

LES TELEPHONES MOBILES, LEURS STATIONS DE BASE ET LA SANTE

Etat des connaissances et recommandations

**Rapport d'étape
au Directeur Général de la Santé**

16 octobre 2000

SOMMAIRE

Introduction

I- La démarche suivie par le groupe de travail

- La nécessaire expertise collective de la littérature scientifique
- Effets biologiques et effets sanitaires
- Faut-il appliquer le principe de précaution en matière de CEM-RF et de santé ?

II- Radiofréquences et santé : éléments de physique et de biologie

- Introduction
- Bases physiques des champs électromagnétiques
- Effets biologiques
 - Effets thermiques
 - Effets non thermiques
- Valeurs recommandées
- Téléphonie mobile

III- Critères de sélection et méthode d'analyse des rapports et documents récents concernant les téléphones mobiles et la santé

IV- Bibliographie

V- Annexes

- Lettre de saisine du groupe d'experts
- Composition du groupe de travail
- Réunions du groupe de travail
- Personnes dont l'audition est prévue
- Liste des documents utilisés par le groupe de travail
 - rapports de base
 - documents additionnels
- Présentation et interprétation des faits: illustration d'un exercice critique délicat
- Glossaire, sigles et abréviations
- Sites internet où trouver de l'information

INTRODUCTION

« Les conclusions des rapports récents dressant l'état des connaissances sur les risques pour la santé liés à l'usage des téléphones mobiles et à leurs équipements justifient-elles une adaptation des règles de gestion des risques adoptées récemment par les instances françaises et européennes ? ». Telle est, en substance, la question centrale posée au groupe d'experts réuni par la Direction générale de la santé.

Les champs électromagnétiques associés à la téléphonie mobile s'inscrivent dans un environnement physique déjà très largement marqué par cette gamme de fréquences électromagnétiques, les radio-fréquences (RF, de 30 kHz à 300 GHz), tant dans l'environnement domiciliaire (cuisson à micro-ondes, ondes radio ou télévision), l'environnement professionnel (systèmes de chauffage industriels, équipements de diathermie médicale...), que dans l'espace public (émetteurs radio ou télévision, radars, communications entre personnels de sécurité ou taxis, systèmes antivols ou de télécommandes ...), particulièrement en milieu urbain. La gamme de fréquence exploitée pour la téléphonie mobile se situe, selon les opérateurs et les technologies, entre 850 et 1900 MHz, et s'étendra jusqu'à 2200 MHz, avec le développement de la nouvelle technologie UMTS, et dans la bande 400 MHz avec le système TETRA en cours de développement. Deux traits donnent un caractère particulier aux -RF associés à la téléphonie mobile, suscitant une interrogation légitime du public : pour les téléphones mobiles, c'est la proximité immédiate de l'antenne et du crâne, lors de la conversation ; pour les stations de base, c'est la multiplication des antennes relais dans notre environnement proche. L'explosion du nombre d'utilisateurs nécessite l'installation d'un nombre croissant de cellules, surtout en milieu urbain dense, afin de garantir une couverture optimale dans un environnement riche en obstacles physiques. En toiture, sur pylône, pour les 'macrocellules', ou installées en façade d'immeuble, voire à l'intérieur de locaux ou d'espaces publics, pour les 'micro' ou 'picocellules', les antennes sont ainsi des repères visibles. Au 10 octobre 2000, c'est 28 155 stations de base qui étaient installées sur le territoire (antennes de macrocellules, de micro et de picocellules). Au cours des trois derniers mois, de 400 à 600 stations ont été installées chaque mois et de 200 à 280 ont été modifiées.

Le développement des télécommunications a été suivi par celui de la recherche sur les effets des champs électromagnétiques radiofréquences (RF) sur les systèmes biologiques. Les premiers travaux ont débuté après la deuxième guerre mondiale. Depuis, la littérature scientifique est restée abondante. Relancée aux Etats-Unis, puis dans le monde entier, par l'écho médiatique d'une procédure judiciaire engagée en 1992 par un citoyen accusant les RF d'être responsables du cancer du cerveau dont sa femme est décédée, la recherche s'est particulièrement intéressée à ce type de pathologie, et a exploré les mécanismes biologiques qui pourraient relier l'exposition à ces champs des cellules humaines, au développement des processus de cancérogenèse. L'expérimentation animale ou sur cellules isolées a produit de nombreux résultats, publiés dans une littérature scientifique riche et diversifiée. Le recul est encore limité, cependant, pour apprécier d'éventuels effets à long terme. Quelques auteurs rapportent un lien possible entre certaines formes de cancers du cerveau et l'usage d'un téléphone mobile, tout en recommandant la poursuite de tels travaux avant de conclure sur des manifestations dont on sait, comme pour les substances chimiques et les rayonnements ionisants, qu'elles n'apparaissent qu'après de nombreuses années d'exposition. Les phénomènes physiques et biologiques fort complexes qui opèrent appellent la mise au point de procédures d'expérimentation, de mesure et d'observation, qui n'avaient pas toujours, dans les premiers travaux, été parfaitement contrôlées. La nécessaire réplication des résultats, tout

particulièrement par la réalisation des plans d'expérience et d'étude dans les mêmes conditions, en est rendue plus délicate. D'où, malgré le volume important des travaux scientifiques, la difficulté à dégager encore aujourd'hui des conclusions claires. Des modifications, à court terme, de certains paramètres physiologiques ou biochimiques, ou encore de fonctions neuro-sensorielles fines, sont mises en évidence ou suggérées dans certains travaux, alors que d'autres contredisent certains de ces résultats. La signification de ces observations pour prédire la survenue d'effets à long terme est, de toute façon, sujette à des discussions.

Cette situation de débat scientifique n'étonne pas le spécialiste familier de l'étude des risques liés à l'environnement, qui sait combien la démonstration de la nocivité d'une substance chimique ou d'un agent physique ou microbiologique peut être difficile, dans les conditions d'exposition de la vie courante. Mais cette difficulté à trancher préoccupe naturellement le public. N'est-ce pas précisément dans cette situation d'incertitude sur des risques de conséquences graves qu'il faut recourir au 'principe de précaution' ? Sans doute, si les faits, « graves et irréversibles », sont suffisamment étayés scientifiquement ; mais alors, où situer le curseur de la précaution ? Sur quels caractères de l'exposition aux RF peser ? La pression du public et des médias se focalise sur les antennes des stations de base, alors que le champ reçu est beaucoup plus faible que lors d'une conversation avec l'aide d'un téléphone mobile.

L'interrogation sur la réalité de risques pour la santé résultant de l'exposition aux -RF revêt une dimension particulière, alors que déjà plus de 25 millions de personnes sont des usagers des téléphones mobiles en France (24,3 millions d'abonnés au 30 juin 2000), et que le marché prévisible s'élève à plus de 44 millions dans 4 ans. Ce phénomène est planétaire, avec aussi 25 millions d'utilisateurs en Grande Bretagne, de l'ordre de 80 millions aux Etats-Unis, par exemple. Un risque, aussi faible soit-il au plan individuel, pèserait alors d'un poids très lourd en termes de santé publique, du fait même de cette étendue de l'exposition. La quête d'une réponse à cette interrogation est donc pressante. Mais le nombre de personnes concernées ne suffit pas à établir une menace, si les RF ne sont pas dangereuses, dans les conditions actuelles d'exposition. Réponse pressante, mais réponse conditionnée donc à l'état d'avancement des connaissances. Car la téléphonie mobile est aussi un facteur de sécurité sanitaire. La rapidité des alertes en cas d'accidents, de feux ou d'autres dangers, et l'efficacité des secours, sont considérablement améliorées par la large diffusion de cette technologie qui a déjà sauvé de nombreuses vies dans le monde.

Par son champ de compétence, le groupe d'experts réuni par la Direction générale de la santé n'a pas à considérer les autres aspects du développement de cette technologie de communication, dans le registre de la vie économique ou de la facilitation des échanges entre personnes, mais les instances autorisées, au plan national ou international, seront sans doute soucieuses aussi de ces dimensions. La gestion des risques, s'ils sont avérés ou solidement suspectés, s'inscrit ainsi dans une balance des risques et avantages, car aucune technologie qui serait susceptible d'induire un risque, si faible soit-il, ne saurait trouver justification, si elle n'apportait pas des avantages substantiels.

Cette appréciation de la balance des risques et avantages n'est pas dans la mission confiée au groupe d'experts. Celle-ci relève de *l'évaluation des risques*, elle concerne l'usage des téléphones mobiles et de leurs équipements. Ne seront pas considérés les travaux scientifiques relatifs aux champs de faible ou extrêmement faible fréquence, ni ceux relatifs aux autres technologies utilisant les radiofréquences : radio, télévision, radars...

Plusieurs instances scientifiques ont produit, au cours de la période récente, des rapports visant à appréhender l'état des connaissances sur les effets biologiques et sanitaires des RF. Réunissant pendant plusieurs mois de nombreux experts de très haut niveau dans les diverses disciplines scientifiques concernées, certaines de ces instances ont rassemblé et synthétisé l'ensemble des travaux scientifiques disponibles alors. C'est le cas, parmi d'autres, des volumineux documents de la commission réunie autour du Professeur W. Stewart en Grande Bretagne (mai 2000) ou de la 'Société Royale' du Canada (mars 1999). Le groupe d'experts s'appuiera sur ces documents, et d'autres - dont la liste est présentée en annexe – pour répondre à la mission qui lui a été confiée. Il veillera aussi à actualiser ce corpus de connaissance, en prenant en considération les travaux publiés postérieurement à l'achèvement du travail de ces commissions. En conduisant cette mission d'évaluation des connaissances scientifiques rassemblées dans les récents rapports de synthèse, le groupe d'experts se fixe un double objectif :

(1) délimiter les domaines pour lesquels existent des données scientifiques convaincantes de l'existence ou, *a contrario*, de l'inexistence de conséquences biologiques et sanitaires de l'exposition aux RF liée à l'usage des téléphones mobiles et au fonctionnement de leurs stations de base (ce que l'on sait), et

(2) souligner les domaines pour lesquels les données scientifiques actuelles ne permettent pas d'exclure des effets biologiques et sanitaires, sans pour autant autoriser l'affirmation de leur existence (ce qui demeure incertain).

Sur ces bases, des recommandations de recherche seront formulées, visant à réduire les incertitudes qui persistent à l'heure actuelle, sur les sujets jugés prioritaires. Enfin, des propositions seront avancées, qui auront pour objet de renforcer le niveau de protection de la santé si les dispositifs actuels apparaissaient insuffisants au vu des données scientifiques récentes, et à encourager les industriels et opérateurs, ainsi que, pour ce qui les concerne, les utilisateurs, à réduire les niveaux d'exposition autant que possible.

