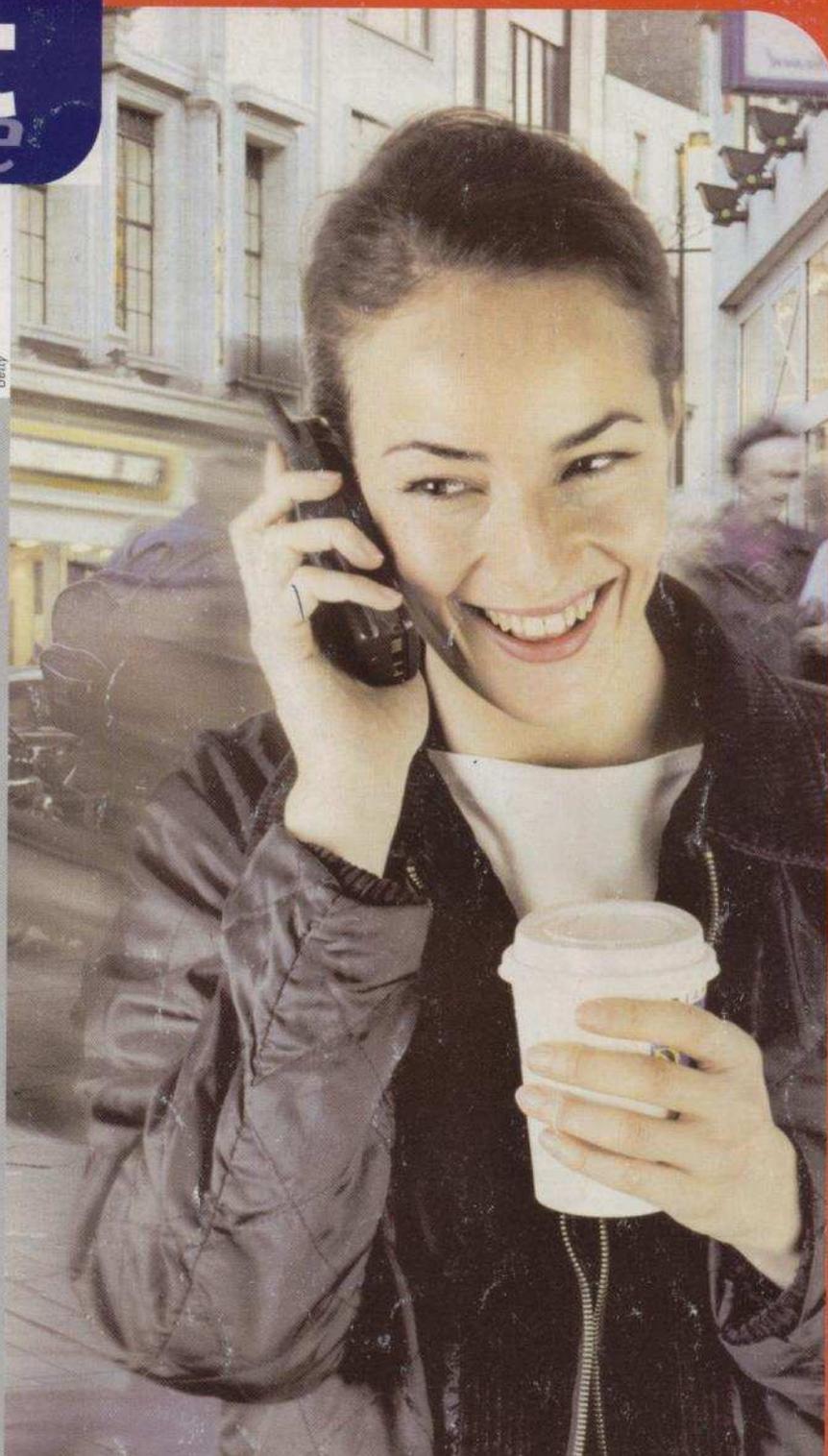


Gerry

- **Aucune inquiétude pour les stations relais** 2
- **Comment ça marche ?** 3
- **Comment les systèmes de téléphonie mobiles sont-ils évalués ?** 5
- **Données physiopathologiques** 7
- **Données épidémiologiques exploitables** 9
- **Recherche et veille sanitaire** 12
- **Les autorités de santé et les téléphones portables** 14
- **Réponses aux questions** 16



## Les ondes électromagnétiques et la santé

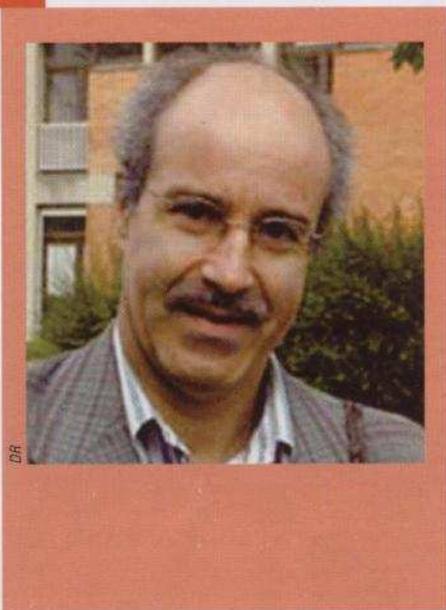
ZMIROU

En collaboration avec



# Aucune inquiétude pour les stations relais

Entretien avec le Dr Denis Zmirou-Navier



## Dr Denis Zmirou-Navier

Professeur de santé publique à l'université de Nancy I-Henri-Poincaré, il a présidé le groupe de travail qui, à la demande de la Direction générale de la santé, a fait un état des lieux des connaissances sur « les téléphones mobiles, les stations de base et la santé » (rapport à la DGS du 16 janvier 2001).

### Aujourd'hui, y a-t-il un danger à vivre près des stations de base (ou des antennes)?

Il n'y a aucun danger pour les personnes qui habitent sous ou au voisinage des stations de base. Les données scientifiques sont formelles. Les pathologies attribuées par certains patients aux antennes relais de la téléphonie mobile sont des symptômes fréquemment rencontrés en clientèle et dont la prévalence n'a pas augmenté depuis l'installation de ces antennes. En revanche, il existe une certaine désinformation véhiculée par des médias, de

nature à générer l'anxiété de la population. Or il n'y a absolument aucune raison d'avoir peur de ces stations ; elles émettent à des niveaux de champ plus faibles que les champs de la radio et de la télévision qui sont dans une gamme de fréquences proche et auxquelles nous sommes exposés continuellement depuis plus de cinquante ans. Mes propos ne doivent pas conduire pour autant les opérateurs à installer des stations relais n'importe où, sans concertation avec les habitants, propriétaires ou locataires.

### Qu'en est-il des effets des téléphones mobiles sur la santé ?

Sur ce point, soyons clairs, les études publiées jusqu'ici n'ont pas fait état d'effets néfastes pour la santé des personnes aux fréquences utilisées en France (900 et 1 800 MHz). Mais comme nous manquons encore de données, et que les champs reçus ne sont pas négligeables, nous devons appliquer le principe de précaution en attendant les résultats des études en cours. Ainsi, les personnes migraineuses, ou épileptiques, ou sous traitement psychotrope devraient éviter d'utiliser de manière intensive un téléphone mobile. Non pas que l'on ait de certitude quant à une quelconque dangerosité, mais il nous faut attendre les prochains résultats des travaux pour l'affirmer avec certitude pour ces personnes.

Pour le reste de la population, on s'en tiendra aux conseils du ministère de la Santé, édités dans la brochure « Téléphone mobile, santé et sécurité », qui s'appuient sur les recommandations formulées suite au rapport 2001 remis à la DGS. On peut dire qu'en l'état actuel des connaissances, il n'y a pas de risque pour la santé qui soit établi, mais il faut éviter d'utiliser un mobile dans de mauvaises conditions de réception (quand on n'a qu'une ou deux barrettes sur l'écran du téléphone), ou alors le faire avec un kit piéton.

Et bien sûr, rappelons-le, le seul danger parfaitement démontré du téléphone mobile est son utilisation en voiture par le conducteur.

### L'État se préoccupe-t-il encore de ces questions ?

L'État a mis en œuvre en 2001 un grand nombre des recommandations de notre groupe d'experts. Il a créé par ailleurs l'Agence française de sécurité sanitaire environnementale (AFSSE), un établissement public placé sous la tutelle des ministres chargés de l'environnement et de la santé.

Je vais prendre incessamment mes fonctions de directeur scientifique de cette nouvelle agence dirigée par Mme Michèle Froment-Védrine. L'AFSSE va commanditer l'actualisation des données scientifiques du rapport de janvier 2001 à un groupe d'experts, afin de vérifier si ses recommandations sont toujours d'actualité.

Le groupe d'experts sera composé de spécialistes de différentes compétences. De plus, ces spécialistes sont intégrés par ailleurs dans des programmes européens de recherche, voire mondiaux. En principe, les résultats de cette nouvelle évaluation devraient être présentés fin 2003.

### Que conseillez-vous à nos confrères praticiens qui doivent répondre aux patients inquiets ?

Mes confrères sont parfois assaillis par les questions de leurs patients, surtout, paradoxalement, au sujet des antennes. Il est légitime que la population s'inquiète pour son environnement, et il est sain qu'elle s'adresse à ses médecins pour répondre à ces questions.

Il existe malheureusement des rumeurs sans fondement scientifique au sujet des stations relais visant à inquiéter la population. Le médecin devra trouver les mots pour rassurer totalement le patient sur le sujet : toutes les données internationales convergent, en l'état actuel des connaissances, les antennes ne présentent aucun danger hors du périmètre immédiat de sécurité.

Quant aux téléphones mobiles, il faut rappeler qu'ils font encore actuellement l'objet de travaux, notamment en France. Cependant, il est conseillé aux personnes les plus fragiles de les utiliser avec raison et sagesse.

