès lors qu'une exposition environnementale peut être réduite, cette réduction doit être envisagée, en particulier par la mise en œuvre des meilleures technologies disponibles à des coûts économiquement acceptables.

Ce potentiel de réduction existe s'agissant de l'exposition aux radiofréquences. Il peut concerner par exemple le recours à des téléphones mobiles de faible DAS, l'abaissement des niveaux d'exposition dans les zones présentant les intensités les plus fortes, la mutualisation des émetteurs, ou encore l'usage modéré des technologies sans fil.

L'Afsset recommande donc :

## **S'agissant des recommandations en matière d'études et de recherche**

### **Pour les effets biologiques**

Considérant en particulier :

- les lacunes méthodologiques relatives à la caractérisation de l'exposition en conditions expérimentales observées dans de nombreuses études ;
- l'éventualité d'effets à long terme sur des pathologies particulières et la nécessité de mieux documenter l'effet des expositions de longues durées (chroniques) ;
- l'intérêt de poursuivre la recherche de certains effets biologiques éventuels pour des expositions à des niveaux « non thermiques » ;

l'Afsset recommande :

1. de veiller à la qualité méthodologique des études *in vitro* et *in vivo* concernant principalement la partie physique (caractérisation de l'exposition et forme des signaux), mais également la partie biologie (expériences en aveugle, contrôles appropriés, identification des faux positifs, répétition des expériences, puissance statistique suffisante, etc.) ;
2. de mener des études notamment sur la reproduction et le développement sur plusieurs générations d'animaux (par exemple sur des animaux dotés d'une prédisposition à des maladies pour lesquelles des gènes humains de susceptibilité sont connus - maladies neuro-dégénératives, certains cancers, maladies auto-immunes), à comparer toujours avec des animaux normaux et pour des conditions d'exposition réalistes parfaitement caractérisées ;
3. de répliquer quelques études analysées dans ce rapport et qui montrent des effets biologiques probablement physiologiques (notamment sur le débit sanguin cérébral) ;
4. de développer des études sur les bandes de fréquences inférieures à 400 MHz (en particulier pour les effets chroniques de faibles puissances) et au-delà de 2,5 GHz.

## **Pour l'épidémiologie**

Considérant en particulier :

- les nombreuses lacunes méthodologiques relatives à la caractérisation de l'exposition des personnes ;
- l'intérêt d'établir une surveillance de l'exposition à destination de la population ;
- l'intérêt des études de cohortes ;
- les troubles attribués à l'exposition aux radiofréquences au voisinage des antennes relais ;
- l'hétérogénéité observée entre les résultats des deux études cas-témoins obtenues par le groupe de recherche de Hardell et les autres études ;

l'Afsset recommande :

1. d'intensifier les efforts pour inclure dans les études épidémiologiques la caractérisation la plus précise possible de l'exposition des populations cibles ;
2. d'évaluer la possibilité d'études épidémiologiques dans les populations de travailleurs exposés aux radiofréquences (comme par exemple les militaires exposés à certains radars, les professionnels intervenant sur les systèmes WiMAX et TMP, les professionnels de la soudure du plastique, etc.) dans l'objectif d'identifier des effets éventuels observés pour les populations les plus exposées et d'évaluer la possibilité de l'extrapoler à la population générale ;
3. d'étudier la faisabilité d'une participation française à des études internationales notamment l'étude de cohorte COSMOS (cohorte internationale sur les effets possible sur la santé de l'utilisation à long terme du téléphone mobile) ;
4. d'envisager d'intégrer l'exposition aux radiofréquences dans les études de cohortes existantes (ELFE, Constances) ;
5. de répliquer avec une meilleure puissance statistique des études du type de celles menées par Hutter *et al.* et Heinrich *et al.* relatives à la sensibilité des personnes voisines d'antennes relais ;

6. d'entreprendre une ré-analyse des données incluses dans les études du groupe de Hardell relatives aux tumeurs, en vue de comprendre leur hétérogénéité par rapport aux autres études ;
7. d'analyser la faisabilité et, éventuellement, d'entreprendre de nouvelles études pour des expositions chroniques de faible puissance aux fréquences inférieures à 400 MHz,
8. d'effectuer une méta-analyse avec une méthodologie rigoureuse après que les résultats de l'étude Interphone seront intégralement publiés. L'Afsset propose de mettre en œuvre le cadre de cette méta-analyse en associant l'ensemble des parties prenantes.