Le groupe d'experts rendra public son rapport à la fin de l'année 2000. Le présent rapport d'étape a deux objets principaux : présenter les sources et caractères des CEM associés à la téléphonie mobile, et les mécanismes, connus ou explorés, par lesquels ils interagissent avec la matière vivante ; exposer et justifier la démarche de synthèse critique qui est suivie. Le lecteur n'y trouvera donc pas encore les appréciations portées par le groupe d'experts sur la question des risques, car cette analyse est en cours.

I- METHODOLOGIE SUIVIE PAR LE GROUPE D'EXPERTS

La nécessaire expertise collective de la littérature scientifique

Les connaissances scientifiques sont par nature imparfaites et évolutives, selon les avancées de la science et des technologies. S'agissant de niveaux d'exposition à des facteurs d'environnement – ici les champs électromagnétiques de radiofréquence et de fréquences associées - qui peuvent être qualifiés de 'faibles', les effets biologiques et sanitaires qui peuvent se produire sont souvent d'intensité modeste et d'expression variée selon les personnes et les circonstances, tandis que certains de ces effets peuvent n'apparaître qu'après plusieurs années. Ces traits, qui caractérisent nombre de problématiques dans le domaine des relations entre l'environnement et la santé, peuvent conduire à la publication de travaux scientifiques apparemment discordants, ou non concluants, à un moment donné de l'histoire de la connaissance.

Dans ce contexte, l'exercice de synthèse des connaissances destiné à dégager le sens général et formuler les recommandations destinées à gérer les risques éventuellement mis en évidence, est délicat. Cet exercice est ce qu'il est convenu d'appeler « l'expertise », c'est-à-dire l'art de traduire les données scientifiques du moment en guides pour l'action et l'information. Ce travail ne peut être que collectif. Il doit répondre à des critères qui, comme pour les travaux scientifiques 'princeps' sur lesquels il s'exerce, en assurent la qualité et fondent sa fiabilité.

Le lecteur soucieux de comprendre la démarche scientifique percevra cette difficulté à dégager un message clair en présence de résultats inconstants et en nombre limité, au travers de deux exemples, exposés en annexe, issus d'études épidémiologiques s'intéressant au risque de cancer du cerveau après exposition aux RF. Le cancer du cerveau est l'un des domaines morbides qui focalise le plus la recherche et l'émoi public. Ici, deux études importantes ont pu être interprétées ou présentées dans différents documents récents produits par des individus ou des groupes d'experts, de manière fort contrastée, voire opposée, comme l'illustrent les citations et commentaires qu'elles ont inspirés. S'il est aujourd'hui bien reconnu dans la communauté scientifique – ce n'est pas encore le cas dans tous les milieux – qu'une étude isolée ne peut en aucun cas être brandie comme démontrant ou infirmant définitivement un phénomène physique ou biologique complexe, ces exemples montrent aussi combien rigoureuse doit être la démarche suivie pour analyser et interpréter les résultats d'un travail scientifique, même dans le cadre d'une expertise collective. La littérature épidémiologique est particulièrement sujette à ces biais d'interprétation, en raison même du caractère toujours multifactoriel des phénomènes biologiques et sanitaires observés. On aurait tort de considérer que l'approche expérimentale est exempte des mêmes difficultés, notamment par la grande sensibilité des résultats aux conditions de la mesure. Cet état de fait est sans doute regrettable, mais il est réel et généralisé. Aussi, chacun comprendra l'importance du caractère collectif et explicite du travail de lecture critique et de synthèse de l'ensemble de la littérature scientifique disponible à un moment donné sur un sujet scientifique complexe non encore stabilisé.

Effets biologiques et effets sanitaires

Les résultats des travaux scientifiques sur lesquels s'appuie l'expertise doivent donc être analysés avec un regard critique et panoramique, englobant, comme on le verra, l'ensemble des données disponibles à un moment donné. Il est aussi nécessaire de porter un jugement sur l'interprétation que l'on peut donner aux divers 'effets biologiques' observés suite à l'exposition aux champs électromagnétique radiofréquence, en termes de risque pour la santé. Adoptant le point de vue de diverses instances internationales sur le sujet¹, le groupe d'experts appelle '*effets biologiques*' des changements d'ordre physiologique, biochimique ou comportemental qui sont induits dans un organisme, un tissu ou une cellule en réponse à une stimulation extérieure. Tout effet biologique ne représente pas une menace pour la santé de la personne ; il peut manifester simplement la réponse adaptative normale de la cellule, du tissu ou de l'organisme à cette stimulation. Un '*effet sanitaire*' est un effet biologique qui peut mettre en danger le fonctionnement normal d'un organisme, en ce qu'il sort du cadre des réponses 'physiologiques' à l'action de l'agent extérieur. La distinction est importante et peut être aisément comprise. Ainsi, nul ne confondra le fait d'entendre un son (le chant enchanteur du rossignol ou le bruit dérangeant des bennes à ordures au petit jour), qui manifeste un effet biologique (lequel résulte d'une chaîne complexe d'effets biologiques élémentaires : mécaniques, biochimiques et électriques), d'une part, et la perte progressive (parfois brutale) de l'acuité auditive après une exposition prolongée à des bruits d'intensité élevée, telle qu'elle peut être mesurée chez des jeunes adeptes de salles de musique aux amplificateurs surdimensionnés ou chez un ouvrier chaudronnier après des années de martèlement sans protection : cette perte est un effet sanitaire grave. De même, beaucoup de personnes apprécient les effets biologiques induits par l'exposition modérée au soleil, laquelle entraîne un bronzage par augmentation de la production de pigments (la mélanine) par des cellules spécialisées de la peau, mais ils font clairement la différence d'avec les brûlures douloureuses consécutives à une exposition trop rapide à un niveau excessif de rayonnement UV, sans protection cutanée, ou encore d'avec l'induction d'un mélanome, effets sanitaires qui menacent sérieusement la santé des partisans du bronzage prolongé et intense. La durée ou l'intensité de l'exposition à l'agent occasionnant l'effet biologique, la nature de la cellule, du tissu ou de l'organisme où celui-ci se manifeste, ainsi que d'autres caractères non tous élucidés, déterminent pour une part importante le lien (ou l'absence de lien) qui peut exister avec un possible effet sanitaire. Une vaste gamme de mesures biologiques ou fonctionnelles sont effectuées dans le cadre de l'étude des effets de l'exposition aux -RF ; certaines manifestent des effets biologiques, selon la définition donnée plus haut. Il reste à déterminer ceux qui peuvent être *prédictifs d'un effet sanitaire*. Ce sont ces effets biologiques qui sont motifs à préoccupation et qui, s'ils sont avérés, devraient faire l'objet de dispositions visant à empêcher leur apparition. La mise en évidence de tels '*effets biologiques menaçants*' n'est pas évidente. Ils doivent en premier lieu précéder régulièrement la survenue des troubles sanitaires redoutés, ou leur être associés. Ils peuvent aussi s'inscrire comme étape dans la chaîne des effets biologiques conduisant à ces troubles, chez l'espèce humaine ou seulement chez certains de ses représentants (sujets fragiles...) ou, à défaut, chez plusieurs autres espèces animales de laboratoire. Un exemple illustrant cette interrogation, dans le cas des effets non thermiques des -RF est celui de l'augmentation, fréquemment décrite, de l'activité biochimique de l'enzyme ornithine décarboxylase, enzyme qui pourrait jouer un rôle dans le développement de cellules cancéreuses. Ce point sera traité en détail dans le rapport final.

¹ voir par exemple le rapport de la Société Royale du Canada de mars 1999 (p15) ou le document introductif du programme EMF de l'OMS (à consulter sur le site internet www.who.int/peh-emf)

Faut-il appliquer le principe de précaution en matière de -RF et de santé ?

L'aide mémoire n° 193 de l'Organisation Mondiale de la Santé publié le 28 juin 2000 indique : « Il est clairement établi que tous les effets *prouvés* [soulignés par nous] de l'exposition aux radiofréquences sont en relation avec cet échauffement [dû aux effets thermiques des -RF, NDLR] ». Cette affirmation est inspirée par les mêmes principes que ceux suivis par la Commission Internationale de Protection contre les Rayonnements non Ionisants (ICNIRP), organisme scientifique indépendant dont les recommandations de 1998 sont assises sur les seuls *effets établis* par les données scientifiques disponibles. De même, la recommandation du Conseil de l'Union Européenne du 12 juillet 1999 relative à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques stipule que « seuls les effets avérés ont été retenus pour fonder la limitation d'exposition recommandée ». Mais qu'en est-il des effets, encore incertains, qui font l'objet actuellement de recherches scientifiques nombreuses, et qui, selon certaines hypothèses, pourraient résulter de mécanismes non thermiques ? Doit-on attendre qu'ils soient prouvés ou, au contraire, formellement réfutés pour prendre des décisions relatives à la gestion de ces risques hypothétiques ? Ainsi peut s'exprimer la question posée aux acteurs, industriels et politiques, concernés par les effets des -RF.

Le principe de précaution est un principe politique de gestion prudente de risques incertains. Il relève par essence de la gestion des risques, non de leur évaluation. Celle-ci doit s'efforcer de demeurer dans l'espace des faits ou des hypothèses fondées scientifiquement et destinées à être éprouvées à l'aide de l'expérimentation ou de protocoles épidémiologiques rigoureux.

Cette séparation entre 'science objective' et 'gestion politique' peut cependant se révéler, en pratique, quelque peu théorique. Face à des faits scientifiques incertains, l'exercice de synthèse des connaissances conduit la communauté scientifique à établir des critères de jugement sur l'existence ou l'absence de lien entre l'exposition à l'agent étudié et l'effet biologique ou sanitaire considéré. Ces critères, pour objectifs qu'ils soient, ne sont pas toujours totalement exempts de considérations extra-scientifiques. Qu'est-ce qui constitue une 'évidence' scientifique ? Quel est le degré de preuve exigible pour retenir (ou réfuter) l'hypothèse de causalité ? Soucieux de protéger la santé, le scientifique intègre des éléments de prudence dans ces critères. Mais on comprend que lorsqu'il est amené à appréhender cette 'évidence', il doive s'efforcer de s'affranchir de prendre en considération la nature (grave et irréversible, ou au contraire, bénigne et sans lendemain) de l'effet sanitaire considéré, sous peine de biaiser son jugement. L'exercice collectif est précieux pour y parvenir, ce n'est pas pour autant une garantie absolue.