Ondes électromagnétiques, téléphones mobiles et stations de base :

# Comment ça marche ?

**La technologie de la téléphonie mobile utilise des ondes électromagnétiques. Celles-ci peuvent être considérées comme le véhicule des communications, en lieu et place des fils de la téléphonie fixe. Téléphones et antennes (ou stations de base) possèdent leurs caractéristiques propres.**

Les téléphones mobiles génèrent des ondes électromagnétiques dans la gamme des radiofréquences. Ces ondes (ou champs) électromagnétiques combinent deux ondes, l'une électrique et l'autre magnétique, qui se propagent en oscillant avec la même fréquence dans deux plans perpendiculaires (Figure 1).

## ■ Quelques notions de physique

Une onde électromagnétique est caractérisée par sa fréquence et par sa longueur d'onde.

■ La **fréquence** est le nombre de vibrations ou d'oscillations en un point donné par seconde ; elle s'exprime en hertz (1 Hz = 1 cycle par seconde). Les ondes radiofréquences occupent les fréquences de  $1.10^4$  à  $3.10^{11}$  Hz, alors que les simples champs électromagnétiques occupent les fréquences de 0 à  $10^4$  Hz, et à l'opposé, les rayons X occupent les fréquences de  $3.10^{16}$  à  $3.10^{22}$  Hz. Le système de téléphonie mobile GSM (Global System for Mobile communications) utilise les radiofréquences de  $9.10^8$  Hz (= 900 Méga Hz) à  $18.10^9$  Hz (= 1800 MHz).

■ La **longueur d'onde** (en mètre) est la distance qui sépare deux points d'oscillation qui se suivent (figure 1). À cette longueur d'onde est liée l'énergie d'une particule, un photon, de masse nulle ou pratiquement nulle.

■ La **puissance** d'une onde électromagnétique est la quantité d'énergie photonique (en eV ou électronvolt) qu'elle émet par unité de temps ; elle s'exprime en watt (W ; 1 watt = 1 joule/seconde, où le joule est une unité d'énergie ; 1 eV =  $1,6 \times 10^{-19}$  joules).

■ Le **champ électromagnétique** produit par un émetteur (téléphone mobile ou station de base) induit un champ électrique global dont l'intensité s'exprime en volt/mètre (V/m).

■ Selon les caractéristiques de sa source, une onde électromagnétique se propage soit de manière ponctuelle (ou sphérique), soit de manière directionnelle (à la manière du faisceau d'un phare), ce qui est le cas des ondes utilisées pour la téléphonie mobile. En espace libre de tout obstacle, **l'onde se propage de façon rectiligne**. Sa propagation " conique " dans l'espace se traduit par une répartition de l'énergie sur une surface de plus en plus grande, à l'image du faisceau de lumière du phare.

Ainsi, **plus une surface située dans son champ d'émission est éloignée de la source, moins elle reçoit de puissance**. Pour être précis et en utilisant le jargon des physiciens, la **densité de puissance surfacique (en watt/m<sup>2</sup>)** est inversement proportionnelle au carré de la distance qui sépare la surface de la source.

■ La vitesse de propagation de l'onde électromagnétique ne dépend que de la nature du milieu qu'elle traverse. Dans le vide, l'onde électromagnétique se déplace à la vitesse de la lumière. Lorsqu'elle se propage dans la matière, elle interagit de différentes manières (réflexion, réfraction, diffraction, diffusion, absorption). On dit que l'onde est **absorbée** lorsqu'elle perd de l'énergie sous quelle que forme que ce soit (thermique ou autre, selon le milieu tra-

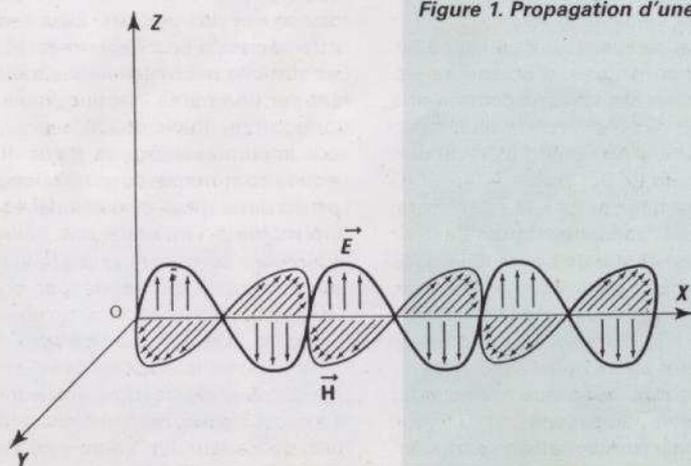


Figure 1. Propagation d'une onde.

versé). Ainsi, par exemple, lorsque les rayonnements ultraviolets, les rayons X et gamma traversent des milieux biologiques, ils peuvent rompre les liaisons moléculaires ou générer une ionisation; on les appelle rayonnements ionisants. En revanche, **les radiofréquences utilisées en téléphonie mobile ne perturbent pas les équilibres moléculaires; ce sont des rayonnements non ionisants (RNI).**

### ■ Les ondes EM dans notre vie courante

Les applications des radiofréquences sont très répandues, qu'elles soient domestiques (les fours à micro-ondes constituent le meilleur exemple), professionnelles (soudure, radio-communications notamment), grand public (badges de contrôle divers) ou médicales (imagerie par résonance magnétique nucléaire, physiothérapie).

■ Les champs générés par ces appareils sont très différents les uns des autres.

■ La fréquence diffère selon les systèmes.

■ La puissance émise varie également d'un appareil à l'autre. Ainsi, un four de cuisine a une puissance de rayonnement de l'ordre de 1 000 W et celle d'un téléphone mobile de l'ordre de 2 W maximum.

### ■ Téléphones et stations de base : les principes

En France, les téléphones mobiles actuels effectuent leurs transmissions soit dans la bande des 900 MHz, soit dans celle de 1 800 MHz selon le choix de l'opérateur. Le réseau téléphonique GSM 900 MHz est issu d'une norme franco-allemande introduite en 1992 et adoptée depuis par les autres pays européens.

#### La cellule : une zone de couverture

Le principe de la téléphonie mobile consiste à découper la zone de couverture en « cellules » de taille variable, de 100 mètres en ville (microcellule) à quelques dizaines de kilomètres en zone rurale (macrocellule). Au sein d'une cellule donnée, la liaison radio entre le mobile et l'antenne relais fait office de lien « sans fil » avec le réseau téléphonique. Quand l'utilisateur bouge et qu'il passe d'une cellule à une autre, cette liaison « sans fil » est reconfigurée, afin d'établir une liaison entre le mobile et la nouvelle station relais.

Au sein d'une cellule donnée, le mobile transforme les sons en énergie électrique, puis en ondes de radiofré-

quence. Celles-ci se propagent par voie hertzienne depuis l'antenne du téléphone jusqu'à une antenne relais, ou station de base, située à plusieurs mètres du sol. Le signal est ensuite transmis par voie filaire jusqu'au correspondant, avec une nouvelle propagation par voie hertzienne si votre correspondant vous reçoit sur son téléphone mobile.

#### Les mobiles : conçus pour gérer le meilleur rapport qualité d'émission / minimum de puissance émise

Pour répondre à la norme en vigueur, les téléphones mobiles (ou terminaux) émettent à une puissance limitée à 2 W pour les GSM 900 et à 1 W pour les GSM 1 800. L'émission est générée par impulsions, afin qu'un canal donné (une petite bande de fréquences) puisse être partagé entre huit utilisateurs qui émettent chacun à leur tour. Ainsi, la puissance réellement émise par les mobiles est au maximum de 0,25 W pour le GSM 900 MHz et de 0,125 W pour le 1 800 MHz.

Par ailleurs, la puissance de l'émission est régulée par la distance entre le mobile et le relais. Si le mobile est loin de l'antenne, ou s'il y a des obstacles entre les deux, la puissance émise est augmentée afin de maintenir la qualité de la communication.

Ce même dispositif de contrôle gère la puissance émise par chaque téléphone afin de réduire les interférences entre utilisateurs et de diminuer la consommation de batterie.

Ainsi, la puissance émise est maximale lors de la connexion avec le correspondant, puis elle est ajustée par paliers au minimum compatibles avec une bonne qualité de transmission. En cas de déplacement de l'utilisateur, le relais peut être assuré par plusieurs stations de base successivement, sans interruption de la transmission.

#### Les stations de base ou relais

Une **station de base**, encore appelée **relais**, est constituée d'émetteurs et d'une antenne. Les stations de base ont pour but de réceptionner ou d'envoyer par voie hertzienne l'énergie émise par l'utilisateur ou lui parvenant.

Chaque **émetteur** assure la couverture d'une cellule radioélectrique. L'émetteur communique avec huit mobiles; la puissance réellement émise par l'émetteur est ainsi divisée et répartie dans le temps. Un des émetteurs de la station sert de balise pour l'initiation de la liaison des mobiles. L'**antenne** transmet et reçoit les communications.

**Le champ électromagnétique émis par une antenne se propage de manière**

**directionnelle et horizontale.** Au fur et à mesure de sa propagation, son énergie décroît en fonction du carré de la distance par rapport à l'antenne.

Des distances de quelques mètres en face de l'antenne pour une station macro-cellulaire et de quelques dizaines de centimètres devant pour une antenne micro-cellulaire permettent de respecter les normes officielles autorisées pour la protection des personnes. Ces normes sont décrites dans le chapitre suivant. Le pourtour immédiat d'une station de base est ceinturé par une chaînette qui matérialise un périmètre de sécurité de 1 ou 2 mètres, que le public n'est pas autorisé à franchir (Figure 2).

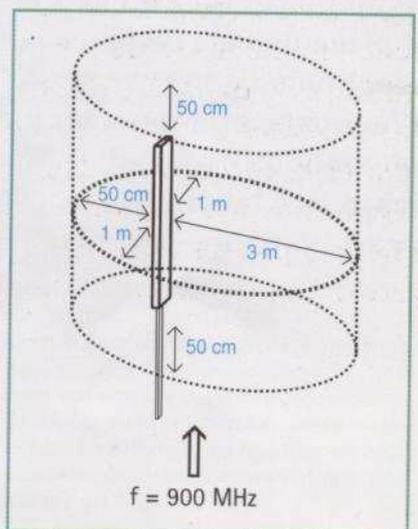


Figure 2. Les distances de sécurité à respecter autour d'une antenne émettant à 900 Mhz.