## **Pour l'hypersensibilité électromagnétique**

Considérant en particulier :

- les progrès récents en matière de quantification des symptômes associés,;
- l'intérêt de mettre en place un protocole d'accueil et de suivi des patients hypersensibles ;

l'Afsset recommande :

1. le développement et l'évaluation d'un outil de diagnostic clinique de l'hypersensibilité électromagnétique basé sur les travaux d'Eltiti *et al.* (2007), de Hillert *et al.* (2008) et de Brandt *et al.* (2009),
2. la définition des modalités d'une prise en charge globale des sujets hypersensibles (traitement des autres causes de symptômes fonctionnels, traitement symptomatique des plaintes résiduelles fonctionnelles, prise en charge des facteurs psychiques identifiés, *etc.*),
3. l'organisation d'un suivi des patients et, si possible, d'une centralisation de ce suivi,
4. le développement de l'information et de la formation des professionnels de santé,
5. le développement de travaux de recherche présentant des protocoles cliniques et d'exposition rigoureux (relations entre l'hypersensibilité électromagnétique et d'autres syndromes fonctionnels ; relation entre l'hypersensibilité électromagnétique et l'électrosensibilité ; modification de l'imagerie fonctionnelle cérébrale, *etc.*).

## **S'agissant des recommandations en matière d'expositions**

### **Pour la caractérisation des expositions**

Considérant en particulier :

- l'intérêt d'identifier les lieux pour lesquels des niveaux d'exposition « atypiques » (c'est à dire dépassant le niveau moyen ambiant) seraient observés ;
- l'intérêt d'une connaissance approfondie des expositions individuelles, y compris en continu et à long terme ;
- l'intérêt de renforcer la description des expositions ;
- l'intérêt de disposer d'une métrologie précise et reproductible ;
- l'intérêt d'objectiver les niveaux d'expositions réels de la population générale ;

l'Afsset recommande :

1. de s'assurer de la parfaite adéquation des protocoles de mesure aux évolutions technologiques. Le groupe de travail encourage en particulier les évolutions en cours du protocole de l'ANFR pour une meilleure prise en compte des bandes de fréquences Wi-Fi, WiMAX et les signaux impulsionnels (radars) ;
2. de travailler sur la définition et le choix de grandeurs représentatives de l'exposition réelle des personnes aux ondes provenant de l'ensemble des émetteurs de radiofréquences et de s'attacher en particulier à la bonne description de l'exposition des personnes les plus fragiles et des enfants ;
3. de recourir aux exposimètres portables afin de mieux caractériser les expositions individuelles ;
4. de développer les sondes de mesure fixes et autonomes et les méthodes de simulation et de cartographie de l'exposition et de définir précisément leurs conditions de mise en œuvre ;
5. d'aller vers une description spatiale plus exhaustive de l'exposition aux champs radiofréquences, en milieu urbain notamment, dans le cadre d'un programme de surveillance et d'une stratégie élaborée visant en particulier à identifier les secteurs géographiques présentant les niveaux d'exposition les plus importants pour la population générale ;
6. le renforcement de la description des niveaux d'exposition pour les professionnels les plus concernés.