En revanche, 'le décideur' se doit de prendre en compte la nature des effets sanitaires en jeu, ainsi que le nombre des personnes exposées dans la population (aujourd'hui et dans un avenir prévisible); de même, l'exercice de ses responsabilités l'amène à considérer l'existence et les coûts des solutions qui s'offrent pour réduire les expositions de la population. Dans un contexte où l'usage de la téléphonie mobile concerne déjà des millions de personnes en France, et ne cesse de croître, pour être offerte demain aux familles comme un moyen de rester en contact étroit avec leurs enfants, le principe 'du moindre remords' se présente avec une acuité particulière. Il implique une appréciation de la balance des risques liés au développement d'une technologie s'il s'avérait, demain, qu'elle peut avoir des effets sanitaires déplorables, et des dommages (y compris sanitaires, comme le rappelle la recommandation du Conseil de l'Union Européenne du 12 juillet 1999) qui pourraient résulter de restrictions injustifiées opposées à son développement. Aussi, dans un document de travail,

l'Organisation Mondiale de la Santé² met-elle en garde les autorités sanitaires contre l'adoption de mesures, inspirées par le souci légitime de rassurer une opinion publique et de prévenir d'hypothétiques conséquences sanitaires, qui ne seraient pas scientifiquement fondées. Le risque est grand, en effet, que les pressions inégales des opinions publiques ne conduisent les Etats à édicter des 'normes de sécurité' disparates qui ruineraient tout effort d'harmonisation internationale. Le désarroi et les craintes du public ne peuvent qu'en être artificiellement gonflés, sans compter les conflits assurés pour 'règles arbitraires et concurrence déloyale ou entrave aux échanges commerciaux'.

Le principe de précaution ne peut donc justifier des mesures qui n'auraient pas de fondement rationnel. La mise en évidence d'effets biologiques menaçants, s'ils existent, obligerait certainement à agir pour en prévenir les conséquences, mais cela ne suffirait pas pour autant à fonder rationnellement une démarche efficace si les paramètres physiques sur lesquels agir restaient incompris. L'exposition aux -RF, liée à l'énergie absorbée par le corps, dépend d'un grand nombre de facteurs, tels que l'intensité du champ (qui est elle-même fonction de la position de l'appareil par rapport aux stations de base, de la position et du type d'antenne), les caractères de la modulation de ce champ - qui permet de véhiculer les informations -, la durée de l'exposition (elle est longue au voisinage des stations de base, mais à très faible intensité, et intermittente pour le téléphone mobile, mais à plus forte intensité, d'ailleurs variable dans le temps dans les deux cas). Ainsi, par exemple, une action apparemment 'de bon sens' (comme installer une protection physique autour de l'antenne du mobile pour 'protéger' la tête) serait contre-productive, car elle entraînerait l'augmentation de l'intensité du champ par l'action du contrôle automatique de puissance du mobile, afin de compenser la plus faible performance de la réception. Il existe donc de nombreuses manières de réduire l'exposition aux -RF mais si des risques pour la santé étaient établis ou fortement suspectés, il faudrait agir spécifiquement sur les paramètres physiques responsables de l'altération du fonctionnement des cellules ou des tissus, paramètres, qui ne sont pas nécessairement les mêmes que ceux qui permettent la communication entre les personnes.

Dans son texte sur le recours au principe de précaution³, la Commission des Communautés Européennes propose certains repères de nature à « trouver l'équilibre adéquat permettant de prendre des décisions proportionnées, non discriminatoires, transparentes et cohérentes ... (par) ... un processus de prise de décision structuré, fondé sur des données scientifiques détaillées et autres informations objectives ». Elle rappelle que « le principe de précaution, que les décideurs utilisent essentiellement dans le cadre de la gestion du risque, ne doit pas être confondu avec l'élément de prudence que les scientifiques appliquent dans l'évaluation des données scientifiques ». Parmi ces repères, est particulièrement pertinent dans le cas présent, le souci de faire en sorte que les mesures mises en œuvre selon le principe de précaution soient :

- *proportionnées* au niveau de protection recherché (et donc au niveau de risque à éviter);
- *cohérentes* avec des mesures similaires déjà adoptées dans des domaines comparables;
- *basées sur un examen des avantages et des charges potentiels* de l'action ou de l'absence d'actions;
- *réexaminées périodiquement* à la lumière des nouvelles données scientifiques.

² Draft Fact Sheet for Final Review. Electromagnetic fields and public health cautionary policies. (6 juillet 2000) ; document consultable sur le site <http://www.who.int/peh-emf/>

³ Communication de la Commission sur le recours au principe de précaution, 2 février 2000

Le groupe d'experts est questionné sur la réalité d'effets biologiques menaçants ou d'effets sanitaires résultant de l'exposition aux -RF associés à la téléphonie mobile. Instance à caractère scientifique, il n'a pas vocation à déterminer *l'importance des mesures* qui seraient à mettre en œuvre si de tels effets étaient aujourd'hui avérés ou seulement sérieusement suspectés, au vu des données actuelles, encore moins à arrêter *l'importance de la marge de sécurité* qu'il conviendrait de prendre, dans ce cas de figure, pour parvenir à un risque défini comme 'acceptable'. Ces missions relèvent clairement du jugement politique, légitimé par un débat public sur ces questions. En revanche, le groupe d'experts devra dire si l'état des connaissances justifie la réduction des expositions des utilisateurs de téléphones mobiles ou du public fréquentant des lieux dans le champ de leurs stations de base ; il pourra, dans ce cas, faire des recommandations scientifiquement fondées sur la manière de réduire les expositions. Dans l'énoncé de son avis, il aura à indiquer si, malgré les doutes qui pourraient subsister, les faits lui paraissent suffisamment étayés et sérieux, sur le plan sanitaire, pour qu'une approche de précaution soit adoptée. Il exposera les voies de recherche à privilégier en vue de lever ces incertitudes. On voit donc que la relation entre 'l'expert' et le 'décideur' est fondée sur l'accomplissement de missions distinctes et entrelacées.

II- RADIOFREQUENCES ET SANTE : ELEMENTS DE PHYSIQUE ET DE BIOLOGIE

La téléphonie mobile se développe depuis quelques années de façon considérable dans notre environnement. Elle utilise des champs électromagnétiques dans une gamme de fréquences définie : les radiofréquences (RF). Les radiofréquences ont également des applications :

- domestiques : fours micro-ondes,
- professionnelles : presses haute fréquence, soudure, radiocommunications
- grand public : badges de contrôle, d'identité ou de titres de transport,
- médicales diagnostiques (IRM : Imagerie par Résonance Magnétique) et thérapeutiques (physiothérapie, hyperthermie, etc. ...).

Afin de mieux évaluer les effets sur la santé qui pourraient résulter de ces radiofréquences, il est nécessaire de rappeler les bases physiques des champs électromagnétiques, les mécanismes d'interaction des radiofréquences avec les organismes vivants, les normes et le principe de fonctionnement de la téléphonie mobile.

II-1 Bases physiques des champs électromagnétiques

A - Définition d'un champ électromagnétique

Un champ électromagnétique est l'association d'un champ électrique et d'un champ magnétique qui varient dans le temps et se propagent dans l'espace. Ces champs sont susceptibles de déplacer des charges électriques. Les champs électromagnétiques sont caractérisés par plusieurs propriétés physiques dont les principales sont leur fréquence ou leur longueur d'onde, leur intensité et leur puissance.

Fréquence. La fréquence d'un champ électromagnétique est le nombre de variations du champ par seconde. Elle s'exprime en Hertz (Hz) ou cycles par seconde, et s'étend de zéro à l'infini. Une classification simplifiée des fréquences est présentée ci-après, et quelques exemples d'applications dans chaque gamme sont indiqués.

Fréquence	Gamme	Exemples d'applications
0 Hz	Champs statiques	Electricité statique
50 Hz	Extrêmement basses fréquences (ELF)	Lignes électriques et courant domestique
20 kHz	Fréquences intermédiaires,	Ecrans vidéo, plaques à induction culinaires
88-107 MHz	Radiofréquences	Radiodiffusion FM
300 MHz – 3 GHz	Radiofréquences micro-ondes	Téléphonie mobile
	400 – 800 MHz	Téléphone analogique (Radiocom 2000), télévision
	900 MHz et 1800 MHz	GSM (standard européen)
	1900 MHz – 2,2 GHz	UMTS (standard téléphone-internet)
3 – 100 GHz	Radars	
10^2 - 10^5 GHz	Infra-rouge	Détecteurs anti-vol, télécommandes
$10^5 - 10^6$ GHz = 0,8-0,4 microns (μ)	Visible	Lumière, lasers
$0,4$ - 10^{-1} μ	Ultra-violets	Soleil, photothérapie
10^{-1} - 10^{-2} μ	Rayons X	Radiologie
10^{-2} μ et moins	Rayons gamma	Physique nucléaire

Les rayonnements X et gamma peuvent rompre les liaisons moléculaires et être à l'origine d'ionisations, facteur cancérigène. Les rayonnements ultra-violets, visibles et infra-rouges peuvent modifier les niveaux d'énergie au niveau des liaisons au sein des molécules. Les radiofréquences n'ont pas suffisamment d'énergie pour perturber les liaisons moléculaires.

Intensité et puissance. L'intensité d'un champ peut être exprimée à l'aide de différentes unités :

- pour le champ électrique, le volt par mètre (V/m)
- pour le champ magnétique, l'ampère par mètre (A/m) ou le tesla (T)
 $1 \text{ A/m} = 1,27 \mu\text{T}$
- selon le rayonnement d'exposition, en densité surfacique de puissance (DSP, en W/m^2). La DSP est proportionnelle au produit du champ électrique par le champ magnétique.

La puissance globale contenue dans un champ électromagnétique peut aussi s'exprimer en watts (W).

Autres propriétés :

- La polarisation : orientation du champ électrique dans le rayonnement
- La modulation : d'amplitude (AM),
 de fréquence (FM),
 par impulsions (PW),
 pas de modulation = émission continue (CW)

Lorsque l'émission est modulée, il faut différencier la puissance maximale, appelée puissance-crête, et la puissance moyenne résultant de la modulation. Par exemple, dans une émission radar avec des impulsions d'une durée de 1 ms toutes les secondes, la puissance moyenne est 1000 fois inférieure à la puissance-crête dans l'impulsion.

- L'uniformité du champ.

B - Mécanismes d'interaction des RF avec les systèmes biologiques

Toute matière vivante contient des charges électriques (ions, molécules...) et des matériaux isolants ; c'est donc un milieu faiblement conducteur (appelé diélectrique). Quand le tissu est soumis à un champ RF, une partie du champ est réfléchi, et l'autre pénètre dans l'organisme. Le rayonnement produit par cette interaction doit être quantifié, car il peut être à l'origine d'effets biologiques. Certains facteurs peuvent influencer l'interaction :

1. les paramètres physiques d'émission
 - fréquence
 - puissance incidente (crête ou moyenne)
 - polarisation
 - modulation
 - uniformité du champ
 - proximité de l'émetteur
 - dimensions et nature de la chambre d'exposition
2. les paramètres physiques des systèmes biologiques
 - propriétés diélectriques des tissus

- dimensions, forme, position et orientation du système biologique exposé, notamment par rapport à la longueur d'onde ; on différencie ainsi une exposition locale ou corps-entier
 - relations spatiales entre les organismes exposés
3. les facteurs de l'environnement
- température
 - humidité

D'autres facteurs influencent l'effet biologique résultant :

1. les variables liées au test biologique
 - technique de prélèvement
 - ligne de base de la réponse
 - désordres métaboliques et fonctionnels
 - prédisposition génétiques
2. les variables expérimentales
 - procédures d'acclimatation
 - relation animal- chercheur
 - état et confinement des animaux (anesthésie, contention, ...)
 - période de l'exposition dans la journée
 - durée de l'exposition
 - nombre des expositions
 - temps écoulé entre exposition et prélèvement.