Les stations de base sont installées en hauteur. Les plus courantes, dites **macro-cellulaires**, se trouvent sur les toits ou sur des pylônes. Elles assurent la transmission en milieu urbain et rural. Les **stations micro-cellulaires** transmettent sur une faible étendue, mais pour un nombre élevé d'utilisateurs. Elles sont implantées sur des gares ou des centres commerciaux, par exemple.

Les **stations dites pico-cellulaires** sont implantées à l'intérieur des bâtiments comme des bureaux.

La puissance émise par ces relais dépend des distances et des territoires à couvrir. Celles rayonnées par les stations pico-cellulaires sont beaucoup plus faibles que celles des micro-cellulaires, qui elles-mêmes sont plus faibles que celles générées par les stations macro-cellulaires.

# Comment les systèmes de téléphonie mobile sont-ils évalués ?

Les ondes électromagnétiques sont susceptibles d'interagir avec les milieux biologiques, qui sont des milieux conducteurs. Des règles rigoureuses conditionnent donc l'installation des stations de base. De même, des modèles permettent de vérifier la conformité des téléphones aux normes édictées par les autorités gouvernementales.

Avec la collaboration de Joe Wiart, France Télécom Recherche et développement, RNRT, Paris.

L'interaction entre une onde électromagnétique située dans la gamme des radiofréquences et un milieu biologique dépend des paramètres de ce milieu, des caractéristiques de l'émission et de facteurs environnementaux. La dosimétrie permet de quantifier les puissances absorbées par les milieux biologiques exposés aux ondes électromagnétiques. L'évaluation du niveau d'exposition se fait par la mesure de la puissance absorbée dans les tissus (DAS) ou du champ émis par les stations de base.

## ■ Les mesures d'exposition et les normes en vigueur

### Le DAS: reflet du niveau d'exposition.

Le DAS ou débit d'absorption spécifique (en anglais SAR pour Specific Absorption Rate) quantifie la dose absorbée par un milieu biologique ou une personne, selon un temps donné et par kilogramme. Le DAS s'exprime donc par le rapport de la puissance absorbée et le poids de la personne. L'énergie créée lors de l'induction des ondes dans les tissus est exprimée en Watt par kilogramme de tissu ou de poids corporel (W/kg).

### Les autorités ont recommandé des limites d'exposition (ou normes).

L'ICNIRP (International Commission on

Non Ionizing Radio Protection) est un organisme international indépendant qui, en 1998, a recommandé des limites d'exposition pour la protection des personnes contre les effets biologiques connus des ondes électromagnétiques. La Commission européenne a approuvé ces valeurs limites en 1999 et le gouvernement français les a adoptées dans son décret du 3 mai 2002. Ces limites, appelées "restrictions de base", représentent les seuils acceptables d'exposition. Dans le domaine des fréquences utilisées pour la téléphonie mobile, les restrictions de base limitent à la fois le DAS global (moyenne sur le corps entier) et le DAS local (moyenne établie sur 10 g de tissu).

Le tableau ci-dessous donne les valeurs limites de DAS recommandées pour le grand public.

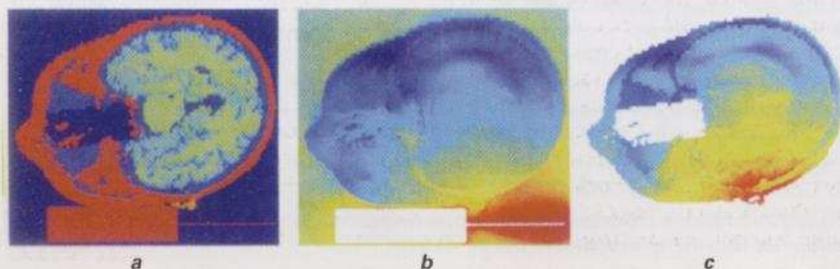
Restrictions de base pour le public	
DAS global corps entier:	0,08 W/kg
DAS local tête-tronc:	2 W/kg
DAS local membres:	4 W/kg

Les restrictions de base aux milieux biologiques étant difficiles à mesurer, on se réfère au niveau d'intensité de l'exposition à laquelle des personnes peuvent être soumises sans danger pour leur santé, exprimé en volt par mètre (V/m). Ces limites d'exposition inférieures à celles nécessaires pour engendrer un effet nocif sont appelées "niveaux de référence" et sont déduites des restrictions de base.

## ■ Au contact du téléphone mobile

Les téléphones mobiles sont soumis à une série de tests, avant leur mise sur le marché, pour vérifier que leurs utilisateurs ne seront pas exposés à des puissances dépassant les normes fixées par le décret du 3 mai 2002. Ces tests utilisent des têtes de manne-

Figure 1. (a) Modèle numérique de tête et de téléphone. (b) Champ E obtenu par simulations. (c) SAR dans les tissus obtenu par simulations



Puissances recommandées par l'ICNIRP, la commission européenne et le gouvernement français

Fréquence d'émission	Niveau de référence acceptable	DAS global	DAS local
900 MHz	41 V/m	> 0,08 W/kg	> 2 W/kg*
1800 MHz	58 V/m		

\* Valeur moyennée sur 10 g de tissu.

quins (dites "fantômes") remplies de liquides possédant des conductivités proches de celle de la tête et notamment du cerveau humain.

Des simulations informatiques sont réalisées et des images issues de l'imagerie médicale permettent de construire des modèles tridimensionnels de la tête et de décrire les évolutions spatio-temporelles des champs électriques et magnétiques sous l'effet de ces ondes. Selon ces analyses dosimétriques, la tête absorbe environ 50% de la puissance émise par le radiotéléphone, la peau 15%, le muscle 10%, le liquide céphalo-rachidien 5%, le cerveau 13%. L'absorption est principalement localisée dans la zone proche de l'oreille: 30% de l'énergie est absorbée dans un cube de 5 cm de côté centré sur l'oreille interne. La peau de ce cube absorbe 70% de la puissance absorbée par l'ensemble de la peau. Le DAS maximum estimé dans l'oreille interne est de l'ordre de 0,4 W/kg pour une puissance de 250 MW et une fréquence de 900 MHz.

### ■ Au voisinage des stations de base

Pour analyser la conformité des stations de base aux recommandations et mesurer la densité de la puissance surfacique ( $W/m^2$ ) et du champ électrique (V/m) de la station, on émet avec une puissance et un trafic de communications maximum (figure 2).

On constate qu'au-delà de quelques mètres, les champs induits par les stations de base et les puissances associées sont très inférieures aux recommandations internationales. Le rayonnement étant horizontal (à la manière d'un phare), les champs induits sont extrêmement faibles à la verticale de l'antenne (en dessous ou au-dessus) et un périmètre de sécurité autour de l'antenne est matérialisé.

Les chercheurs étudient actuellement le moyen de vérifier ces mesures sur des sites plus éloignés, un travail rendu difficile par le fait que chaque site reçoit de nombreux champs d'origine domestique, TV, radiodiffusion, etc., avec des fréquences et des polarités multiples. Toutefois, l'Agence nationale des fréquences (ANFR) a mis au point un protocole de mesure in situ visant à

vérifier le respect des limitations de l'exposition du public aux champs électromagnétiques prévue par la recommandation du conseil de l'Union européenne du 12 juillet 1999. Ce protocole permet de mesurer l'exposition, non seulement au rayonnement électromagnétique des stations de base, mais aussi aux autres rayonnements que l'on peut recevoir au niveau de sites sensibles (TV, FM, etc.).

### La campagne sur les mesures effectuée par l'ANFR

Les résultats de l'ANFR montrent que sur les 112 mesures extérieures réalisées sur des sites très proches de stations de base, de stations de radiodiffusion ou de radios professionnelles, aucune n'atteint la norme officielle. Sur les 21 sites qui dépassent le centième de la norme, un seul est de type téléphonie mobile GSM 900. L'exposition moyenne du public n'atteint pas 8 % de la norme officielle recommandée, la contribution des émissions de radiodiffusion FM étant manifestement prédominante.

Des mesures intérieures ont été réali-

sées dans des propriétés privées, terrasses ou appartements, à la demande de particuliers qui se plaignaient d'être soumis au rayonnement de stations GSM. Elles montrent des niveaux extrêmement faibles, comparables pour les émissions d'origine FM et GSM 900.

### Amélioration des procédures

L'ANFR a élargi la procédure préalable aux implantations et modifications des stations radioélectriques prévue par le Code des postes et télécommunications. Cette procédure, dite COMSIS, a été complétée pour prendre en compte les aspects concernant la santé. Un certain nombre de points font désormais l'objet d'une déclaration à l'administration:

- respect d'un cahier des charges techniques relatif à l'installation de relais radioélectriques sur des bâtiments;
- mise en place du périmètre de sécurité délimitant une zone inaccessible au public;
- respect des normes de sécurité sanitaires (recommandation 99/519/CE);
- déclaration des lieux publics particuliers (écoles, hôpitaux, crèches, etc.) situés à moins de 100 m de l'antenne et intervention de l'ANFR pour le droit d'implantation.

### Références

- (1) Décret n° 2002-775 du 3 mai 2002.
- (2) Site Internet de l'ANFR: <http://www.anfr.fr>.

