

EXPERTISE COLLECTIVE : SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS

Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences

Saisine Afsset n°2007/007

Ce document synthétise les travaux du groupe de travail et présente les éventuels compléments du Comité d'Experts Spécialisés.

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 document à jour des connaissances scientifiques et 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.

Il était demandé à l'Afsset de porter une attention particulière aux signaux identifiés dans ses 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.

Le groupe de travail (GT), dans la réalisation de ses travaux d'expertise, a considéré principalement 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 et 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 ainsi que 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 a expertisé à plusieurs reprises le domaine des effets sanitaires des champs électromagnétiques radiofréquences, avec la publication d'avis et de rapports d'expertise collective en 2003 et 2005 sur la téléphonie mobile et en 2009 sur les systèmes d'identification par radiofréquences (RFID). A la demande de ses ministères de tutelles, l'Afsset présente ici une mise à jour des connaissances scientifiques relatives à l'ensemble des applications utilisant des champs électromagnétiques radiofréquences, hors RFID.

Organisation de l'expertise

Conformément à la démarche qualité suivie à l'Afsset s'appuyant sur l'utilisation de la norme NF X 50-110 relative à la qualité en expertise, la demande des ministères en charge de la santé et de l'environnement a été confiée au CES « agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements » dès son installation en avril 2008. Ce dernier, au cours de sa séance du 29 avril 2008, a mandaté un groupe de travail « radiofréquences » pour la réalisation de l'expertise.

Dès sa première réunion, et avant même la mise en place du groupe de travail, le CES « agents physiques » a auditionné trois des cinq associations françaises positionnées 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 GT radiofréquences. Alors que le Criirem et Robin des toits ont répondu défavorablement à cette proposition, Daniel Oberhausen, membre de l'association Priartém, a été proposé par Priartém et Agir pour l'environnement. Il a donc été nommé observateur au sein du GT radiofréquences et a ainsi été invité à assister à toutes les réunions ainsi qu'aux différentes auditions, dès le mois de décembre 2008¹.

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 est 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.

Afin d'instruire cette saisine sur les effets des radiofréquences sur la santé, le groupe de travail s'est réuni 13 fois (22 jours²) entre septembre 2008 et octobre 2009. Lors de ces réunions, ou lors de séances supplémentaires, 19 auditions ont également été réalisées. En complément de ces auditions, 12 contributions écrites ont été sollicitées, dont 8 ont obtenu une réponse, sur des questions plus précises du groupe de travail.

¹ Le rôle précis de D. Oberhausen, qui n'est pas intervenu en tant qu'expert au sein du groupe de travail, était d'observer le déroulement des travaux d'expertise. Il a ainsi été convié à toutes les réunions du groupe de travail, ainsi qu'aux différentes auditions programmées pendant le temps de l'expertise. L'observateur a pu s'exprimer, poser des questions, mais n'est pas intervenu dans le travail d'expertise lui-même.

² Le GT s'est réuni 4 fois pour une séance d'une journée, et 9 fois pour des séances de deux jours consécutifs.

L'état d'avancement de ces travaux a été présenté régulièrement au CES « agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements », et discuté au cours de ses séances de travail. Le rapport produit par le GT tient ainsi compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES ayant pris part aux délibérations.

Ces travaux d'expertise sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires. Ils ont été réalisés dans le respect de la norme NF X 50-110 « qualité en expertise » avec pour objectif de respecter les points suivants : compétence, indépendance, transparence, traçabilité.

Description de la méthode

L'originalité de ce travail d'expertise collective réside notamment dans :

- la prise en compte de l'ensemble des radiofréquences, et non pas seulement 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 sociales ;
- la présence d'un observateur du milieu associatif au sein du groupe de travail.

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

L'analyse bibliographique entreprise par le groupe de travail a été aussi exhaustive que possible, en dépit des fortes contraintes temporelles. 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. Dans un souci d'exhaustivité, les références ainsi retenues ont été confrontées à celles d'autres rapports internationaux (rapports du Scenih³ 2007 et 2009, rapport du MTHR⁴ 2007, rapport Biolinitiative 2007, etc.). Ce rapport étant une actualisation des connaissances relatives aux effets sanitaires des radiofréquences, les travaux pris en compte sont, pour l'essentiel, ceux qui ont été publiés entre la sortie du dernier rapport de l'Afsse (début 2005) et le 1^{er} avril 2009 pour ce qui concerne la gamme de fréquences supérieures à 400 MHz (comprenant la téléphonie mobile), ainsi que d'autres travaux antérieurs pour les bandes de fréquences qui n'avaient pas été étudiées auparavant par l'Afsset.