Dans les tissus, le champ électrique peut déplacer les charges libres comme les ions, ou orienter des molécules polarisées comme des acides aminés. Il induit de la part du milieu exposé, des forces de réaction proportionnelles à la viscosité de ce milieu. Une partie de l'énergie électromagnétique est ainsi transformée en chaleur (effet thermique).

Le champ qui pénètre à l'intérieur des tissus peut être calculé à l'aide de modèle électromagnétiques. La validité des calculs peut être confirmée par la mesure du champ dans des 'fantômes' contenant un milieu équivalent aux tissus biologiques. La dose d'énergie absorbée par transformation en chaleur est quantifiée par la puissance absorbée par unité de masse de matière biologique exposée. Elle est définie par le débit d'absorption spécifique (DAS, ou SAR en anglais) et s'exprime en W/kg (cf. Annexe dosimétrie). Le niveau de champ correspondant à un DAS donné peut être calculé lorsqu'un organisme de caractéristiques déterminées se trouve exposé en entier et à une distance suffisante de la source appelée "champ lointain". Cette méthode, pertinente pour la caractérisation de l'exposition du public aux champs des stations de base, n'est pas facile à appliquer lorsque le système biologique exposé se trouve près de la source (condition dite « de champ proche »), ce qui est le cas lors de la communication avec un téléphone mobile. L'estimation de la puissance absorbée nécessite alors le recours à des méthodes de modélisation complexes.

II -2 - Effets biologiques

A- Effets thermiques

Dans le domaine des radiofréquences, les champs de forte intensité, comme ceux émis par un radar, induisent des effets thermiques manifestes.

Accidents de surexposition par échauffement excessif. Quelques rares accidents ont été provoqués par la mise en route inopinée d'un système d'émission ou par la déficience d'un système de sécurité. Le dégagement de chaleur qui résulte habituellement de telles expositions entraîne le plus souvent un réflexe de défense de l'organisme avec retrait de la partie exposée du corps hors du champ nocif. Cependant dans certains cas, le retrait n'a pas été possible et les personnes ont présenté des brûlures. Lorsque la tête était dans le champ d'exposition, des céphalées ont parfois été décrites.

Expérimentations chez l'homme : mise en jeu des processus de thermorégulation au décours d'un effort. Le métabolisme basal de l'homme au repos est de l'ordre de 1,5 W/kg. Au décours d'un effort modéré, il s'élève à 2,5 W/kg. Une exposition locale expérimentale à un DAS de 8 W/kg pendant 45 minutes chez des sujets au repos s'est traduite par des réactions physiologiques de thermorégulation : vascularisation cutanée augmentée sans sudation, avec maintien d'une température centrale stable. Lorsque l'exposition était précédée d'un effort modéré, la même exposition a provoqué une augmentation de vascularisation avec sudation [Adair, 2000]. Les effets d'une exposition donnée sont donc variables en fonction de l'état métabolique de l'individu.

Expérimentations chez l'animal : perméabilité de la barrière hémato-encéphalique. Des expériences ont été menées à différents niveaux d'exposition thermiques en utilisant successivement plusieurs molécules radio-marquées. Ces expérimentations ont démontré, d'une part, une élévation du volume sanguin cérébral, et, d'autre part, une modification de la captation pinocytaire variable selon la molécule concernée ; ces deux phénomènes sont en relation avec l'augmentation de la température corporelle. Les auteurs concluent que l'augmentation de la perméabilité de la barrière hématoencéphalique sous l'effet des micro-ondes est simplement liée à la variation de la température cérébrale [Baranski, 1973 ; Lin et Lin, 1980].

Expérimentations chez l'animal : cataracte . Des études animales ont montré qu'une cataracte pouvait être provoquée par une exposition d'une heure à une densité surfacique de puissance de 100 à 150 mW/cm² [Williams et al., 1955 ; Carpentier, 1960 ; Zaret et al., 1975]. Une telle intensité n'est jamais atteinte dans l'environnement public, et rarement en exposition professionnelle. Même au décours d'une surexposition, aucun cas de cataracte n'a été décrit chez l'homme.

Remarque sur la thermostatisation⁴ *in vitro*. Dans certaines études, l'échauffement est prévenu par un système de refroidissement. Il n'y a donc pas d'élévation mesurable de température. Cependant, l'énergie absorbée dans les milieux exposés est considérable et on ne peut pas dire que l'exposition dans ces études soit « de faible intensité » [Maes et al., 1993].

⁴ Régulation de la température de la culture de cellules

B – Effets non thermiques

Stimulation auditive des micro-ondes. Un effet spécifique aux radiofréquences est la perception auditive des micro-ondes émises par les radars ou "microwave hearing". Lorsque les micro-ondes arrivent au niveau du crâne, l'énergie absorbée est convertie en chaleur et produit une élévation de température, très rapide mais faible (10^{-6} °C en 10 μ s). Le gradient thermique génère une onde de pression thermo-élastique dans le tissu cérébral, qui se propage jusqu'à la cochlée où elle est détectée par les cellules de l'oreille interne [Rissman et Cain, 1975 ; Cain et Rissman, 1978 ; Chou et Guy, 1979 ; Lin, 1981 ; Chou et al., 1985]. Il s'agit donc là d'un effet « micro-thermique » obtenu avec une puissance moyenne faible ne conduisant pas à une élévation de la température globale du tissu. Avec les téléphones mobiles, l'énergie des impulsions est trop faible pour être à l'origine d'une stimulation auditive.

Effets indirects : courants induits par l'intermédiaire d'une masse métallique exposée à un champ électrique. Lorsqu'une masse métallique importante est soumise à un champ radiofréquence, elle peut se charger et provoquer lors du contact avec un individu des décharges électriques responsables de douleurs ou a minima de sensations désagréables, pouvant entraîner des accidents liés aux lâchers d'objets. Un individu qui toucherait un véhicule soumis à un champ d'exposition de 200 V/m entre 10 kHz et 300 MHz (radar), ressentirait de telles décharges [Chatterjee, 1986].

Interactions avec les stimulateurs cardiaques. Des interférences des radiofréquences avec les stimulateurs cardiaques sont théoriquement possibles. Il s'agit d'un problème de compatibilité électromagnétique⁵, compliqué par l'environnement biologique que constitue le corps du patient [Gagny, 1994]. De nombreuses expérimentations ont été effectuées avec les téléphones mobiles. Aucun effet n'a été observé lorsque les radiotéléphones étaient tenus à plus de 10 cm des stimulateurs. A une distance inférieure, des perturbations mineures de l'ECG ont pu être enregistrées avec quelques modèles de téléphones. Des filtres électroniques équipent aujourd'hui les nouveaux modèles de stimulateurs, les rendant insensibles aux champs des téléphones.

Autres effets non thermiques. En dehors des effets thermiques, d'autres effets ont été rapportés [Thuéry, 1989 ; de Seze et Veyret, 1996]. Ils sont au cœur du débat sur les effets sanitaires des RF. Le rapport final du groupe d'experts sera surtout consacré à l'étude des travaux scientifiques concernant ces autres effets biologiques, qui sont évoqués ici pour mémoire.

II - 3 - Valeurs recommandées

Des effets sur le comportement animal ont été observés de façon reproductible à partir d'un niveau de DAS de 4 W/kg corps-entier. Afin de prévenir tout effet sanitaire pour le public, un facteur 50 de sécurité a été appliqué par la Commission Internationale de Protection contre les Rayonnements Non-Ionisants (ICNIRP) lors de l'établissement des recommandations actuellement en vigueur. Le DAS maximum admissible pour une exposition corps entier est ainsi de 0,08 W/kg [ICNIRP, 1998]. Lors d'une exposition locale, les possibilités de dissipation thermique par la vascularisation des autres parties du corps et la

⁵ Etude des interférences entre les champs électromagnétiques et les systèmes électroniques

conduction tissulaire environnante permettent de supporter des niveaux supérieurs. Par exemple, pour la tête et le tronc, ce niveau est de 2 W/kg pour le public. Les recommandations définissent également les niveaux de champ d'exposition qui permettent de ne pas dépasser ce DAS.

Les valeurs recommandées par l'ICNIRP ont été reprises par la Commission Européenne dans la recommandation du Conseil du 12 juillet 1999 (L199/59).

II -4 - Téléphonie mobile

A - Principe de la téléphonie mobile

Le téléphone transforme la voix en champs radiofréquences qui se propagent par l'intermédiaire de l'antenne du téléphone jusqu'à une antenne relais (station de base). Le signal est ensuite transmis par le réseau filaire jusqu'au correspondant. Chaque antenne relais couvre une portion de territoire constituant une « cellule », d'où le nom de téléphonie cellulaire.

B - Système GSM (Global System for Mobile communications)

Les champs utilisés dans la téléphonie mobile sont standardisés selon différents systèmes en fonction des régions et des pays. En France, les 2 systèmes actuellement en place sont le système GSM 900, développé par les opérateurs Itineris et SFR, et le système GSM 1800, plus récent, développé par l'opérateur Bouygues Telecom.

Dans le système GSM 900, la fréquence porteuse est dans la gamme des 900 MHz. Elle s'étend de 872 à 960 MHz. Dans le système GSM 1800, la fréquence porteuse est dans la gamme des 1800 MHz. Elle s'étend de 1710 à 1875 MHz.

A l'intérieur de ces gammes, les antennes relais attribuent à chaque utilisateur une bande plus étroite de 0,2 MHz pour chaque communication (découpage fréquentiel). Cette bande est aléatoire et peut notamment être amenée à changer lorsque l'utilisateur se déplace ; sa communication est alors relayée d'une cellule à une autre. A l'intérieur de chaque bande utilisée de 0,2 MHz, il existe aussi un découpage temporel : l'information est émise par impulsions, à raison d'une impulsion de 576 µs toutes les 4,6 ms (fréquence de répétition des impulsions : 217 Hz ; rapport cyclique de 1/8). Ceci permet que chaque bande étroite de fréquence soit utilisée à tour de rôle par 8 utilisateurs différents. La communication est ensuite "reconstituée", après décodage, le tout dans un temps suffisamment court pour qu'elle semble continue.

C - Téléphones

Les téléphones commercialisés fonctionnent en GSM 900, GSM 1800, ou les deux (téléphones bi-bandes). Certains sont même compatibles avec le système nord-américain (tri-bandes). Les modèles se différencient par leur autonomie, leur encombrement et leur poids. L'autonomie maximale, et le faible poids de la batterie seront permis par l'utilisation de la plus faible quantité d'énergie possible pour les communications, donc par une puissance d'émission minimale.