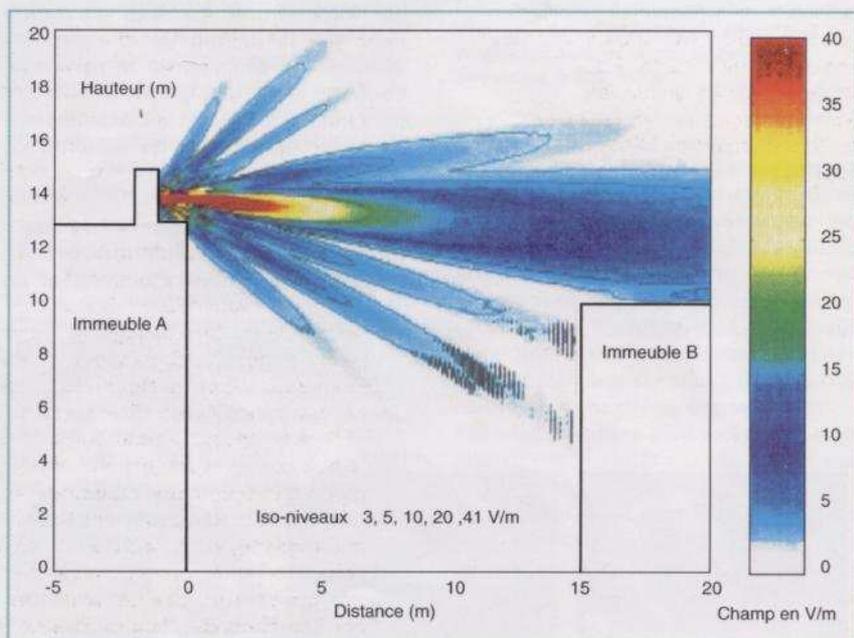
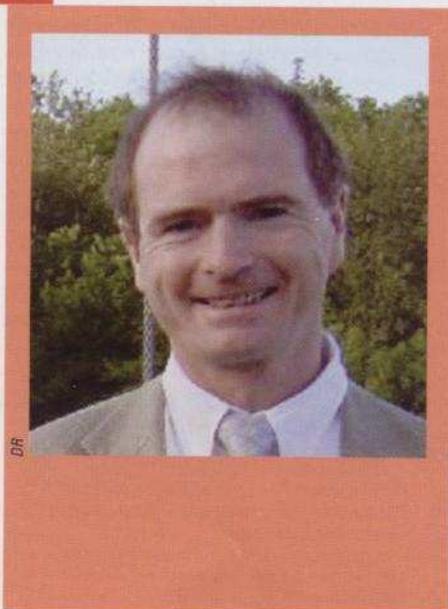


Figure 2. En terme d'exposition, pour une fréquence de 900 Mhz, le niveau de référence de champ acceptable est de 41 V/m.

# Données physiopathologiques

## Entretien avec le Dr René de Sèze

Institut national de l'environnement industriel et des risques, France.



### Dr René de Sèze

Médecin spécialisé en radiologie, titulaire du DEA « Instrumentation et mesure » et d'un doctorat d'Université, directeur de recherche à la Faculté de médecine, son principal sujet de recherche portait sur l'étude des effets sur la santé des radiotéléphones cellulaires. Il travaille actuellement à l'Institut de l'environnement industriel et des risques.

#### Quels types de lésions peuvent induire les ondes électromagnétiques ?

Les seules lésions décrites dans la littérature après des expositions accidentelles à des ondes électromagnétiques sont des brûlures pour des champs à fortes puissances, tels que des radiofréquences utilisées dans certaines industries et dont les systèmes de sécurité n'ont pas fonctionné, ou des hyperfréquences de radars.

Les systèmes utilisés pour la téléphonie mobile génèrent des puissances beaucoup plus faibles. On relève à ce jour plus de huit cents études publiées sur leurs éventuels effets, qui ont fait l'objet de plusieurs rapports internationaux et nationaux (1-6). Le rayonnement produit par les champs électromagnétiques utilisés en téléphonie mobile peut induire deux types d'effets biologiques : thermiques et non thermiques, dont certains sont dits physiologiques.

#### Quels sont les effets thermiques ?

Les effets thermiques sont ceux qui ont permis de définir les normes de sécurité. Dans les tissus, les champs électromagnétiques peuvent déplacer des charges libres comme des ions ou orienter des molécules polarisées comme les acides aminés. Une partie de l'énergie électromagnétique est ainsi transformée en chaleur. La dose d'énergie absorbée par transformation en chaleur est quantifiée par la puissance absorbée par unité de masse de matière biologique exposée ; c'est le débit d'absorption spécifique (SAR ou DAS) qui s'exprime en watt par kilogramme (W/kg). Quelques études réalisées chez l'animal (rats, souris, lapins, cobayes, singes) ont révélé qu'à partir d'une certaine puissance absorbée, entraînant une élévation de la température corporelle de 0,5 à 1°C, on pouvait observer des conduites d'évitement, des troubles du comportement et des perturbations de l'apprentissage, sans pour autant observer de lésion. Ces perturbations liées à une élévation de la température se produisent pour des

puissances absorbées supérieures à 4 W/kg de poids corporel. À partir de ce niveau d'effet thermique constaté chez l'animal, une marge de sécurité d'un facteur 50 a été choisie pour définir les valeurs de SAR recommandées chez l'homme. La puissance maximale à ne pas dépasser est donc de 0,08 W/kg, moyennée sur le corps entier (4 W/kg : 50 = 0,08 W/kg). Il s'agit d'une puissance moyenne sur l'ensemble du corps, car la puissance moyenne absorbée est très inhomogène d'une région à l'autre. Elle est en effet beaucoup plus importante en superficie qu'en profondeur, si bien que l'on peut avoir localement des valeurs (SAR local) nettement plus élevées. C'est pourquoi on a défini un maximum d'exposition de 2 W/kg localisée moyennée sur 10 g de tissu.

#### Quels sont les effets non thermiques physiologiques ?

En dessous du niveau des normes, on a observé « des effets physiologiques », à la limite des effets thermiques. Ces effets sont définis comme les phénomènes les plus fins que l'on puisse détecter ne traduisant pas un risque pour la santé. À l'image d'une marque de pas sur le sable d'une plage, que l'on peut photographier mais qui disparaît à la vague suivante, certaines modifications ont pu être observées transitoirement, sans traduire pour autant un quelconque élément pathologique. Par exemple, quand on expose des volontaires sains aux ondes de radiofréquences émises par les téléphones cellulaires configurés pour être utilisés à une puissance maximale de 1 W/kg sur 10 g de tissu, on observe des modifications de l'électroencéphalogramme, des temps de réaction, ainsi que quelques modifications de la structure du sommeil.

Ces effets physiologiques ne pourraient constituer un risque que s'ils étaient cumulatifs. Si l'on trouvait que des effets mineurs ne se compensaient pas d'une fois sur l'autre ou qu'ils persistaient en cas d'expositions répétées ou

de longue durée, on pourrait envisager qu'ils entraînent à long terme un dérèglement. Des travaux sont aujourd'hui centrés sur l'étude des effets chroniques dus à des expositions répétées. Dans des études réalisées chez des volontaires sains soumis de façon systématique à des téléphones portables utilisés à puissance maximale (250 mW de puissance moyenne) deux heures par jour pendant un mois, il n'a été constaté aucune variation significative des sécrétions endocriniennes. Les résultats de travaux étudiant les effets cumulatifs sur le système cognitif sont attendus pour début 2003.

#### Et les effets « non thermiques » proprement dits ?

À des niveaux de champs beaucoup plus faibles (résonances, fréquences particulières ou effet des « modulations ») de l'ordre du mW/kg, des effets non thermiques ont été décrits dans différents articles. Ces effets sont de très faible amplitude et ne laissent pas craindre de répercussions pour la santé. Ils sont par ailleurs non reproductibles, ce qui traduit l'existence de paramètres non contrôlés qui empêchent toute conclusion possible. Leur très faible amplitude ne permet pas d'envisager une modification du fonctionnement de la cellule ou des organes de façon cohérente. Il s'agit de mécanismes intéressants au plan scientifique qu'il semble important d'étudier.

■ Il existe des effets sur le calcium, avec en particulier la mise en évidence d'une variation d'un facteur 2 ou 3 du flux calcique. Cette variation reste toutefois très minime par rapport aux modifications physiologiques des flux calciques, la moindre activité cellulaire s'accompagnant en effet d'une augmentation d'un facteur 100 à 1 000 de la concentration de calcium intracellulaire pendant quelques secondes ou quelques minutes. Cette constatation n'a aucun impact sanitaire.

■ Des effets ont également été décrits sur l'ornithine décarboxylase, enzyme impliquée dans les phénomènes de cancérisation et de prolifération tumorale. L'activité de cette enzyme est multipliée par un facteur 400 à 500 dans les phénomènes cancéreux. Les effets observés avec les champs radiofréquences n'ont jamais dépassé un facteur 2. Il est toutefois important d'étudier scientifiquement ces phénomènes pour limiter la polémique sur ce thème liée à une connaissance insuffisante des phénomènes mis en jeu dans les effets observés.

■ Des études expérimentales sur des cellules, réalisées à des niveaux de

puissance absorbée se situant autour de 1 à 2 W/kg, c'est-à-dire voisines des normes d'exposition locale, montrent des effets potentiellement nocifs pour la santé, proches des effets thermiques. Il s'agit, par exemple, de modifications de l'expression des gènes ou de modifications de l'expression des protéines de choc thermique. On ne sait pas encore si ces effets observés sur des cellules se produisent également chez l'homme, et s'ils sont susceptibles d'entraîner des pathologies.

■ Sur des modèles animaux, une étude a montré une perméabilisation de la barrière hémato-encéphalique. Tant qu'une dosimétrie suffisamment précise n'a pas été réalisée et que la possibilité de transposer ou non ces effets à l'homme n'a pas été vérifiée, la prudence justifie une limitation d'utilisation (ce que recommande le ministère de la Santé dans la brochure éditée pour le grand public).

#### Les téléphones mobiles utilisés en France aujourd'hui sont-ils trop puissants ?

Quand les téléphones émettent à leur puissance maximale, ils sont à un facteur 2 en dessous des normes (c'est-à-dire 1 W/kg pour 10 g de tissu) et, par ailleurs, 90 % du temps ils émettent à 40 % de cette valeur ou moins. Avec un téléphone à puissance maximale, on arrive à une puissance absorbée de 1 W/kg en superficie, et de 0,3 W/kg sur 10 g de cerveau car une partie du rayonnement a été atténuée. Nous sommes assez en dessous des valeurs des normes recommandées.