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

- l'analyse des effets biologiques et sanitaires des champs électromagnétiques, par l'examen de la recherche scientifique dans les domaines de la biologie, de la médecine et de l'épidémiologie ;
- l'évaluation de l'exposition des personnes ;

³ *Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks* - Comité scientifique des risques sanitaires émergents et nouveaux.

⁴ *Mobile Telecommunications and Health Research Program* - programme de recherche britannique en santé et communication mobile.

- l'analyse de la réglementation internationale dans le domaine de l'exposition aux champs électromagnétiques ;
- l'étude de la perception des risques et une analyse de la controverse publique.

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 à proximité.

Résultats de l'expertise collective

Les travaux d'expertise, les conclusions et les recommandations du groupe de travail « radiofréquences » ont été soumis au CES « Evaluation des risques liés aux Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements » sous forme d'un rapport et de la présente synthèse d'expertise collective.

Le CES a adopté les travaux d'expertise collective du groupe de travail 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. Par ailleurs, le CES a salué l'important travail d'étude et d'expertise réalisé par le groupe de travail, tout en regrettant les contraintes temporelles fortes qui ont pesé sur ce travail.

Conclusions de l'expertise collective

Controverse publique et préoccupations sociales

Les enquêtes d'opinion montrent que les préoccupations que peut nourrir la population au sujet de certaines applications radiofréquences semblent 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, ou 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 l'exposition aux radiofréquences qu'elles occasionnent est beaucoup plus faible que celle liée 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 bonne 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 un 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 techniques (transmission analogique ou numérique, bandes de fréquences utilisées, type de modulation du signal, protocole de transmission des informations, etc.), 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. Le tableau ci-dessous présente les principales applications des radiofréquences, en fonction des bandes de fréquences associées.

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 télémétrie 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 sont réparties sur un territoire (zone de couverture) afin d'assurer une continuité de service pour des 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.*

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 (nouveaux protocoles de communication, augmentation des débits de données transmises, évolutions technologiques des émetteurs, *etc.*) et les usages (vers plus de mobilité et de « sans fil », développements de nouvelles applications et marchés associés, *etc.*).

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 effets associés connus qui peuvent se produire dans le corps. Jusqu'à une fréquence d'environ 10 MHz, on utilise la mesure des courants induits dans le corps humain. A partir de 100 kHz, l'absorption d'énergie électromagnétique, qui peut se traduire par une élévation de température des tissus, est caractérisée 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 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 (fantômes).
- 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 plus basses.

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 nombreuses mesures réalisées selon le protocole de l'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.), 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, au travers des synthèses que l'ANFR publie régulièrement. 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.).

Le rapport donne les résultats disponibles à ce jour sur les niveaux d'exposition de la population obtenus à partir des études de terrains et de la base de données de l'ANFR : ils sont tous inférieurs aux valeurs limites d'exposition réglementaires, et même souvent très en-dessous de ces valeurs limites.

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 terme d'intensité de l'exposition, il faut rappeler la très forte prédominance de celle liée aux téléphones mobiles par rapport à celle due aux antennes de stations de base de téléphonie mobile ;
- à la demande du groupe de travail, des mesures en très basses fréquences ont été réalisées au voisinage d'antennes de station de base. Il ressort de ces mesures que les émetteurs radiofréquences et notamment les antennes des stations de base de téléphonie mobile n'émettent pas de rayonnements 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 du signal (cas du GSM) ne peut pas être assimilé au rayonnement d'un champ électromagnétique en très basses fréquences.

Aspects réglementaires

Ce rapport présente l'état de la réglementation liée aux effets sanitaires des champs électromagnétiques dans le domaine des radiofréquences. Cette réglementation se traduit en termes 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 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.

Il semblerait qu'un simple abaissement de valeurs limites ne soit pas garant de l'apaisement de la controverse sociale (c'est par exemple le cas de la ville de Paris ou de l'Italie).

Au demeurant, l'effectivité de l'abaissement d'une valeur limite suppose aussi d'être vérifiée par des campagnes de mesure.

Etudes des effets biologiques, épidémiologiques et cliniques

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, 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 100 kHz, il s'agit des champs et courants pouvant entraîner la stimulation de tissus excitable (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 100 kHz 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 100 kHz, mais surtout à partir de 10 MHz. Ces effets thermiques sont utilisés dans les applications thérapeutiques des radiofréquences.
- Les effets non thermiques, ou « athermiques », apparaîtraient à des niveaux d'exposition non thermique, 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.