La puissance d'émission des téléphones est limitée à 2W au maximum pour le GSM 900 et 1 W maximum pour le système GSM 1800. L'émission par impulsions permet de diviser par 8 la puissance moyenne émise, soit 0,25 W pour le GSM 900 et 0,125 W pour le système GSM 1800. Cette puissance d'émission est de plus régulée en fonction de la distance à l'antenne relais : elle est inversement proportionnelle à la qualité de la communication (250 mW à plusieurs kilomètres de l'antenne, 10 mW à proximité).

Le champ émis par un téléphone à puissance maximale à 2-3 centimètres est de l'ordre de 400 V/m. Il décroît très rapidement avec la distance.

Interaction téléphone - utilisateur

La part de la puissance absorbée dans la tête est environ de 40% de la puissance émise (au maximum 100 mW pour le GSM 900). Sur une tête de 3 kg, le DAS correspondant est en moyenne de l'ordre de 30 mW/kg. Cependant, comme la puissance absorbée décroît exponentiellement en fonction de la profondeur, le DAS local est d'autant plus important qu'il est calculé sur un petit volume : pour 10 g, il est de 0,4 à 1 W/kg.

Deux principes techniques contribuent à minimiser le DAS dans la tête des utilisateurs :

- la qualité de la communication nécessite que la majorité du rayonnement émis par le téléphone le soit en direction de la station de base, ce qui implique que la partie absorbée par la tête de l'utilisateur soit minimale ;
- la recherche de l'autonomie maximale du téléphone

D - Antennes relais

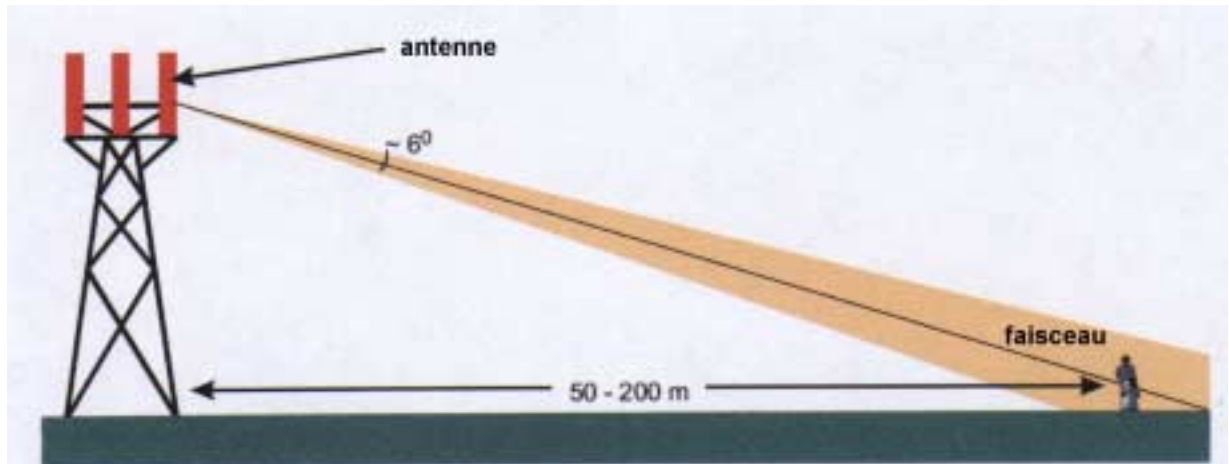
On distingue plusieurs types d'antennes relais ou stations de base, selon le territoire couvert et la densité des communications transmises :

- les stations macro cellulaires, les plus courantes peuvent émettre à une puissance maximum de 20 à 30 watts par bande de fréquence. En milieu rural, la puissance sera élevée pour couvrir des zones étendues (10-30 km) sur un nombre limité de bandes de fréquence utilisateur, tandis qu'en milieu urbain, la puissance sera répartie sur de nombreuses bandes utilisateur dans un périmètre restreint (500 m).
- les stations micro cellulaires ont une puissance moindre et sont utilisées pour couvrir des zones peu étendues de forte densité d'utilisateurs, comme des gares ou des centres commerciaux par exemple,
- les stations pico-cellulaires sont installées à l'intérieur de bâtiments comme des bureaux.
-

Du point de vue physique, le champ dans l'environnement des antennes se présente de la façon suivante :

- strictement en face de l'antenne, le champ à une distance de 1 mètre d'une station micro-cellulaire est de 50 V/m. Les niveaux de référence fixés par la recommandation européenne L199/59 sont de 41 V/m à 900 MHz et de 58 V/m à 1800 MHz ; il suffit donc pour être sûr de la respecter de se tenir à 1,5 m d'une station micro-cellulaire, et à 2,5 m d'une station macro-cellulaire.
- en arrière de l'antenne, une plaque métallique réfléchit complètement les champs émis dans cette direction. Une distance de 50 cm est cependant recommandée pour garantir le respect des valeurs recommandées.

- dès que l'on s'éloigne de l'axe de l'antenne en dessus ou en dessous (cas le plus courant, ces antennes étant habituellement disposées à une hauteur de 20 m environ), le champ est au maximum de 1 à 2 V/m. Le faisceau émis est directionnel ; légèrement incliné, avec une large ouverture horizontale de l'ordre de 120° et une faible ouverture verticale de quelques degrés, il n'atteint le sol qu'à une distance de l'ordre de 50 à 200 mètres selon la hauteur de l'installation et l'inclinaison de l'antenne (voir le schéma).



Diffusion du faisceau électro-magnétique depuis une antenne de macro-cellule

III – CRITERES DE SELECTION ET METHODE D'ANALYSE DES RAPPORTS ET DOCUMENTS RECENTS CONCERNANT LES TELEPHONES MOBILES ET LA SANTE

Les règles de base des 'bonnes pratiques de l'expertise' font l'objet d'un certain consensus au plan international, et le groupe d'experts s'en est inspiré⁶. Le collectif rassemblé pour conduire le travail doit être composite, tant par la diversité des spécialités scientifiques de ses membres, en regard de la complexité du sujet considéré, que par les avis que ces experts ont pu exprimer sur le sujet. Tous les points de vue sur la question doivent pouvoir s'exprimer, y compris d'éventuels avis divergents, soit au sein du groupe d'experts constitué, soit lors d'auditions ou d'autres formes de communication. Cette exigence de pluralité, confortée par la transparence sur d'éventuels conflits d'intérêts qui pourraient exister au sein du groupe⁷, vise à assurer que l'avis final du collectif sera non biaisé.

Les critères ayant présidé à la sélection du matériau scientifique passé en revue doivent être explicites. Ainsi, le groupe d'experts a sélectionné 5 rapports de synthèse rédigés par des comités d'experts et répondant aux caractères suivants :

- les comités d'experts ont réuni des scientifiques issus de disciplines variées concernées par les RF, avec éventuellement des spécialistes de disciplines non directement concernées par les RF, et ont produit leur rapport à destination d'autorités sanitaires nationales ou internationales ;
- la revue de l'évidence scientifique à laquelle se sont livrés les comités d'experts s'est appuyée sur des publications dans des revues scientifiques à comité de lecture ('peer-reviewed' selon la terminologie anglaise – cf infra), avec un objectif d'exhaustivité à la date de l'expertise ;
- les critères des jugements portés par les comités d'expert sur la littérature analysée sont explicites ;
- ces rapports ont été publiés depuis 1996 (date du rapport Mc Kinlay pour l'Union Européenne), considérant que c'est à partir de cette époque que des données scientifiques en nombre suffisant ont été publiées sur les effets biologiques et sanitaires des -RF.

Le groupe d'experts a fait le choix de ne retenir que des rapports de synthèse s'appuyant sur des articles publiés (ou acceptés pour publication) dans des revues scientifiques à comité de lecture, car cette règle assure que les travaux en question sont passés au crible de la critique de spécialistes du même sujet, extérieurs aux projets. Sans être une garantie absolue de qualité et, encore moins, de vérité, cette règle, communément admise dans les diverses instances d'expertise au plan international, permet de fonder l'exercice de synthèse sur une information de base répondant à une exigence de qualité minimum, en évitant les documents fantaisistes ou purement anecdotiques et en limitant le nombre de travaux non validés. On ne voit pas, en effet, de quelle vertu supérieure pourraient se prévaloir les travaux qui auraient été refusés de publication par les (nombreuses) revues

⁶ Voir par exemple « Evaluation and use of epidemiological evidence for environmental health risk assessment », OMS-Euro, Copenhague, 2000

⁷ Tous les membres du groupe d'experts ont rempli une notice d'information par laquelle, à l'instar des experts missionnés par d'autres agences de sécurité sanitaire, comme l'AFSSAPS, ils ont déclaré les travaux scientifiques réalisés en collaboration ou avec des financements d'entreprises impliquées dans le développement de la téléphonie mobile, ainsi que la propriété d'intérêts économiques dans de telles entreprises.

disponibles sur le marché de la presse scientifique, ou qui auraient jugé inutile de se soumettre à ce regard extérieur. Malgré les délais que ces procédures de ‘relecture par des pairs’ occasionnent (jusqu’à un an, parfois), les sujets traités dans ce rapport sont, pour la grande majorité, étudiés depuis suffisamment longtemps pour que cela n’obère pas la possibilité, pour le groupe d’experts, de disposer de publications traitant des sujets qu’il a à considérer. Sauf pour les travaux récemment publiés, le groupe d’experts n’a pas jugé nécessaire, ni possible dans le temps qui lui a été imparti pour rédiger son avis, de retourner à chacun des centaines d’articles qui ont été analysés en détail par les rapports de synthèse qu’il a étudiés. Certains travaux récents particulièrement novateurs peuvent, néanmoins, déroger à cette règle; ils peuvent être considérés au cas par cas et clairement justifiés. Chacun des rapports de synthèse ‘de base’ fait l’objet d’une analyse critique détaillée par le groupe d’experts, qui ensuite émettra un avis sur la pertinence scientifique des conclusions de chaque rapport.

Le rapport final présentera les analyses critiques des tous les rapports de base, selon un plan commun. Afin d’en faciliter la lecture puis la synthèse, ce plan suivra, de manière systématique, les divers systèmes ou entités morbides étudiés dans le rapport de synthèse dirigé par William Stewart, le plus récent (mai 2000). Dans la mesure du possible, le lecteur retrouvera successivement les études concernant le système nerveux et les comportements, celles concernant le cancer, la reproduction et le développement, le système cardio-vasculaire, les systèmes immunitaire et sanguin, d’autres troubles divers éventuellement étudiés, les interférences avec les implants biomédicaux, et enfin les risques liés à la conduite automobile avec un téléphone mobile avec ou sans système mains libres. Pour chaque thème traité, les conclusions des auteurs du rapport de synthèse seront rappelées en préambule, de manière identifiable, suivies d’une courte présentation des principaux travaux qui les ont justifiées. Le jugement porté par le groupe d’experts sur cette synthèse sera explicité à la fin de chaque thème. A la fin du chapitre consacré à un rapport donné, une synthèse de l’avis du groupe d’experts sera exposée.