## **Pour les niveaux d'exposition**

Considérant en particulier :

- le fort développement du recours aux technologies utilisant les radiofréquences qui pourraient conduire à un renforcement des niveaux d'exposition ;
- les préoccupations du public liées à l'exposition aux sources de radiofréquences ;
- le souhait de modérer des niveaux d'exposition aux radiofréquences et les possibilités techniques disponibles permettant cette réduction pour des appareils du type téléphone mobile, veille-bébé, téléphone sans fil DECT, etc. ,

l'Afsset recommande :

1. de privilégier les terminaux mobiles de DAS faible. Il conviendrait pour cela de généraliser la mise à disposition des utilisateurs des indicateurs d'exposition maximale (DAS par exemple) pour tous les équipements personnels utilisant la technologie des radiofréquences (téléphones portables, DECT, veille-bébé, etc.). Il conviendrait aussi de sensibiliser le public à ces indicateurs d'exposition par le développement de labels intelligibles ;
2. d'identifier et de cartographier les lieux présentant des valeurs sensiblement plus élevées que le niveau moyen ambiant et de proposer des procédures visant à réduire l'exposition dans ces lieux ;
3. de peser avec soin les conséquences, pour la population générale (enfants, etc.) et pour les utilisateurs de téléphonie mobile, d'une réduction de la puissance des antennes relais qui pourrait conduire à l'augmentation de l'exposition à la tête aux radiofréquences émises par les téléphones mobiles ;
4. de réduire l'exposition des enfants en incitant à un usage modéré du téléphone portable ;
5. de fournir aux utilisateurs d'équipements personnels émetteurs de radiofréquences des mesures simples pour leur permettre de réduire leur exposition, s'ils le souhaitent. Par exemple :
  - favoriser les systèmes qui minimisent la puissance émise des téléphones sans fil DECT ;
  - généraliser la présence d'interrupteur de l'émission Wi-Fi sur les émetteurs de type « modem » ;
  - permettre sans surcoût les accès filaires multiples sur les « modem » Wi-Fi ;
  - le niveau d'exposition diminuant fortement avec la distance à l'émetteur, sur des équipements tels que la base d'un téléphone DECT, des périphériques *Bluetooth* ou des veille-bébé, une distance de quelques dizaines de centimètres entre l'appareil et l'utilisateur permet de diminuer considérablement l'exposition ;
  - faciliter le recours au kit piéton.
6. que l'efficacité des dispositifs « anti-ondes » soit évaluée et portée à la connaissance du public ;
7. de veiller à la compatibilité électromagnétique.

## **D'une manière plus générale**

Considérant en particulier :

- la multidisciplinarité et la complexité de la description d'éventuels effets sanitaires associés aux radiofréquences ;
- la nécessaire indépendance des experts et des équipes de recherche impliqués sur cette thématique ;

- la nécessité d'une veille permanente quant aux nouveaux travaux produits sur un sujet en évolution constante ;
- la nécessaire implication sur les enjeux associés aux radiofréquences de l'ensemble des parties prenantes ;

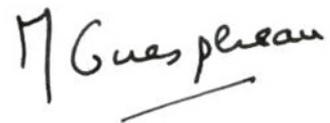
l'Afsset recommande :

1. la collaboration étroite entre physiciens, spécialistes en dosimétrie biologique et biologistes pour la réalisation des études sur les effets biologiques des radiofréquences ;
2. le financement pérenne des travaux de recherche par une structure garantissant l'indépendance et la transparence des études menées ;
3. la mise en place d'une structure permanente, associant l'ensemble des parties prenantes, assurant le suivi des connaissances en matière d'effet des radiofréquences et l'organisation de rencontres de travail régulières entre les scientifiques de toutes disciplines associés à la question ;
4. de favoriser la concertation et le débat autour des nouvelles implantations ou modifications d'émetteurs radiofréquences (téléphonie mobile, télévision mobile personnelle, WiMAX, etc.), en impliquant l'ensemble des acteurs concernés le plus en amont possible du dossier ;
5. de poursuivre au niveau national les enquêtes sur des échantillons représentatifs afin de suivre l'évolution des préoccupations des français vis-à-vis des radiofréquences ;
6. d'améliorer l'information du public, en particulier par la mise en place d'un portail internet notamment destiné aux collectivités locales ;

Enfin, l'Afsset propose également que l'impact des usages des technologies sans fil sur la qualité de vie soit étudié plus avant.