*Si les effets aux valeurs des normes nécessitent d'être précisés, nous ne sommes pas inquiets par rapport à l'usage du téléphone mobile. Il faudra peut-être recommander une valeur limite de SAR sur le cerveau et non pas sur les tissus les plus exposés comme le pavillon de l'oreille pour lequel il n'y a pas de risque de perméabilisation de la barrière hémato-encéphalique. Mais je ne suis pas inquiet par rapport à un risque de pathologie consécutif à l'usage de la téléphonie mobile et encore moins à l'exposition aux antennes des stations de base dont les risques sont ridicules.*

#### Pourquoi les stations de base sont-elles sans risque ?

Les faisceaux des antennes sont très étroits dans le sens de la hauteur et n'exposent pas les personnes qui sont dessous. En face, ils ne produisent qu'exceptionnellement un champ supérieur à 1 ou 2 volts/m. Le niveau de champ pouvant entraîner une puissance limite acceptable de 0,08 W/kg en

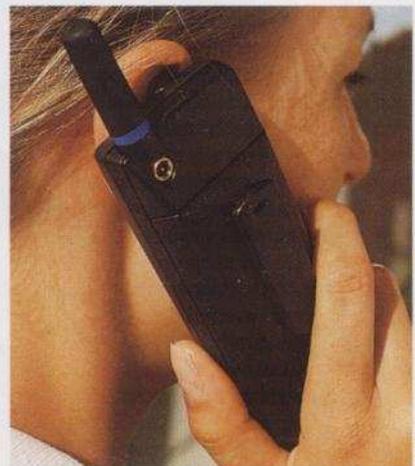
corps entier se situe entre 40 à 60 volts/m. Cette norme se situe, rappelons-le, cinquante fois en dessous de la valeur entraînant un effet perturbant mineur. Le champ d'exposition de 1 à 2 volts/m des stations de base produit donc un SAR 2500 fois inférieur au seuil de perturbation mineure.

*Beaucoup de gens résidant à côté de stations de base se plaignent de maux de tête, de perturbations du sommeil, mais il est impensable et inimaginable que les champs puissent être la cause de leur trouble. Si on cherche des gens malades autour des antennes, il est certain qu'on va en trouver, mais il n'y en a pas davantage autour des antennes qu'à distance.*

Aucune augmentation des consultations en médecine générale ou en neurologie n'a d'ailleurs été constatée récemment par la Sécurité sociale, chez les personnes vivant à proximité d'une antenne.

#### Références

- (1) B. Kunsch et al., ARCS report (Austrian Research Center Seibersdorf) DEFZS-E-0016, Studie dokumentierter Forschungsergebnisse über die Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder. December 2000.
- (2) Stewart report. Mobile Phones and Health. Report from the Independent Expert Group on Mobile Phones. Mai 2000.
- (3) Mc Kinlay (Septembre 1996) and cost 244 bis (juin 1999) reports to the DG XIII.
- (4) Royal Society of Canada report. A Review of the Potential Health Risks of Radiofrequency Fields from Wireless Telecommunication Devices. Mars 1999.
- (5) Rapport au Directeur général de la Santé. Les téléphones mobiles, leurs stations de base et la santé. Etat des connaissances et recommandations. 16 janvier 2001. À consulter sur le site internet du ministère de la Santé : <http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers>
- (6) Communication mobile. Effets biologiques. Symposium international, Paris 19-20 avril 2000. Organisé par l'Académie des sciences (CADAS) et par l'Académie nationale de médecine. Ed TEC & DOC, Paris.



Les téléphones mobiles émettent à des puissances inférieures aux normes.

# Données épidémiologiques exploitables

Entretien avec le Dr Elisabeth Cardis.



## Dr Elisabeth Cardis

Epidémiologiste, chef de l'unité Rayonnement et Cancer au CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer) en charge de l'étude internationale INTERPHONE.

### Avons-nous assez de recul pour étudier l'épidémiologie de la téléphonie mobile?

Le téléphone mobile est arrivé à la fin des années 1980, mais son utilisation est restée relativement confidentielle jusqu'à ces cinq dernières années, où l'on a assisté à une explosion de sa diffusion dans le grand public. Les études épidémiologiques sur les téléphones mobiles sont donc très récentes, et le recul d'observation encore assez faible: quelques années.

### Quelles sont les données pour les mobiles?

Nous disposons actuellement de deux études de cohorte et de quatre études cas-témoins.

### Les études de cohorte publiées:

■ Une première étude réalisée aux États-Unis en 1999 et portant sur plus de 250 000 abonnés suivis pendant une année n'a pas montré d'augmentation de la mortalité chez les utilisateurs de téléphones mobiles par rapport aux utilisateurs de téléphones de voiture (1). Le temps de suivi très court et le nombre de cas trop faible rendent cependant les conclusions difficiles.

■ Une deuxième étude de cohorte publiée l'année dernière au Danemark a porté sur 420 000 abonnés aux téléphones analogiques et numériques (2). Les sujets ont été suivis de 1982 à 1996, à partir du Registre des cancers danois. Le suivi moyen était de trois ans avec un maximum de quinze ans.

Il n'a été observé aucune élévation du risque de tumeur du cerveau, de leucémie, ni de tumeur de la glande salivaire. Il n'a pas non plus été mis en évidence de relation avec la durée d'utilisation des mobiles, ni de différence entre les téléphones de type analogique et de type numérique. Toutefois, la faible durée moyenne de suivi (trois ans) et le petit nombre de tumeurs ne permettent pas de conclure de manière définitive.

### Les études cas-témoins publiées:

■ La première étude cas-témoins, publiée en 1999 par une équipe suédoise (3) a cherché à savoir si les mobiles avaient eu un impact chez 233 patients atteints de tumeur cérébrale diagnostiquée entre 1994 et 1996; les téléphones utilisés par les patients étaient en majorité des analogiques NMT et aussi des téléphones numériques GSM; les analogiques NMT ne sont pas utilisés en France et délivrent en moyenne une puissance supérieure à celle délivrée par les GSM.

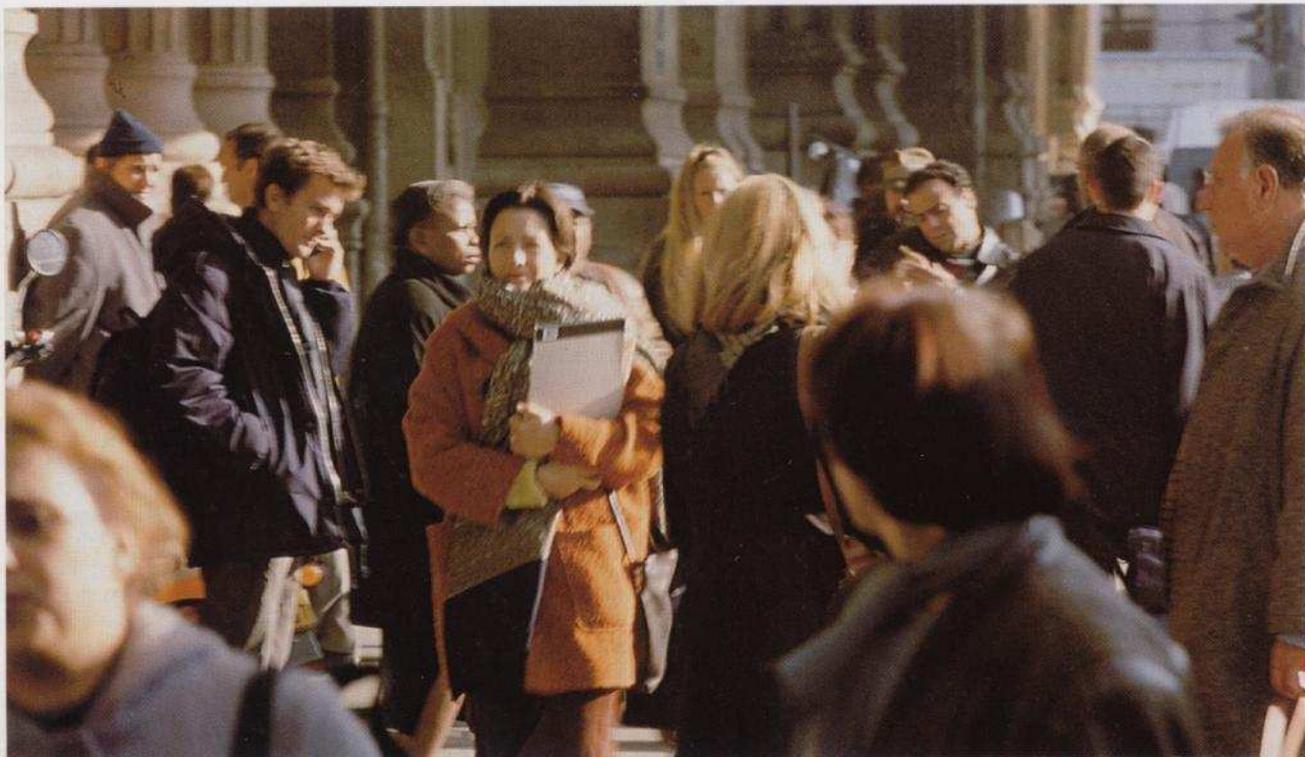
Globalement, aucune augmentation de risque n'a été trouvée ni pour les NMT ni pour les GSM. En revanche, les auteurs ont trouvé une augmentation non significative de risque pour le téléphone (côté droit RR = 2,45; IC = 0,78 - 7,76. Côté gauche RR = 2,40; IC = 0,52 - 10,9) chez les utilisateurs de NMT. Ces résultats sont suggestifs mais non concluants.