En plus de ces ‘rapports de base’, un certain nombre de ‘documents additionnels’ seront pris en considération, ne répondant pas aux critères précédents, mais apportant d’autres informations intéressantes. Le nombre de ces documents sera définitif lors de la remise du rapport final, pour pouvoir suivre l’actualité scientifique (cf. liste provisoire en annexe) ; ces documents feront l’objet d’une lecture critique d’ensemble, et les points de ces documents qui avaient été non, insuffisamment ou différemment couverts dans les rapports de base ont été mis en lumière pour, *in fine*, permettre au groupe d’experts de porter un jugement d’ensemble sur la totalité du matériel scientifique à sa disposition.

Le groupe d’experts s’attache aussi à rassembler l’ensemble de la littérature scientifique la plus récente, publiée postérieurement à la publication du rapport de synthèse le plus récent ; à cet effet, outre l’habituel exercice de veille bibliographique au moyen des bases de données informatisées, il s’adressera aux éditeurs des principales revues scientifiques susceptibles d’accueillir des articles concernant le sujet (une quarantaine de revues ont été identifiées, sur la base des articles publiés au cours des années passées ; liste en annexe des revues sollicitées), en leur demandant de bien vouloir lui faire connaître tout article accepté pour publication (donc ayant bénéficié d’une lecture critique favorable par des pairs), et destiné à être publié d’ici à la fin de l’année 2000. Le groupe d’experts rajoutera ces articles originaux récents à la liste des documents additionnels étudiés.

La transparence s’applique aussi aux critères qui conduiront le collectif à porter un jugement sur l’état des connaissances, pour que des tiers puissent critiquer, le cas échéant, les

choix et les outils de jugement adoptés. Pour éclairer les critères retenus par le groupe d'experts, il est utile de rappeler ici la principale question à laquelle il lui a été demandé de répondre : « Les rapports de synthèse récemment publiés apportent-ils des informations scientifiques fiables et complètes sur lesquels les autorités sanitaires françaises peuvent s'appuyer pour, s'il y a lieu, actualiser les principes et règles de gestion des risques liés à l'usage des téléphones mobiles et de leurs stations de base ? ». Le groupe d'experts a considéré que la réponse à cette question sous-entendait au préalable la réponse à trois sous-questions logiquement reliées :

- Quels sont les *effets biologiques* démontrés des RF ?
- Parmi ces effets biologiques, quels sont ceux qui peuvent être considérés comme raisonnablement prédictifs d'un *effet sanitaire*, en l'état actuel des connaissances ?
- Peut-on, en l'état actuel des connaissances, déterminer des niveaux et/ou conditions d'exposition aux RF qui réduiraient ou feraient disparaître ces éventuels *effets biologiques menaçants* ?

Pour prononcer ce « jugement d'expert sur l'expertise », la ligne directrice suivie sera celle énoncée par le célèbre épidémiologiste britannique Bradford Hill (1965) : « Y a-t-il une autre manière d'expliquer les faits qui se présentent ? Y a-t-il une autre réponse, aussi ou plus vraisemblable, que celle d'une relation de cause à effet ?⁸ ».

Les principaux critères de jugement retenus par le groupe d'experts pour apprécier la qualité du travail de synthèse des connaissances sont les suivants : le caractère *exhaustif* de la revue de la littérature qui a été réalisée (à la date du travail), la *pertinence de la critique* des articles sur lesquels repose l'avis formulé, le degré de *consistance* des différents résultats observés dans la littérature - ce qui implique d'attendre la réplication des observations avant de conclure sur leur réalité -, leur *cohérence* (ces résultats doivent s'inscrire dans une séquence logique sur la chaîne des mécanismes et/ou être retrouvés dans différentes espèces animales, y compris chez l'homme). On notera que les critères relatifs à la qualité intrinsèque des études publiées (protocole expérimental ou d'observation, analyse des données et prise en compte des facteurs interférents, mise en perspective avec les données scientifiques préexistantes...) ne sont pas dans cette liste, car ils sont déjà pris en compte, le plus souvent de manière explicite, dans les rapports de synthèse de la littérature qu'a analysés le groupe d'experts ; ces critères ont cependant été considérés pour les publications récentes publiées postérieurement aux rapports de synthèse.

⁸ « Is there any other way of explaining the set of facts before us, is there any other answer equally, or more, likely than cause and effect ? » Hill, AB. The environment and disease : association or causation . Proceedings of the Royal Society of Medicine, 1965, 58 : 295-300

IV- BIBLIOGRAPHIE

- Adair E.R., K.S. Mylacraine, B.L. Cobb and D.D. Cox (2000). Additive effects of mild exercise on the heat loss responses of human volunteers before and during partial-body RF exposure at 2450 MHz. 22nd annual meeting of BEMS, Munich, Allemagne, June 11-16 200, S-15, 87
- Baranski S. (1973) Effects of MW irradiation in vitro on cell membrane permeability. Biological effects and health hazards of MW radiation. WHO international symposium. Warsaw Oct.
- Baranski S, Edelwein Z (1967) Electroencephalographic and morphological investigations on the influence of microwaves on the central nervous system. *Acta Physiol Pol*, 18 :423-436
- Bawin SM, Gavalas-Medici RJ and Adey WR (1973) Effects of modulated very high frequency fields on specific brain rhythms in cats. *Brain Res (Amsterdam)* 58, 2, 365-384
- Bertharion G., Servantie B. (1971) Electroencephalographic modifications after exposure to MW fields on the white rat. *J. MW Power* 6 p. 62-63.
- Bertharion G., Servantie B. (1973) Biologic effects and health hazards of MW radiation. Proc. of international WHO symposium Warsaw oct 1973
- Blackman, C. F. ; Elder, J. A. ; Weil, C. M. ; Benane, S. G. ; Eichinger, D. C. ; House, D. E. (1979) Induction of calcium-ion efflux from brain tissue by radiofrequency radiation : effects of modulation frequency and field strength. *Radio Sci* 14(6S) :93-98
- Blackman C.F., Benane S.G., House D.E. et Joines W.T. (1985a) Effects of ELF (1-120 Hz) and modulated (50 Hz) RF fields on the efflux of calcium ions from brain tissue in vitro. *Bioelectromagnetics* 6 :1-11
- Blackman C.F., Benane S.G., Rabinowitz J.R., House D.E., et Joines W.T. (1985b) A role for the magnetic field in the radiation-induced efflux of calcium ions from brain tissue in vitro. *Bioelectromagnetics* 6 :327-337
- Budd RA and Czerski P (1985) Modulation of mammalian immunity by electromagnetic radiation. *J Microwave Power* 20, 217-231
- Cain, C. A. and Rissmann, W. J. (1978) Mammalian auditory responses to 3.0 GHz microwave pulses. *IEEE Trans Biomed Eng* 25 (3) 288-293
- Carpentier RC (1960) Opacities in the lens of the eye experimentally produced by exposure to MW radiation. *Trans. IRE. ME-7* : 152-157
- Chatterjee I., Wu D. et Gandhi O.P. (1986) Human body impedance and threshold currents for perception and pain for contact hazard analysis in the VLF-MF band. *IEEE Trans. on Biomed Eng.*, BME-33, 5, 486-494
- Chou, CK and Guy, A. W. (1979) Microwave-induced auditory responses in guinea-pigs : relationship of threshold and microwave-pulse duration. *Radio Sci* 14 (6S) 193-197
- Chou, CK ; Yee, K-C. and Guy, A. W. (1985) Auditory response in rats exposed to 2,450 MHz electromagnetic fields in a circularly polarized waveguide. *Bioelectromagnetics* 6 (3) 323-326
- Chou CK, Clagett JA, Kunz LL, Guy AW (1986) Effects of long-term radiofrequency radiation on immunological competence and metabolism. Report USAFSAM-TR-85-105.
- Cleary SF, Liu LM and Merchant RE (1990) In vitro lymphocyte proliferation induced by radio-frequency electromagnetic radiation under isothermal conditions. *Bioelectromagnetics* 11, 47-56
- de Seze R. and B. Veyret (1996) Biological effects of electromagnetic fields. in W. Ross Stone : *The Review of Radioscience 1993-1996*, 955-994, Oxford University Press, Oxford
- de Seze René, Luis Miro, M.O. Wehr (1997) What do we know about accidents related to EMFs exposure ? 2nd MCM and 1st Workshop on « Electromagnetic Fields in Occupational Medicine » COST 244bis/cinquantenaire INRS, Nîmes, 27-28 Sept 1997
- de Seze R. (1998) Epidemiology, human experiments and overexposures to assess health risk of HF electromagnetic radiation. *J of Measurement and Control*, 31, 176-179
- D'Inzeo G, Bernardi P, Eusebi F, Grassi F, Tamburello C, and Zani BM (1988) Microwave effects on acetylcholine-induced channels in cultured chick myotubes. *Bioelectromagnetics*, 9, 363-372
- Frey AH and Wesler LS (1983) Dopamine receptors and microwaves energy exposure. *J Bioelectricity* 2, 145-157
- Gagny C (1994) Immunité des stimulateurs cardiaques aux perturbations électromagnétiques. DEA Instrumentation et Microélectronique Université de Nancy I - 2^{ème} partie.
- ICNIRP (1998) Health Physics
- Kunz LL, Hellstrom KE, Garriques HJ, Johnson RB, Crowley J, Thompson D, Chou CK, Guy AW (1983) Effects of long-term low-level radiofrequency radiation exposure on rats. Volume 5. Evaluation of the immune system's response. Report USAFSAM-TR-83-50
- Lai H, Carino MA, Horita A and Guy AW (1989) A comparison of the effects of low-level microwaves and white noise on neurological functions in the rat (Meet Abst). XIth an meet BEMS, Tucson, USA B-1-1