Maisons-Alfort, le 14 octobre 2009

**Le directeur général**

A handwritten signature in black ink, reading "M Guespereau". The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath the name.

**Martin GUESPEREAU**

## ANNEXE

### AUDITION DE PERSONNALITES EXTERIEURES

Nom	Affiliation	Audience	Date
Association Agir pour l'environnement	N/A	CES agents physiques	29 avril 2008
Association Criirem	N/A	CES agents physiques	29 avril 2008
Association Priartem	N/A	CES agents physiques	29 avril 2008
Association Robin des toits	N/A	CES agents physiques	23 juin 2008
Alain Azoulay	Supélec	GT RF	3 déc. 2008
Lawrie Challis	MTHR	GT RF	3 déc. 2008
Frédéric Couturier, Sylvain Germaine et Arnaud Miquel	Agence nationale des fréquences	GT RF	3 déc. 2008
Dominique Belpomme	ARTAC	GT RF	28 janv. 2009
Gérard Ledoigt	N/A	GT RF	11 mars 2009
James G. Rubin	King's College (London)	GT RF	11 mars 2009
Alain Vian	LASMEA Université Blaise Pascal	GT RF	11 mars 2009
Olivier Borraz et Danielle Salomon	CNRS/CSO et « Risques & Intelligence »	GT RF	1 <sup>er</sup> avril 2009
Michel Setbon	Directeur de recherche, CNRS	GT RF	2 avril 2009
Emmanuel Nicolas et François Jacquin	TDF	Sous-groupe GT RF	3 avril 2009
Peter Wiedemann	Jülich Forschungszentrum	GT RF	1 <sup>er</sup> avril 2009
Jean-François Lacronique, Françoise Boudin, Martine Hours et Michel Petit	Fondation Santé et Radiofréquences	Sous-groupe GT RF	10 avril 2009
Jean-Paul De Haro et Frédéric Surdel	Mairie de Paris	Sous-groupe GT RF	10 avril 2009
Rüdiger Matthes	Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)	Sous-groupe GT RF	24 avril 2009
Aslak Harbo Poulsen	Institute of Cancer Epidemiology Danish Cancer Society	GT RF	28 avril 2009

Jean-François Viel	Laboratoire Chrono-Environnement, CNRS - Université de Franche-Comté	GT RF	29 avril 2009
Lennart Hardell	Department of Oncology University Hospital Orebro, Suède	Sous-groupe GT RF	7 mai 2009
Olle Johansson	Department of Neuroscience, Karolinska Institute, Suède	GT RF	27 mai 2009
Michael Kundi	Institute of Environmental Health of the Medical University, Autriche	Sous-groupe GT RF	8 juin 2009
Lena Hillert	Departement of Public Health Sciences, Division of Occupational and Environmental Medicine Karolinska Institute, Suède	Contribution écrite	23 avril 2009
Agence suédoise de santé ( <i>National Board of Health and Welfare</i> )	-	Contribution écrite	2 juillet 2009
Luc Montagnier	Académie des Sciences	Contribution écrite	29 mai 2009
Julie Barnett	University of Surrey	Contribution écrite	11 juillet 2009
André Aurengo	Académie de Médecine	Contribution écrite	2 juin 2009-
ARCEP	-	Contribution écrite	3 juin 2009
Nicolas Treich	Laboratoire d'Economie des Ressources Naturelles Toulouse School of Economics	Contribution écrite	25 mai 2009
Francis Chateauraynaud, Josquin Debaz et Christopher Marlowe	Groupe de Sociologie Pragmatique et Réflexive (GSPR) EHESS	Contribution écrite	12 juillet 2009
AFOM	-	Contribution écrite	5 juin 2009