■ Deux autres études cas-témoins ont été publiées aux États-Unis en 2000 et 2001. La première portait sur 469 tumeurs du cerveau diagnostiquées entre 1994 et 1998 et 422 témoins appariés (4). Aucune association n'a été retrouvée entre le

## IARC ou CIRC

D'IARC (International Agency for research on cancer) ou CIRC (Centre international de recherche sur le cancer) est un organisme faisant partie de l'OMS. Il a pour mission de conduire et de coordonner des recherches en cancérologie, en particulier en épidémiologie et cancérogénèse, et aussi de développer des stratégies de prévention.

Site internet: <http://www.iarc.fr>



F. Astier

risque de tumeur du cerveau et l'usage de téléphones portables, dont il faut souligner la très faible utilisation à cette époque aux États-Unis.

Une légère augmentation du nombre de neuro-épithéliomes (14 cas) a été mise en évidence, non concluante dans la mesure où il s'agit d'une étude de faible puissance en raison du manque de recul et du faible nombre de cas exposés. Dans une étude plus importante, portant sur 782 tumeurs cérébrales (neurinomes de l'acoustique inclus) diagnostiquées entre 1994 et 1998, réalisée par l'Institut national du cancer des États-Unis (5), aucune augmentation du risque de cancer du cerveau n'a été notée.

Une étude Finlandaise (6) portant sur 399 cas de tumeurs cérébrales diagnostiquées en 1996 et cinq témoins par cas, a montré une association significative entre le risque de gliome et l'utilisation de téléphones analogiques (OR = 2,1 ; IC = 1,3 - 3,4). La proportion d'utilisateurs de portables était faible, cependant, dans cette étude.

■ Une toute dernière étude vient d'être publiée par les Suédois (7). L'étude porte sur plus de 1600 tumeurs cérébrales diagnostiquées entre 1997 et 2000 et 1470 témoins. Le risque relatif lié à l'utilisation de téléphones NTM analogiques est de 1,3 et très légèrement significatif (IC = 1,02 - 1,6). Il passe à 1,8 (IC = 1,1 - 2,9) si l'utilisation a été supérieure à dix ans. Il existe égale-

ment une association pour les tumeurs du lobe temporal du côté de l'utilisation du téléphone avec un risque relatif de 2,5 (IC = 1,3 - 4,9) (mais une réduction de risque pour les tumeurs du côté opposé), ainsi que pour le neurinome de l'acoustique avec un risque relatif de 3,5 (IC = 1,8 - 6,8). En revanche, on n'identifie clairement aucune association pour les téléphones numériques. Mais cette étude a fait l'objet de nombreuses critiques au plan méthodologique.

#### S'il existe, le risque est très faible.

Toutes ces études portent donc sur des effectifs relativement petits et des durées d'observation très courtes. Nous disposons d'un recul plus important dans des études menées en milieu professionnel (militaires, personnels radio dans l'aviation et la marine) avec des résultats contradictoires. Il est difficile de conclure de manière définitive sur la présence ou sur l'absence d'un risque concernant l'utilisation des radiofréquences, mais ce que l'on peut tout de même dire, c'est que s'il existait un risque très important, il aurait été décelé de façon cohérente malgré les défauts de ces études. On ne peut pas exclure l'existence d'un risque relativement faible au niveau individuel, qui pourrait représenter cependant un risque important d'un point de vue de santé publique en raison du nombre croissant d'utilisateurs de téléphones

mobiles, actuellement estimé aux environs du milliard.

#### Qu'est-ce que l'étude INTERPHONE ?

Devant la nécessité de réaliser une étude à grande échelle pour répondre à cette interrogation persistante sur les effets potentiellement néfastes des téléphones mobiles, une étude de faisabilité a été réalisée en 1998-1999, afin de savoir si nous disposons maintenant d'un recul suffisant et si, en réalisant une étude multinationale, nous aurions la puissance nécessaire pour répondre à cette question. L'étude de faisabilité étant positive, une étude multinationale, INTERPHONE, a été initiée par l'International Agency for Research on Cancer (IARC), le centre de recherche contre le cancer de l'OMS.

Treize pays participent à cette étude qui a débuté il y a un peu plus de deux ans : l'Australie, le Canada, le Danemark, la Finlande, la France, l'Allemagne, Israël, l'Italie, le Japon, la Nouvelle-Zélande, la Norvège, la Suède et le Royaume-Uni. Elle doit regrouper les données sur 6000 gliomes et méningiomes, 1000 neurinomes de l'acoustique et environ 600 tumeurs de la glande parotéide, ainsi que sur des témoins appariés pour chacune des tumeurs.

La population ciblée est assez jeune (30-59 ans), habite en zone urbaine (en France principalement en région parisienne et en région lyonnaise), afin d'analyser les sujets les plus susceptibles

d'avoir été exposés. Un entretien face-à-face est entrepris dans les trois semaines suivant le diagnostic afin de minimiser le nombre de cas perdus ou non exploitables. Un questionnaire détaillé doit essayer de reconstituer tout l'historique de l'utilisation du téléphone mobile : identification du type de téléphone au moyen d'un catalogue répertoriant les différents modèles, identification des réseaux utilisés, conditions d'utilisation (nombre et durées des appels passés). À partir de ces données, un gradient d'exposition est calculé et comparé entre le patient et le témoin. Sont également recensés les risques d'exposition parallèle notamment professionnelle (personnels de l'armée, personnes travaillant dans la soudure, le sellage des plastiques ou le plaquage de meubles utilisant souvent des radiofréquences...).

La Suède et le Danemark ont commencé leur recrutement en septembre 2000 et sont en cours de finalisation de leurs interviews actuellement. Chaque pays publiera ses propres résultats au fur et à mesure, mais l'analyse finale et la parution des résultats globaux sont prévues pour fin 2004.

### Ya-t-il une recherche épidémiologique dans l'environnement des stations de base ?

L'OMS n'a pas envisagé de réaliser le même type d'étude pour les stations de base. Ce type d'étude semble beaucoup plus difficile à faire en raison du changement perpétuel de la densité des stations de base dans l'environnement et de la mobilité des gens. Dans ces conditions, il paraît très difficile de caractériser, dans le temps et dans l'espace, l'exposition réelle des sujets. Les champs d'expositions aux antennes de base sont par ailleurs beaucoup plus faibles, il sera vraisemblablement plus difficile de mettre en évidence un lien quelconque.

### Références

- (1) Dreyer NA et al., Cause-specific mortality in cellular telephone users. *J Am Med Assoc*, 1999; 282 (19): 1814-16
- (2) Johansen C et al. A Danish cohort study. *Ugeskr Laeger* 2002 Mar 18; 164 (12): 1668-73
- (3) Hardell L et al., Use of cellular telephones and the risk for brain tumours: A case-control study. *Int J Oncol* 1999; 15 (1): 113-116 (A) (E) (S).
- (4) Muscat JE et al., Handheld cellular telephone use and risk of brain cancer. *JAMA* 2000; 284 (23): 3001-7.
- (5) Inskip PD, Tarone RE, Hatch EE, Wilcosky TC, Shapiro WR, Selker RG, Fine HA, Black PM, Loeffler JS, Linet MS. Cellular-telephone use and brain tumors. *N Engl J Med* 2001 Jan 11; 344(2): 79-86.
- (6) Auvinen A, Hietanen M, Luukkonen R, Koskela RS. Brain tumors and salivary gland cancers among cellular telephone users. *Epidemiology*. 2002 May;13(3):356-9.
- (7) Hardell L et al., Cellular and cordless telephones and the risk of brain tumours. *Eur J of Cancer Prev* 2002 Aug; 11 (4): 377-86.



Nous espérons que le médecin de cette jeune fille saura la convaincre.

M. Fedouachi/AFP

## Vrais symptômes et faux portables

Des Finlandais ont réalisé une étude randomisée chez 20 volontaires sains qui se plaignaient de divers symptômes (surtout au niveau de la tête) lors de l'utilisation de téléphones portables. Pendant la durée de l'étude, ces sujets ont été soumis à trois ou quatre sessions tests de trente minutes chacune, avec soit un mobile réel (NMT 900 MHz ou GSM 900 ou 1 800 MHz), soit un téléphone placebo.

Au total, il y a eu un plus grand nombre de symptômes rapportés avec le téléphone placebo qu'avec l'ensemble des vrais téléphones, et les patients étaient incapables de distinguer les uns des autres. Les auteurs concluent que les effets indésirables subjectifs ou les sensations dont se plaignent ces patients ne sont pas dus aux appareils de téléphonie mobile.

Hietanen M, Hamalainen AM, Husman T. Hypersensitivity symptoms associated with exposure to cellular telephones: no causal link. *Bioelectromagnetics* 2002, 23: 264-270.

## Pas de preuve aujourd'hui pour une augmentation du risque de cancer

Le SSI (Statens stralskyddsinstitut), autorité suédoise pour la protection contre les radiations, a publié très récemment le rapport de deux épidémiologistes de l'International Epidemiology Institute (États-Unis).

Selon leurs conclusions, nous pouvons raisonnablement éliminer à ce jour toute relation causale entre un risque de cancer cérébral et l'utilisation des téléphones portables. Les données des « études suédoises », qui montrent une relation entre le cancer et l'utilisation de téléphone mobiles, sont jugées comme non informatives, dans la mesure où elles reposent sur un suivi trop court et sur un nombre de cancers trop faible (étude de Hardell) ou à cause de problèmes méthodologiques.

De même, ces auteurs estiment qu'il n'y a pas de preuve formelle en faveur d'une augmentation des risques de méningiome, de neurinome de l'acoustique, de mélanome uvéal, ni de cancer des glandes salivaires, quels que soient le degré d'exposition aux mobiles, le type de téléphone (analogique ou digital), la durée et la fréquence d'utilisation, le nombre d'heures cumulées, la localisation de la tumeur.

Boice JD, McLaughlin JK. Epidemiologic studies of cellular telephones and cancer risk. SSI rapport, 16 septembre 2002. ISSN 0282-4434.