- Liddle CG, Putman JP, Lewter OH, West M, Morrow G (1986) Circulating antibody response of mice exposed to 9 GHz pulsed microwave radiation. *Bioelectromagnetics* 7, 91-94
- Lin, J. C. (1981) The microwave hearing effect. *ACS Symp Ser* 157 :317-330
- Lin, J. C. ; Lin, M. F. (1980) Studies on microwave and blood-brain barrier interaction. *Bioelectromagnetics* 1(3) :313-323
- Lu ST, Lebda N, Michaelson SM, Pettit S and Rivera D (1977) Thermal and endocrinological effects of protracted irradiation of rats by 2450 MHz microwaves. *Radiosci.* 12, 6 S 147-156
- Lu ST, Lebda NA, Lu SJ, Pettit S and Michaelson SM (1987) Effects of microwaves on three different strains of rats. *Rad Res* 110, 173-191
- Maes A, Verschaeve L, Arroyo A, De Wagter C and Vercruyssen L (1993) In vitro cytogenetic effects of 2450 MHz waves on human peripheral blood lymphocytes. *Bioelectromagnetics* 14(6) :495-501
- Pershin SB, Frenkel ID, Alliluev AP, Sokolova ZA, Bobkova AS, Galenchik AI and Gonchar EV (1989) Immunomodulating action of micro-waves in the induction of immune response to Vi antigen (Rus). *Zh Mikrobiol Epidemiol Immunobiol* 9, 86-90
- Rissmann, W. J. and Cain, C. A. (1975) Microwave hearing in mammals. *Natl Electron Cong Proc* 30 239-244
- Smigielski S, Bielec M, Lipski S and Sokolska G (1988) Immunologic and cancer-related aspects of exposure to low-level microwave and radiofrequency fields. in Marino AA (1988) *Modern bioelectricity*. Ed Marcel Dekker, New York
- Stodolnik-Baranska W (1967) Lymphoblastoid transformation of lymphocytes in vitro after microwave irradiation. *Nature* 214, 102-103
- Thuéry J (1989) *Les micro-ondes et leurs effets sur la matière : applications industrielles, agro-alimentaires et médicales*. TEC et DOC Lavoisier, Paris
- Veyret B., C. Bouthet, P. Deschaux, R. de Seze, M. Geffard, J. Jousot-Dubien, M. le Diraison, J.M. Moreau and A. Caristan (1991) Antibody Response of Mice Exposed to Low-Power Microwaves Under Combined, Pulse and Amplitude Modulation. *Bioelectromagnetics*, 12, 47-56
- Williams D.B., Monahan J.P., Nicholson W.J and Aldrich J.J. (1955) Biologic effects studies on microwave radiation time and power thresholds for production of lens opacities by 12.3 cm microwaves, 2 p refs repr. from Amer. Med. Ass. *Arch Ophthalmo.*v.54, p 863-874.
- Zaret M.M., Snyder W.Z., Birebaum L. (1975) Cataract after exposures to non ionizing radiant energy. *Brit. Oph.* 60, p. 632- 638.

V- ANNEXES

PARIS, le 15 juin 2000

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SANTÉ

Le Directeur général

Monsieur le docteur Denis ZMIROU
Faculté de médecine de Grenoble
Domaine de la Merci
38706 LA TRONCHE CEDEX

Monsieur et Cher Confrère

La Direction générale de la santé a pris connaissance du rapport relatif aux risques pour la santé liés à l'usage des téléphones mobiles et à leurs équipements, élaboré par un groupe d'expertss britanniques présidé par Sir William STEWART à la demande des autorités britanniques et rendu public le 11 mai 2000.

Ce rapport dresse un bilan de l'état des connaissances actuelles en ce domaine et propose un certain nombre de recommandations tenant compte des incertitudes existantes.

Je souhaite réunir un groupe d'experts afin de :

- recueillir son avis scientifique sur ce rapport britannique, ainsi que sur les autres rapports récemment publiés sur cette question
- préciser les conséquences éventuelles que l'on doit en tirer, en termes de protection de la santé.
- faire des recommandations en matière de surveillance et de programmes de recherche sur les risques éventuels pour la santé liés à l'usage des téléphones portables et à leurs équipements
- proposer des recommandations en termes d'information du public.

Je vous prie de bien vouloir présider ce groupe d'experts, qui aura la composition suivante :

- M. Bernard VEYRET (directeur de recherche au CNRS, Ecole nationale de physique et de chimie de Bordeaux),
- Le docteur René de SEZE (membre de la Commission Internationale de protection contre les rayonnements non-ionisants),
- M. Pierre AUBINEAU (directeur de recherche au CNRS, Université Bordeaux 2)
- M. Alain BARDOU (directeur de recherche INSERM, université de Rennes I),
- Le professeur Marcel GOLDBERG (professeur d'épidémiologie, directeur de l'unité 88 de l'INSERM).

Je souhaiterais que ce groupe d'experts puisse rendre son rapport à la fin de l'année 2000 et présenter un premier rapport d'étape portant notamment sur l'état des connaissances à la fin de l'été 2000.

Je vous prie d'agréer, Monsieur et Cher Confrère l'expression de ma considération distinguée.

Composition du groupe de travail

- Pierre AUBINEAU (directeur de recherche au CNRS, Université de Bordeaux 2)
- Alain BARDOU (directeur de recherche, LTSI-INSERM, Université de Rennes 1)
- Marcel GOLDBERG (professeur d'épidémiologie, directeur de l'unité 88 de l'INSERM, Université de Paris 5)
- René de SEZE (membre de la Commission Internationale de protection contre les rayonnements non-ionisants, CHU de Nîmes)
- Bernard VEYRET (directeur de recherche au CNRS, Ecole nationale de physique et de chimie de Bordeaux)
- Denis ZMIROU (Faculté de médecine-Université de Grenoble 1, président d'honneur de la Société Française de Santé Publique), président du groupe d'experts
- Représentant la Direction générale de la santé : Gilles DIXSAUT, médecin inspecteur de santé publique

Réunions du groupe de travail

- 29 juin : définition du programme de travail et de la démarche générale
- 12 septembre : détermination du plan du rapport d'étape, sélection des rapports destinés à être critiqués, préparation des auditions
- 27 octobre : première séance d'auditions
- 9 novembre : discussion sur l'état d'avancement du rapport final
- 23 novembre : seconde séance d'auditions et discussion sur les recommandations à formuler
- autres réunions à fixer en décembre

PERSONNES DONT L'AUDITION EST PREVUE

(liste non définitive)

ADECEM Association de Défense contre les Champs Electromagnétiques, représentée par sa présidente Madame Segala et par Monsieur Le Ruz

Jean-Marie Aran, laboratoire d'audiologie expérimentale et clinique, INSERM Bordeaux

Prof. Madeleine Bastide, Laboratoire d'Immunologie et Parasitologie, Faculté de pharmacie, Université de Montpellier

Prof. Pierre Buser, Coordonnateur du rapport de l'Académie des Sciences, Institut des Neurosciences Université de Paris VI Pierre et Marie Curie

Jean-Claude Carballes, ALCATEL CIT Recherches MMF

Elisabeth Cardis, responsable de l'étude épidémiologique internationale du Centre International de Recherche contre le Cancer, Lyon

Jean-Pierre Chevillot, Expert auprès de l'Union Européenne ; ancien directeur de recherche au CNRS, consultant pour la réalisation du rapport ESSOR Europe présenté au parlement européen

Dr. George Carlo, ex Directeur de Wireless Technology Research, Washington

Michèle Rivasi, Députée de la Drome

Dr. Philippe Quenel, Institut national de Veille Sanitaire

Roger Santini, Laboratoire de biochimie pharmacologie, INSA de Lyon

Joe Wiart, France Télécom R&D, association GSM et comité EBRC

ANNEXE

Présentation et interprétation des faits: un exercice critique délicat

Les exemples suivants illustrent la difficulté de produire un avis scientifique consensuel. Deux articles publiés en 1999 sur le lien entre cancer du cerveau et exposition aux CEM-RF ont été commentés par, respectivement, 5 et 3 auteurs ou groupes d'experts. Les avis exprimés sont sensiblement différents. D'où l'importance, dans un exercice d'expertise, d'exposer clairement les critères adoptés pour retenir ou, au contraire, décliner les résultats d'un travail scientifique. L'analyse collective est ici particulièrement utile.

1- A propos de l'article Hardell L Nasman A Pahlson A Hallquist A and Mild KH, 1999. Use of cellular telephones and the risk for brain tumors: a case-control study. International Journal of Oncology, 1999, 15, 113

Rapport C Sage (oct 1999) :

Hardell (1999) has reported increased risk of brain tumors in humans using cellular telephones. The main type of brain tumors found to occur were malignant glioblastomas and astrocytomas and non-malignant meningiomas and acoustical neuromas. An increased risk (although statistically insignificant) was found for malignant brain tumors on the same side of the head on which the cell phone was used for analog cell phones. The increased risk was 2.45-fold for right side use, and 2.40-fold for left side. GSM users did not have adequate use over time for there to be adequate evaluation of risk. No association between RFR and acoustical neuromas was reported.

Rapport Stewart (mai 2000)

In a case-control study in Sweden, patients with brain tumors were asked about various aspects of their life including their use of mobile phones, and the findings were compared with those in controls selected from the general populations (Hardell et al 1999). Overall, the risk of brain tumors did not appear to be elevated in people who used mobile phones, either analogue or digital, even if their use was relatively heavy. In a series of subsidiary analyses, an association was observed between tumors in the temporal and occipital lobes of the brain and reported use of analogue phones on the same side of the head (regardless of whether that was to the left or right). However, this was not statistically significant, and could easily have occurred by chance. Interpretation of this study is complicated because it failed to identify a substantial number of brain tumor patients who were eligible for inclusions according to the reported entry criteria, and in the absence of an explanation for this under-ascertainment, it is unclear whether important bias could have resulted. Also, (...), an effect of exposure that was delayed for ten or more years would not have been apparent.

Rapport ARCS mai 2000

Case reports of brain tumors in users of cellular phones initiated a case control study (Hardell et al 1999). Exposure was assessed by questionnaires supplemented over the phone. Use of cellular phones was not associated with increase in risk of tumors, neither overall nor for specified types. There was, however, a non significant association between tumors at a specific location at the side of the head, when also taking into account which side of the head the phone was normally used. This was found for NMT phone users, the number of cases for GSM users was too small for analysis. The authors caution, however, that this latter finding is based on a small number of cases, and that further investigations are necessary before any

conclusions can be made. There has also been a substantial discussion about the apparent inconsistency in the study: no overall risk increase, but a risk increase at one location. The authors caution, however, that for GSM use the observation time may still be too short for definitive conclusions.

Article de KR Foster et JE Moulder (IEEE Spectrum online, août 2000, vol 37, n°8)

Other epidemiology studies have been mostly or entirely negative. In a study that received extensive press coverage even before it was published, Lennart Hardell and his colleagues at the Örebro Medical Centre in Örebro, Sweden, assessed mobile phone use by 209 Swedish brain tumor patients in comparison to 425 healthy controls. The study, funded by the Swedish Medical Research Council, was negative in virtually all respects.

In reporting the study, the lay media focused on one finding: users of mobile phones who had developed certain types of brain tumors were more likely to report having used the phone on the side of the head with the tumor than on the other side. But the association was weak. It was not statistically significant and might easily have been a result of recall bias--a well-established tendency of subjects to remember exposures to something more readily if they developed a disease. The brain cancer patients in Hardell's study knew their diagnosis before they were asked about their use of mobile phones.

Article de synthèse Carlo (31 juillet 2000)

(...). This finding [from a study by Muscat and coworkers, NDLR] of laterality was consistent with the observations of Hardell who, in a case control study conducted in Sweden, observed that tumors were more frequently found on the side of the head where the phone was used.