En raison de leurs spécificités (modes d'action, applications concernées, données disponibles), les effets biologiques des champs électromagnétiques radiofréquences ont été abordés par bandes de fréquences : entre 9 kHz et 400 MHz et au-dessus de 400 MHz.

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

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

Peu d'études expérimentales et épidémiologiques sont disponibles concernant les effets des champs électromagnétiques des fréquences intermédiaires sur la santé. L'analyse de ces études ne permet pas de conclure définitivement quant à l'existence ou non d'effet délétère lié à des expositions aux radiofréquences dans la bande 9 kHz – 10 MHz à des niveaux non thermiques. 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 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). A l'heure actuelle, d'importants travaux portant sur la dosimétrie dans ces bandes de fréquences sont entrepris.

Les résultats biologiques sont toujours limités et contradictoires. Cependant, certaines observations liées au système cardio-vasculaire (variabilité de la fréquence cardiaque par exemple) et au système nerveux (anomalie de répartition des bandes de fréquences EEG et ECG par exemple), ou à l'apoptose, devraient être approfondies. Il en est de même pour certaines applications médicales : stimulation nerveuse et action anti-tumorale avec, dans ce dernier cas, une action identifiée sur le cytosquelette.

Conclusion générale pour les études biologiques et épidémiologiques dans la bande 9 kHz – 400 MHz

Les quelques études publiées ne suggèrent pas de risque pour la santé humaine à des niveaux d'exposition non thermiques. La plupart de ces études concernent les travailleurs. Les résultats biologiques sont toujours limités et contradictoires.

La majorité des études ne suggèrent pas d'effets sanitaires, à l'exception de quelques résultats, limités à une légère augmentation de malformations morphologiques mineures chez l'animal. Ces effets mineurs et non spécifiques semblent limités à certaines espèces animales et sont difficilement extrapolables à l'homme.

Il apparaît également nécessaire de mieux caractériser l'exposition professionnelle et du public. Dans le cas d'une exposition localisée, le seuil d'apparition des effets est mal connu et devrait être étudié dans les recherches futures.

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

Les études originales publiées dans des revues anglophones à comité de lecture du 1^{er} janvier 2005 au 1^{er} avril 2009 ont été systématiquement analysées.

De nombreuses études de qualité 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 dosimétrie (évaluation de l'exposition), mais aussi, parfois, dans la partie biologie. Cela concerne la majorité des études positives, c'est-à-dire qui montrent des effets des radiofréquences, mais aussi certaines études négatives.

D'après le bilan global des analyses, sur 288 articles rattachés aux différentes catégories présentées, 226 articles de recherche ont été analysés, hors revues et articles non anglophones. Il peut être tentant de faire un simple comptage des résultats « positifs » et des résultats « négatifs ». Cependant, 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 vitro* et *in vivo* sur l'animal, 82 études trouvent des effets biologiques des radiofréquences et 100 n'en montrent pas.

- Parmi les 82 études trouvant des effets, 45 n'ont pas une dosimétrie validée, soit 55 %. Parmi les 37 articles restants, seuls 9 présentent également une méthodologie très satisfaisante pour la partie biologique. Par conséquent, 11 % des études qui montrent des effets ont une méthodologie rigoureuse pour à la fois les parties physique et biologique. Ces effets concernent principalement des fonctions cellulaires observées *in vitro* (apoptose, endocytose, stress oxydatif, *etc.*).
- Parmi les 100 études ne trouvant pas d'effets, 13 n'ont pas une dosimétrie validée, soit 13 %. Parmi les 87 articles restants, 69 présentent une méthodologie très satisfaisante pour la partie biologique. Par conséquent, 69 % des études qui ne montrent pas d'effet ont une méthodologie rigoureuse, à la fois pour les parties physique et biologie.

44 études ont été réalisées sur l'humain, dont 20 montrent des effets et 24 n'en montrent pas. Le système d'exposition utilisé étant souvent un téléphone du commerce, le DAS maximal ne dépasse pas les limites réglementaires. Il est néanmoins important que l'exposition soit caractérisée rigoureusement pour éliminer la possibilité d'autres effets liés à l'environnement des sujets.

- Parmi les 20 études montrant des effets, 4 équipes ont suivi des protocoles rigoureux pour la partie biologique, soit 20 % des études et seulement 2 équipes ont réalisé les expériences dans des conditions d'expositions parfaitement caractérisées.
- Parmi les 24 études ne trouvant pas d'effet, 17 présentent une méthodologie rigoureuse, soit 71 % des études, mais seulement 3 ou 4 équipes ont réalisé les expériences dans des conditions d'expositions parfaitement caractérisées.