## Un tribunal Américain innocent un téléphone mobile

Aux Etats-Unis, un tribunal fédéral a jugé irrecevables les arguments scientifiques et le témoignage d'un médecin de l'Etat du Maryland qui a entamé des poursuites contre un industriel de la téléphonie mobile. Ce médecin estimait son mobile responsable de la tumeur au cerveau qu'il a développée et réclamait des dommages et intérêts. Le "raisonnement, les théories et la méthodologie" des experts produits par le Dr Newman "ne sont pas communément acceptés par la communauté scientifique", a tranché la juge Catherine Blake, de la Cour fédérale.

D'après un communiqué de l'Agence Reuters (Septembre 2002)

# Recherche et veille sanitaire

**En 1998, le Réseau national de recherche en télécommunications (RNRT) suscitait en France le regroupement des équipes de recherche compétentes pour étudier les effets biologiques éventuels des ondes électromagnétiques liées aux téléphones mobiles et aux stations de base. Bernard Veyret est un des chercheurs particulièrement impliqués. Au plan international, de nombreux programmes se poursuivent, avec des fonds publics et/ou privés, dont certains encadrés par des fondations. Les résultats sont soigneusement analysés par l'ICNIRP qui définit les normes de protection.**

**D'après un entretien avec Bernard Veyret\*,  
laboratoire PIOM, UMR 5501 CNRS, université de Bordeaux I.**

**A**u sein du laboratoire PIOM, créé en 1985, le groupe de bio-électromagnétisme est particulièrement impliqué dans la recherche sur les effets biologiques des champs électromagnétiques. Il est constitué de quinze personnes qui travaillent sur l'animal et sur les cellules humaines, en partenariat avec des équipes de biologistes. Son responsable, Bernard Veyret, a piloté le projet français COMOBIO (1) réalisé sous l'égide des ministères de la Recherche et de l'Industrie. Ce projet a mobilisé pendant deux ans quinze équipes de chercheurs. « Notre équipe a collaboré avec plusieurs autres sur différents sujets, par exemple l'effet éventuel sur l'oreille interne. Tout le versant biologique était réalisé par les laboratoires universitaires, seule la

dosimétrie était confiée à des laboratoires industriels qui en possèdent la maîtrise. » Le ministère de l'Industrie continue de financer ce projet, notamment une partie de COMOBIO Plus, appelée ADONIS. Ce dernier évalue actuellement les paramètres physiques de l'absorption sur des « fantômes » numériques de têtes d'enfants obtenues par l'imagerie médicale. La partie biologique de l'étude devrait démarrer en 2003. Même si les jeunes enfants utilisent peu les mobiles, il est important de vérifier si les ondes pénètrent de la même manière que chez l'adulte. Le laboratoire est aussi impliqué dans deux programmes européens : il dirige l'un d'eux (PERFORM B) et participe activement à un autre (REFLEX) (tableau 1) ; de plus, il participe à des



F. Gany

*En France, du téléphone mobile ou de la cigarette, seule la seconde a fait à ce jour la preuve de sa dangerosité.*

recherches sur plusieurs thèmes tels que les effets des signaux de la téléphonie mobile sur la peau, dans le cadre d'un contrat industriel avec FranceTélécom.

Enfin, une fondation est en voie de création en France. Elle sera dotée d'un conseil scientifique autonome permettant la répartition des fonds privés vers des équipes de recherche pour garantir leur indépendance.

### En fonction des résultats, quelles sont les recherches fondamentales en développement aujourd'hui ?

Deux thèmes sont particulièrement étudiés actuellement : le cancer et le fonctionnement du cerveau.

Bien entendu, pour répondre aux inquiétudes du public, la recherche sur le cancer reste très active. Le laboratoire PIOM y travaille depuis 1994. Il n'a pas observé d'effet significatif des ondes correspondant aux fréquences des téléphones mobiles (900 MHz et 1800 MHz) sur la co-promotion de tumeurs (expériences menées sur des tumeurs mammaires chimiquement induites par des cancérigènes). Ces résultats vont dans le sens de ceux de la littérature mondiale (une vingtaine d'études publiées actuellement) qui ne montrent pas d'effet sur ce genre de tumeurs chimio-induites. Des équipes américaines ont étudié l'induction de tumeurs du cerveau avec des résultats négatifs pour les fréquences de la téléphonie mobile. D'après les auteurs du rapport canadien (2) et du rapport Zmirov (3), sur l'ensemble des travaux expérimentaux disponibles, les résultats publiés n'ont apporté aucune preuve de l'existence d'effets cancérogènes associés à ces ondes sur des cellules humaines dans les limites des normes d'émission.

Actuellement, des essais sont en cours en Chine et aux États-Unis, ainsi que des études de réplication financées par l'Union européenne (réalisées en Suisse, Allemagne, Autriche, Italie) et dont les résultats sont attendus en 2004.

Pour ce qui est du cerveau et de la « migraine » en particulier, une équipe universitaire de Bordeaux, dirigée par Pierre Aubineau, a trouvé une augmentation de la perméabilité de la barrière hémato-encéphalique et une inflammation de la dure-mère sur un modèle de rat après deux heures d'exposition à un signal à la fréquence de la téléphonie mobile, mais avec une puissance plus élevée. Cette étude, en cours, n'est pas encore publiée. Bien entendu, l'extrapolation à l'homme de ce modèle demande des précautions.

Tableau 1. Programme de recherche sur les effets biologiques des OEM

### Programmes nationaux

France	COMOBIO* (COmmunications MOBiles et BIOlogie) Financé par le gouvernement et par les industriels français Dosimétrie, études sur l'homme, études sur l'animal COMOBIO PLUS : ADONIS Analyse de l'exposition des enfants Mesure de DAS des mobiles et in situ des champs des relais de troisième génération
Finlande	Universités et instituts de recherche finnois
Italie	Programme national MURST (ministère de la Recherche italien) 59 instituts de recherche coordonnés par le Conseil national de recherche
Australie	National Health & Medical Research Council Financement par une taxe spécifique prélevée sur les licences d'émission
Royaume-Unis	Programme MHTR financé par le gouvernement et les industriels

### Commission européenne

5<sup>e</sup> Programme cadre qualité de vie sur le thème " environnement et santé "

REFLEX	Coordonné par la fondation VerUm 11 laboratoires répartis en Europe, dont le laboratoire PIOM Effets des champs sur les processus cellulaires
CEMFEK	Coordonné par J. Juutilainen (Finlande) 5 laboratoires répartis en Europe Recherche d'effets co-carcinogènes (études sur l'animal et cellulaires)
PERFORM A	Projet présenté à la CE par un consortium industriel 4 laboratoires répartis en Europe Effets liés au cancer chez l'animal
PERFORM B	Études de réplication sur des cellules en culture Études sur la mémoire animale Programme MHTR financé par le gouvernement et les industriels

Actuellement il est connu que, sur toute la population mondiale qui utilise les téléphones mobiles, soit bientôt un milliard de personnes, il existe des cas anecdotiques de personnes ayant présenté des céphalées et des migraines après avoir utilisé des téléphones mobiles, mais cela reste rare.

### Au vu des quelques rares pistes d'effets biologiques, faut-il envisager de modifier les normes ?

Bernard Veyret fait partie de l'ICNIRP, un organisme international indépendant de tout gouvernement ou institut, qui a proposé des limites d'exposition pour la protection des personnes, acceptées par la Commission européenne et reprises dans le droit français. Il s'agit d'un groupe multidisciplinaire de scientifiques composé de douze personnes permanentes entourées de spécialistes, soit au total une soixantaine de chercheurs et universitaires, parmi lesquels des biologistes, des physiciens, des

épidémiologistes, des médecins... Cette commission décrypte en permanence toutes les études publiées et rediscute systématiquement la validité des normes de protection en fonction de leurs résultats. À ce jour, aucune étude n'a donné de résultats suffisamment étayés et probants pour que ces normes soient remises en question.

### Références

- (1) COMOBIO : protocoles, résultats des sous-projets et conclusions libres d'accès sur le site suivant : <http://tsi.enst.fr/comobio/resultats/>
- (2) Royal Society of Canada report. A Review of the Potential Health Risks of Radiofrequency Fields from Wireless Telecommunication Devices (March 1999).
- (3) Rapport au directeur général de la Santé. Les téléphones mobiles, leurs stations de base et la santé. État des connaissances et recommandations. 16 janvier 2001.

\* Bernard Veyret, ingénieur physicien, docteur ès sciences, directeur de recherche au CNRS au laboratoire de physique des interactions ondes-matières (PIOM) à Bordeaux, est membre de la commission de l'ICNIRP.

# Les autorités de santé et les téléphones portables

**Trente-sept millions de téléphones portables fin 2001 en France ! Un engouement exponentiel qui justifie l'intérêt porté par la Direction générale de la santé (DGS) aux effets des ondes électromagnétiques sur l'organisme humain.**

Le ministère de la Santé suit de très près les résultats des études publiées dans les revues internationales concernant les effets sur la santé des téléphones mobiles. Comme la plupart des spécialistes des ondes électromagnétiques et des épidémiologistes, le directeur général de la santé, le Pr Lucien Abenhaim, recommande d'interpréter avec prudence ces études qui ne répondent pas toujours, loin s'en faut, à des protocoles rigoureux et validés par la communauté scientifique. Ainsi, l'Institut de veille sanitaire a été saisi par la DGS pour en faire une analyse critique exhaustive.

Actuellement, au moins trente mille stations de base servent de relais à ces téléphones mobiles. Ainsi, la quasi-totalité des Français, consommateurs ou non de téléphone, reçoivent leurs émissions électromagnétiques, au même titre que celles des radios, télévisions, radars, etc.

*En ce qui concerne les stations de base, l'ensemble de la communauté scientifique mondiale s'accorde sur ce point : elles ne présentent pas de risque.*

L'étude de l'Agence nationale des fréquences (ANFR) confirme cette affirmation pour la France.