2- A propos de l'article Dreyer NA, Loughlin JE, Rothman KJ. *Cause-specific mortality in cellular telephone users. JAMA, 1999, 282:1814*

Article de synthèse G Carlo (31 juillet 2000)

Dreyer and colleagues (manuscript in preparation) completed the largest cohort study to date of analog cellular phone users and found an increase in the rate of brain cancer mortality in hand-held phone users (near field exposures) as compared with car phone users with the antenna on the rear window (far field exposures). The rate of brain cancer death was more than 3 times greater in the hand-held phone group compared with the far field control group; however, since the total number of persons in this group was small and the follow-up period was short (1 year), the difference was not statistically significant.

Rapport Stewart (mai 2000)

One investigation has examined mortality among customers of a large mobile phone operator in the USA (...). It covered some 250,000 phone users, who were followed for one year (...). Numbers of brain tumor and leukemia deaths were small and showed no substantial indication of increasing risk with number of minutes of hand-held phone use per day, or with years of

hand-held phone use (Dreyer et al 1999). No data were reported on whether phones were analog or digital signals (...). Also, any increase in diseases such as cancer may not be manifest until many years after people are first exposed to a hazard. Therefore, although no significant differences in mortality were demonstrated between the two exposure groups, the conclusions that can be drawn from this report are limited, and it does not rule out important effects.

Article de KR Foster et JE Moulder (IEEE Spectrum online, août 2000, vol 37, n°8)

In 1996, (...), the health records of more than 250 000 mobile phone users were reviewed by Kenneth Rothman, a senior epidemiologist at Epidemiology Research Institute, in Newton Lower Falls, Mass. This industry-sponsored WTR study reported no difference in mortality between the users of hand-held portable phones, where the antenna is placed close to the head, and mobile cellular phones, where the antenna is mounted on the vehicle, resulting in lower RF exposure. In a later, follow-up study, the same investigators examined the causes of death among nearly 300,000 mobile phone users (including some from the previous study) in several U.S. cities. "The only category of cause of death for which there was an indication of increasing risk with increasing minutes of use," the investigators reported in a November 1999 letter in the Journal of the American Medical Association, "was motor vehicle collisions".

Liste des rapports utilisés dans la mission

Documents de base

- Rapport ARCS Autrichienne (mai 2000)
- Rapport COST 244bis (sept 1999)
- Rapport Mc Kinlay (sept 1996)
- Rapport Royal Society of Canada (mars 1999)

Documents additionnels (non définitive)

- Colloque à l'Assemblée Nationale (19 juin 2000)
- IEEE position statement (mai 1998)
- Rapport Sage (oct 1999)
- Articles revue Moulder (1999) et Elwood (1999)
- Académie des Sciences (Novembre 2000)
- Article Carlo (juillet 2000)
- Rapport NRPB (mai 2000)
- Autres (selon l'actualité)

Autres textes pris en considération

- OMS Cautionary principle (juin 2000)
- Ordonnance Suisse (23/12/99)
- Recommandation du Conseil de l'UE (12/7/99)

Liste de revues scientifiques sollicitées pour les articles les plus récents

Adv Biol Med	International Journal of Oncology
Am J Epidemiol	International Journal of Radiation Biology
Am J Ind Med	IRE Trans Biomed Electron
Am J Phys Med	J Acoust Soc Am
Ann Biomed Eng	J Bioelectric
Ann NY Acad Sci	J Hered
Ann NRPB	J Immunol
Aviat Space Environ Med	J Microwave Power
Bioelectrochemistry and Bioenergetics	J Natl Cancer Inst
Bioelectromagnetics	J Neurochem
Brain Res	J Occup Med
Brain Res Bull	J Surg Oncol
Cancer Causes Control	Lancet
Cancer Res	Med J Aust
Cancer J	Microscopy Research and Technique
Carcinogenesis	Mutation Research.
Electro Magnetobiology	NATO ASI Series A: Life Sciences
Environ Health Persp	Nature
Environ Molec Mutagen	Neuropsychobiology
Environ Molec Mutagen	Surg Neurol
Environ Mutagen	N Engl J Med
Environ Res	Occupational Medicine
Epidemiology	Pacing Clin Electrophysiol
Experimentia	Pharmacol Biochem Behaviour
Exp Neurol	Physica Medica
Eur J Appl Physiol	Physiol Chem Phys Med NMR
Eur J Med Res	Phys Med Biol
Eur J Morphol	Proc Natl Acad Sci
Genetics	Radiat Environ Biophys
Health Phys	Radiation Research.
IEEE Eng Med Biol Mag	Radiat Sci
Indoor Air	Radiology
Int J Cancer	Radio Sci
Int J Epidemiol	Rev Environ Health
	Science
	Sci Total Environ
	Teratology

DESCRIPTION DES DOCUMENTS ETUDIES

A - Rapports de base faisant l'objet d'une critique individualisée

Titre	Auteurs	Origine	Date	N références indexées
Mobile phones and health	Sir William STEWART	Grande Bretagne	2000	436
Possible health effects related to the use of radiotelephones	DGXIII Commission Européenne COST 244bis	Union Européenne	1999	144
Possible health effects related to the use of radiotelephones	Rapport Mc KINLAY DGXII European Commission expert group	Union Européenne	1996	252
A review of the potential health risks of radiofrequency fields from wireless telecommunication devices	La Société Royale du Canada	Canada	1999	471
Report on RF bioeffects	ARCS Austrian Research Center Seibersdorf	Autriche	2000	ND*

* ND : non déterminé, car ne figurant pas dans le document de synthèse

B - Rapports faisant l'objet d'une critique collective (incomplet)

Titre	Auteurs	Origine	Date	Nbre références indexées
Cell Phones and Cancer : What Is the Evidence for a Connection ?	MOULDER JE, ERDREICH LS, MALYAPA RS et al	Etats Unis	1999	75
Telecommunication inquiry committee. The Scottish Parliament	SAGE C	Ecosse	1999	42

Glossaire, sigles et abréviations

Sigle	Unité		Quantité
$A.m^{-1}$ ou A/m	ampère par mètre	H	champ magnétique
°C	degré Celsius	T	température
G	gauss : unité ancienne, remplacée par le tesla (1 tesla = 10 000 G)	B	induction magnétique
GHz	gigahertz	f ou ν	fréquence
Hz	hertz	f ou ν	fréquence
kHz	kilohertz	f ou ν	fréquence
m	mètre	L	longueur
MHz	mégahertz	f ou ν	fréquence
mn	minute	T	temps
mW/cm ²	milliwatt par centimètre carré	DSP	densité surfacique de puissance
μm	micromètre	L	longueur
μs	microseconde	T	temps
nT	nanotesla	B	induction magnétique
nV/m	nanovolt par mètre	E	champ électrique
T	tesla	B	induction magnétique
V	volt	U	tension ou potentiel
V/m	volt par mètre	E	champ électrique
$W.kg^{-1}$ ou W/kg	watt par kilogramme	DAS ou SAR	débit d'absorption spécifique (en anglais : "Specific Absorption Rate")
$W.m^{-2}$ ou W/m^2	watt par mètre carré	DSP	densité surfacique de puissance

Tableau 1. Unités, sigles et quantités correspondantes

Sigle	Quantité	Unité ou valeur (en Unités du Système International : USI)
B	induction magnétique, communément appelée "champ magnétique"	T tesla
DAS ou SAR	débit d'absorption spécifique (en anglais : "Specific Absorption Rate")	W/kg watt par kilogramme
E	champ électrique, ou énergie	V/m, ou J volt par mètre, ou joule
f	fréquence	Hz hertz
λ	longueur d'onde	m mètre
SAR	Voir DAS	

Tableau 2. Quantités, désignations et unités

Abréviation	Signification	Définition
ACTH	A dreno C ortico T ropic H ormone	hormone corticosurrénalienne (dite hormone du stress)
AM	A mplitude M odulation	émission codée par modulation d'amplitude
Ca ⁺⁺ ou Ca ²⁺	ion calcium	
CEM	champ(s) électromagnétique(s)	
CW	émission continue (de l'anglais "Continuous W ave")	une émission peut être continue (CW) ou pulsée (PW)
EBF ou ELF	E xtrêmement B asse(s) F réquence(s) (en anglais E xtrremely L ow F requency)	fréquences comprises entre 0 et 300 Hz, comprenant principalement la fréquence industrielle et domestique, 50 Hz en Europe et 60 Hz en Amérique du Nord
ELF	Voir EBF	
FM	F requency M odulation	émission codée par modulation de la fréquence
ICNIRP	I nternational C ommission on N on I onizing R adiation P rotection	commission de référence pour l'établissement des normes sur les rayonnements non ionisants
IRM	I magerie par R ésonance M agnétique	technique d'imagerie médicale utilisant le principe physique de résonance magnétique nucléaire
PW	émission par impulsions (de l'anglais " P ulsed W ave")	une émission peut être continue (CW) ou pulsée (PW)
RF	R adio F réquence	

Tableau 3. Abréviations, signification et définitions

Sites internet sur les RF

France

Commission de la Sécurité des
Consommateurs :

<http://www.cscnet.org/>

Programme de recherche français
COMOBIO dans le cadre du
RNRT :

<http://tsi.enst.fr:80/comobio/>

Europe

Conseil Supérieur d'Hygiène,
Belgique

http://www.health.fgov.be/CSH_HGR/Francais/Brochures/De%20GSMeindversiefr1.html

National Radiological Protection
Board, Grande Bretagne

<http://www.nrpb.org.uk/>

Independent Expert Group on Mobile
Phones (rapport Stewart), Grande Bretagne

<http://www.iegmp.org.uk/>

Fondation Elettra 2000, Italie

<https://www.elettra2000.it/elettra2000/default.htm>

Forschungsgemeinschaft Funk e.V.,
Research Association for Radio
Applications, Allemagne

<http://www.fgf.de/>

Research Center for the Environmental
Compatibility of Electro-Magnetic Fields
(Forschungszentrum für Elektro-
Magnetische

Umweltverträglichkeit), Aachen,
Allemagne

<http://www.femu.de/>

COST 244bis : Effets biomédicaux
des champs électromagnétiques :

<http://www.radio.fer.hr/cost244/main/mainpage.htm>

European Bioelectromagnetics
Association :

<http://www.ebea.org/>

USA

Federal Communications

Commission :

<http://www.fcc.gov/oet/rfsafety/>

Food and Drug Administration :

<http://www.fda.gov/>

Medical College of Wisconsin

« Cellular Phone Antennas (Base Stations)
and Human Health »

<http://www.mcw.edu/gcrc/cop/cell-phone-health-FAQ/toc.html>

IEEE, Institute of Electrical and
Electronics Engineers Standards
Coordinating Committee 28

Non-ionizing Electromagnetic
Energy Safety Standards to
300GHz

<http://grouper.IEEE.org/groups/scc28/>

International

ICNIRP (International Commission
on Non-Ionizing Radiation
Protection) :

<http://www.icnirp.de/>

OMS, Genève, projet EMF :

<http://www.who.int/peh-emf/>

Bioelectromagnetics Society :

<http://bioelectromagnetics.org/>