Les résultats des études présentant des lacunes méthodologiques n'ont pas été pris en compte pour formuler des conclusions. Le nombre important de ces travaux 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 très faibles et s'appuient donc sur les variations de systèmes biologiques très sensibles susceptibles d'être modifiés au moindre biais, si toutes les précautions ne sont pas mises en œuvre. Cependant, quelques études dotées d'une méthodologie apparemment correcte trouvent des effets mineurs et hétérogènes, elles pourraient être complétées et reproduites.

Les conclusions du groupe de travail sont donc fondées sur des résultats de travaux rigoureux et sur la concordance de ces résultats obtenus par plusieurs études différentes.

Au vu de l'analyse détaillée et critique des travaux effectuée par le groupe de travail, et compte tenu par ailleurs de l'état antérieur des connaissances, aucune preuve convaincante d'un effet biologique particulier des radiofréquences n'est apportée pour des niveaux d'exposition non thermiques, dans les conditions expérimentales testées.

À ce jour, aucun mécanisme d'interaction onde-cellule n'a été identifié.

Il ressort de cette analyse que, dans les conditions expérimentales non thermiques testées, les radiofréquences supérieures à 400 MHz :

- ne modifient pas 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 ;

- ne sont pas un facteur de stress pour les cellules, en comparaison des facteurs de stress avérés. Les seuls effets de stress observés sont des effets thermiques associés à des niveaux d'exposition élevés ;
- ne provoquent pas d'effet génotoxique ou co-génotoxique reproductibles à court ou à long terme et ne sont pas mutagènes dans les tests de mutagenèse classiques ;
- ne provoquent pas d'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 ;
- n'ont pas d'effet délétère 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 ;
- n'ont pas d'effet susceptible d'affecter le fonctionnement du système immunitaire ;
- n'ont pas d'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 ;
- n'ont pas d'effet délétère sur le système cochléo-vestibulaire après une exposition aiguë ;

et d'après les résultats d'un nombre limité d'études, les radiofréquences supérieures à 400 MHz :

- ne paraissent pas perturber le système cardio-vasculaire, en particulier la régulation de la pression artérielle et du rythme cardiaque ;
- n'auraient pas d'effet délétère sur le système oculaire ;
- ne modifieraient pas le taux de mélatonine chez l'homme.

Quelques études isolées ont porté sur des effets ponctuels, ce qui ne permet pas de donner une conclusion valide de l'existence de ces effets. Certaines mériteraient d'être reproduites (par exemple sur la modification du débit sanguin cérébral).

Etudes épidémiologiques pour les fréquences supérieures à 400 MHz

Concernant les études épidémiologiques, il n'y a pas à ce jour de preuve de l'augmentation du risque de tumeur intracrânienne lié à l'utilisation régulière du téléphone mobile par un phénomène de promotion. Cependant, une partie de la plus grande étude cas-témoins dans ce domaine, l'étude Interphone, n'a pas encore été publiée. Même s'il est peu vraisemblable que les résultats globaux diffèrent, il restera à étudier les sources d'hétérogénéité entre toutes les études.

Certains résultats d'études suggèrent la possibilité d'une augmentation du risque de gliomes pour une utilisation d'une durée supérieure à 10 ans. D'autres semblent indiquer une diminution du risque de méningiomes pour une utilisation régulière de moins de 10 ans.

En revanche, les 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 2000 MHz et le risque de lymphomes et leucémies. [Certains membres du CES font observer que la population spécifique des militaires est connue pour être exposée à d'autres

facteurs de risque de lymphomes et leucémies et que les caractéristiques des radars mis en cause sont spécifiques.] Un certain nombre d'études réalisées sur des populations professionnelles soulèvent des hypothèses d'augmentation de risque de cancer (tumeurs cérébrales, cancers des testicules, et mélanomes oculaires).

Hypersensibilité électromagnétique⁵

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. L'harmonisation des méthodes utilisées laisse espérer la mise au point d'un outil diagnostique acceptable. Parallèlement, un faisceau d'indices concordants a été recueilli, suggérant fortement que des facteurs neuro-psychiques individuels interviendraient, au moins en partie, dans la genèse 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. Ces problèmes ont été abordés dans plusieurs parties du rapport. On peut en faire la synthèse suivante.

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.