Pour les téléphones mobiles, en attendant les résultats des études d'impact en cours, et en particulier celle du Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) réalisée sous l'égide de l'OMS, dont les conclusions sont espérées en 2004, les recommandations fai-

tes par le ministère de la Santé il y a quelques mois restent d'actualité. Pour la rédaction d'un document d'information très largement diffusé, il s'était inspiré du travail d'un groupe d'experts indépendants. Ceux-ci, sous la houlette du Dr Denis Zmirou, avaient, en effet, en février 2001, à la demande de la DGS, dressé un état des connaissances scientifiques sur les effets de l'exposition du public aux champs de radiofréquences. Un rapport que des collectifs d'experts internationaux confirment, parvenant à des conclusions identiques, signale la sous-direction de la gestion des risques du milieu.

## ■ Le rapport de la DGS

Dans son rapport, Le Dr Zmirou, au nom du groupe d'experts, bâtissait ses recommandations sur un certain nombre d'observations.

*Si les téléphones mobiles créent des effets biologiques variés chez l'homme, comme la modification de l'électroencéphalogramme, il est impossible de dire qu'ils représentent une menace pour la santé... même si cette hypothèse ne peut être totalement exclue, en l'état actuel des connaissances. Le groupe ne retenait pas non plus l'hypothèse d'un risque pour les personnes vivant à proximité des stations de base. En revanche, il attirait l'attention sur le risque d'accident grave lié à l'utilisation des portables en voiture.*

Adoptant le principe de précaution, les experts préconisent un certain nombre de mesures, l'objectif étant de réduire au plus bas niveau possible l'exposition moyenne du public. Dans cet esprit, la recherche sur les effets biologiques et sanitaires de l'exposition aux radiofréquences doit être renforcée « pour réduire le champ des incertitudes et des ignorances » ; l'utilisateur doit adopter une conduite d'évitement prudent pour empêcher toute exposition superflue. Les industriels sont invités à poursuivre leurs efforts pour réduire

les niveaux d'émission des mobiles au plus bas niveau compatible avec la qualité du service. Une particulière attention est accordée aux enfants et aux personnes alitées ne pouvant se déplacer. Les bâtiments sensibles, hôpitaux, crèches et écoles, situés à moins de 100 m d'une station de base macro-cellulaire ne devront pas être atteints directement par le faisceau de l'antenne. En raison des risques hypothétiques d'une exposition cumulée, par définition plus élevée que pour des adultes, les enfants sont incités à user de leur portable avec modération...

## ■ La position des pouvoirs publics

Les recommandations de la Commission européenne de juillet 1999 qui fixent des valeurs limites d'exposition aux radiofréquences émises par les stations relais et les téléphones mobiles ont été depuis traduites en droit français (1).

■ Selon le décret du 3 mai 2002, les titulaires d'une autorisation, les personnes exploitant les réseaux ou installations radioélectriques des postes et télécommunications et les titulaires d'une autorisation d'usage des fréquences « veillent à ce que le niveau d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements des réseaux de télécommunications et par les installations radioélectriques qu'ils exploitent soit inférieur aux valeurs limites fixées » (articles 1 et 2 du décret). Ces valeurs sont les restrictions de base pour le public : 0,08 W/kg pour le corps entier, 2 W/kg pour la tête et le tronc, 4 W/kg pour les membres.

■ Le texte du décret poursuit : « Ces valeurs sont réputées respectées lorsque le niveau des champs électromagnétiques émis par les équipements et installations radioélectriques concernés est inférieur aux niveaux de référence indiqués » (article 2).

# Réponses aux questions

## STATIONS DE BASE

### Y a-t-il du danger à vivre sous ou à proximité une station de base ?

Il n'y a pas de danger à vivre sous ou à proximité d'une station de base.

Le faisceau du rayonnement présente une divergence horizontale de 120° pour pouvoir couvrir une large zone géographique, et une faible divergence verticale, typiquement de 10° d'ouverture. Pour ne pas dépasser les valeurs de référence d'exposition indiquées par la recommandation européenne 1999/519/CE, les distances minimales à respecter à proximité d'une antenne de

radiotéléphone sont 1,50 m devant, et 0,50 m sur les côtés et en dessous.

### Quel est le risque pour les enfants d'une crèche proche d'une station de base ?

Les faisceaux des antennes sont très étroits et horizontaux, et n'exposent pas les personnes qui sont dessous. De plus, la densité de champ est inversement proportionnelle au carré de la distance par rapport à l'antenne ; en face, le champ d'exposition maximum est de 1 à 2 V/m, soit 2 500 fois inférieur au seuil de perturbation mineure. C'est pourquoi il n'y a

aucune raison de s'inquiéter pour les répercussions sur la santé des enfants et des personnels de crèches voisins des stations de base.

### Qu'en est-il pour les porteurs d'implants ?

Concernant des techniciens porteurs d'implants « actifs » (stimulateurs cardiaques, prothèses électroniques, prothèses auditives, pompes à médicaments, neurostimulateurs, etc.), les médecins spécialistes préfèrent leur interdire l'accès des antennes car il pourrait y avoir des problèmes de compatibilité électromagnétique.

Les autres personnes implantées, comme le reste du public, n'ont pas accès aux antennes des stations de base (1).

### Ne serait-il pas prudent d'éloigner les stations de base des agglomérations ?

L'Agence nationale des fréquences (ANFR) répond formellement sur ce point. Des antennes mises dans les agglomérations ne provoquent dans leur zone de couverture que des champs insignifiants, alors qu'une mesure de mise à l'écart obligerait techniquement tous les portables utilisés dans ces agglomérations à fonctionner à pleine puissance, générant des champs beaucoup plus élevés pour les utilisateurs. Au contraire, une répartition raisonnable des stations de base dans les villes permet de minimiser le niveau de puissance rayonnée par les portables.

## TÉLÉPHONES MOBILES

### Quel est le risque de cancer cérébral ?

Le Dr Cardis dans notre document, ainsi que des épidémiologistes de l'International Epidemiology Institute (2) estiment qu'à ce jour nous pouvons raisonnablement écarter le lien entre un risque de cancer cérébral et l'utilisation des téléphones mobiles, a fortiori pour les GSM utilisés en France. De même, il n'y a pas de preuve formelle en faveur d'une augmentation des risques de méningiome, de neurinome de l'acoustique, de mélanome uvéal, ni de cancer des glandes salivaires.

### Quelle peut être la responsabilité d'un mobile dans la survenue de céphalées ou de migraines ?

Au plan expérimental, seule une étude en cours a montré une augmentation de perméabilité de la barrière hémato-encéphalique et une inflammation de la dure-mère chez des rats exposés pendant deux heures à un signal de mêmes fréquences que ceux de la téléphonie mobile, mais avec une puissance plus élevée. Selon les scientifiques interrogés, nous ne pouvons pas actuellement

extrapoler cette donnée à l'homme.

En revanche, des Finlandais ont montré sur une petite série qu'il n'y avait pas plus de plaintes avec des téléphones placebo qu'avec des téléphones mobiles réels (3). Ainsi, devant un patient souffrant de céphalées ou de migraines, il faut a priori chercher d'autres causes. On peut si nécessaire rassurer le patient, en lui proposant éventuellement d'éviter les situations qui pourraient augmenter la puissance du mobile ou d'éviter les conversations trop longues, ou de limiter l'exposition de la tête en utilisant un kit piéton.

### Quels sont les effets d'un téléphone mobile GSM pour les porteurs d'implants actifs (stimulateurs cardiaques, prothèses auditives, pompes à médicaments, neurostimulateurs, etc.) ?

En théorie, des interactions sont possibles entre les champs électromagnétiques et les circuits électriques, voire électroniques de l'appareillage. Le ministère de la Santé recommande aux personnes portant

un implant électronique d'éloigner leur téléphone mobile de plus de 15 cm de cet appareillage et de ne l'utiliser qu'avec l'oreille opposée au côté où celui-ci est situé.

### Pour la femme enceinte ?

Chez la femme, aucune anomalie de la gestation n'a pu être mise en évidence. Cependant, la grossesse s'accompagne d'un contexte psychologique particulier, et l'on connaît par ailleurs le risque de malformations congénitales spontanées. Il semble donc préférable, dans le cadre d'une politique de précaution, d'éloigner le téléphone de la région péri-ombilicale chez la femme enceinte.

### Et pour les adolescents, y a-t-il un risque au plan génital ?

Par prudence, le ministère de la Santé, dans la brochure *Téléphones mobiles, santé et sécurité*, recommande d'éloigner le téléphone des zones sensibles pour réduire leur niveau d'exposition : les zones génitales chez les adolescents.

### Les enfants nécessitent-ils davantage de précautions ?

Aucune étude scientifique publiée n'a démontré que les enfants étaient plus sensibles

aux ondes électromagnétiques. Les recommandations de l'ICNIRP sont applicables à toutes les catégories de personnes. Cependant, par simple mesure de prudence, le ministère de la Santé demande d'éviter de téléphoner en se déplaçant ou dans les zones de mauvaise réception, de limiter l'usage de son téléphone mobile et de l'éloigner des zones corporelles sensibles.

### Le vrai risque ?

L'utilisation d'un téléphone en conduisant réduit l'attention du conducteur et constitue le seul risque réel démontré, multipliant par quatre à six le risque d'accident mortel. On estime que le risque d'accident grave lors d'une conversation téléphonique au volant est comparable à celui induit par un taux d'alcoolémie élevé.

## Références

- (1) Champs électriques. Champs magnétiques. Champs électrostatiques. Guide à l'usage du médecin du travail et du préventeur. INRS, Paris, 2001.
- (2) Boice JD, McLaughlin JK. Epidemiologic studies of cellular telephones and cancer risk. SSI rapport, 16 septembre 2002. ISSN 0282-4434.
- (3) Hietanen M, Hamalainen A-M, Husman T. Hypersensitivity symptoms associated with exposure to cellular telephones: no causal link. *Bioelectromagnetics* 2002, 23: 264-270.