Conclusion générale sur les effets sanitaires

L'actualisation de cette expertise collective a reposé sur l'analyse d'un très grand nombre d'études, dont la majorité a été publiée au cours des cinq dernières années. La validité de ces études a été analysée et n'est pas toujours acquise. Les données issues de la recherche

⁵ Lors d'un *workshop* sur ce thème en 2004, un groupe d'expert de l'OMS a proposé de remplacer ce terme d'hypersensibilité électromagnétique par celui d'intolérance environnementale idiopathique attribuée aux ondes électromagnétiques

expérimentale disponibles n'indiquent pas d'effets sanitaires à court terme ni à long terme de l'exposition aux radiofréquences. Les données épidémiologiques n'indiquent pas non plus d'effets à court terme de l'exposition aux radiofréquences. Des interrogations demeurent pour les effets à long terme, même si aucun mécanisme biologique analysé ne plaide actuellement en faveur de cette hypothèse.

Recommandations de l'expertise collective

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 très long terme sur des pathologies particulières et la nécessité de mieux documenter l'effet des expositions de très longues durées (chroniques) ;
- l'intérêt de poursuivre la recherche de certains effets biologiques éventuels pour des expositions à des niveaux « non thermiques » ;
- qu'un grand nombre d'études qui trouvent des résultats positifs à la suite d'expériences mal conduites n'ont pas lieu d'être reproduites, car d'autres travaux de qualité ont, par ailleurs, déjà répondu aux hypothèses soulevées ;

le CES 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 celles des plus hautes fréquences.

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 ;
- que la question de l'existence de troubles ressentis à proximité d'antennes de stations de base de téléphonie mobile reste ouverte ;
- l'hétérogénéité observée entre les résultats des deux études cas-témoins obtenues par le groupe de recherche de Hardell et les autres études ;

le CES 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'examiner la possibilité d'étudier la question des radiofréquences à partir de cohortes épidémiologiques 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.* ;
6. d'entreprendre une ré-analyse des données incluses dans les études du groupe de Hardell, 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 dès que les résultats de l'étude Interphone seront intégralement publiés. Même s'il est peu vraisemblable que les résultats globaux diffèrent, il restera à étudier les sources d'hétérogénéité entre toutes les études.

Pour l'hypersensibilité électromagnétique

Considérant en particulier :

- les progrès récents en matière de quantification des symptômes associés ;
- l'implication de différents facteurs neuro-psychiques individuels dans la genèse de l'hypersensibilité électromagnétique ;

- l'intérêt de mettre en place un protocole d'accueil et de suivi des patients hypersensibles ;

le CES 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 (en intérieur et à l'extérieur) 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 en vue de disposer d'une possibilité de surveillance ;
- l'intérêt de disposer d'une métrologie précise et reproductible ;
- l'intérêt d'objectiver les niveaux d'expositions réels de la population générale ;

le CES recommande :

1. qu'une attention particulière soit apportée à l'ensemble des protocoles de mesure afin qu'ils soient en phase avec les évolutions techniques. 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 des 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 radiofréquences ;

3. la poursuite du développement des exposimètres portables, des sondes de mesure fixes et autonomes, de méthodes de simulation et de cartographie de l'exposition et d'études afin de mieux définir leurs conditions d'utilisation ;
4. d'aller vers une description spatiale plus exhaustive de l'exposition aux champs radiofréquences, en milieu urbain notamment ;
5. 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. ;

le CES informe des possibilités suivantes :

1. la généralisation de 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.) ;
2. l'engagement de réflexions quant à la diminution des niveaux d'exposition de la population générale dans les lieux présentant des valeurs sensiblement plus élevées que le niveau moyen ambiant ;
3. 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.
4. l'efficacité des dispositifs « anti-ondes » devrait être évaluée et portée à la connaissance du public.

Considérant :

- la demande de réduction, à service rendu égal, des niveaux d'exposition induits par les antennes relais de téléphonie mobile à une valeur qui ne repose sur aucune

justification scientifique, demande exprimée notamment à l'occasion de la table ronde « radiofréquences, santé, environnement » du 25 mai 2009 ;

- que certaines villes françaises ont exprimé le souhait d'expérimenter des valeurs limites d'exposition différentes des valeurs limites réglementaires ;

le CES recommande de peser avec soin les conséquences d'une telle réduction, notamment :

en termes de multiplication du nombre des antennes et en termes d'augmentation parallèle possible de l'exposition de la tête aux radiofréquences émises par les téléphones mobiles.

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 ;

le CES 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 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 ;

et le CES propose que l'impact des usages des technologies sans fil sur la qualité de vie soit étudié plus avant.

Maisons-Alfort, le 8 octobre 2009

Au nom des experts du CES « Evaluation des risques liés aux agents physiques, aux nouvelles technologies et aux grands aménagements »,

le Président du CES

A handwritten signature in blue ink, consisting of several stylized, overlapping strokes that form a unique, abstract shape.