

## Les ondes électromagnétiques

Les champs émis par le réseau et les appareils électriques sont-ils un facteur de risque pour la santé ? Les chercheurs russes ont été les premiers à attaquer le problème, dans les années 1950, en étudiant les animaux et les hommes vivant à proximité des installations électriques, d'abord industrielles, puis domestiques, et en établissant à partir de 1958 des normes et des limites d'exposition. En Occident, on a longtemps ignoré ces découvertes, considérées comme des erreurs, des délires paranoïdes, voire des exercices de désinformation. Jusqu'à ce que des chercheurs américains, puis européens, fassent les mêmes constatations inquiétantes et reprennent les recherches à partir de zéro. Le bilan actuel est pour le moins contrasté !

**Les champs électromagnétiques dont nous allons parler dans ce journal ne concernent que les ELF (Extremely Low Frequencies) ou extrêmement basses fréquences. Elles se situent au tout début du spectre des ondes, entre 1Hz et quelques centaines de kHz. C'est le cas de l'électricité (50 Hz en France, 60 Hz aux Etats-Unis).** Les ELF traversent la matière sans que rien ne puisse les arrêter, à l'exception d'un alliage métallique cher, le Mumétal. En outre, elles n'ont pas d'effet thermique, contrairement aux micro-ondes de la téléphonie mobile (portables et antennes) absorbées par les premiers centimètres des tissus en provoquant un échauffement de température. (Ce sujet fera l'objet du prochain journal d'ABS 31). Les ELF posent un problème scientifique : faute d'effet thermique mesurable, leurs effets biologiques n'apparaissent qu'à moyen ou long terme dans le cas d'expositions chroniques ou répétées. Où, comme certaines études commencent à le démontrer, après de courtes expositions à des champs magnétiques d'intensité élevée.

### **Pour mieux comprendre les unités de mesure des champs magnétiques :**

L'unité de mesure des champs magnétiques est le Tesla (T).

1 T (tesla) = 1 000 mT (millitesla) = 1 000 000 microT (microtesla).

On mesure parfois les champs magnétiques, en particulier aux Etats-Unis, en gauss (G) et milligauss (mG) : 1 G = 100 microT.

Le champ magnétique terrestre varie de 0,03 à 0,07 mT. Un aimant classique, tel qu'on le trouve dans un haut-parleur, produit un champ magnétique statique de l'ordre de 1 à 10 mT dans un rayon d'environ un centimètre autour de ses pôles. Le champ magnétique statique le plus élevé auquel, sauf conditions accidentelles, on est exposé est celui d'un examen par IRM (Imagerie par résonance magnétique) ; sa valeur maximale est de 2 T.

## **I – UN PEU D'HISTOIRE : OU, QUAND ET COMMENT LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES SONT-ELLES DEVENUES UN ENJEU DE SANTE PUBLIQUE ?**

### **1 – Moscou et les premières découvertes :**

Moscou, **Juin 2000** : Comme dans un feuilleton à la « Xfile », nous sommes à l'Institut de recherche de la médecine du travail. Au 4ème étage se trouve **le laboratoire électromagnétique créé en 1953** et dirigé depuis 10 ans maintenant par **Leonid Paltsev et son adjointe Nina Rubtsova**. Ici, on a tout étudié, sur des milliers d'animaux et de volontaires humains. Souris, rats, lapins ou singes ont été exposés aux champs électriques ou magnétiques et aux ondes radio, à toutes sortes de fréquences et d'intensités. Les premières études concernaient des expositions dans certaines professions de l'électricité, elles ont révélé des troubles nerveux et cardio-vasculaires. Ensuite, on a élargi à l'ensemble de l'environnement et à l'exposition du public à domicile, à proximité de lignes à haute tension, dans les ascenseurs, dans les tunnels du métro, etc.... Voici comment Leonid Paltsev résume les conclusions en matière de santé humaine « A notre avis, la première cible qui souffre c'est le système nerveux central. C'est lui qui régule tous les autres organes. Puis des symptômes perturbent l'activité cardio-vasculaire, non seulement le fonctionnement du cœur lui-même, mais aussi le système

vasculaire périphérique, à commencer par les vaisseaux sanguins du cerveau. Pour moi, c'est ce double mécanisme qui déclenche tous les autres troubles dans l'organisme. Qu'est ce qui vient ensuite ? Des effets sur les systèmes hormonaux, la glande thyroïde et l'hypophyse, les glandes surrénales, il y a une altération générale de tout le système endocrinien. Puis, après de longues irradiations, on a une perturbation du système immunitaire, une sorte d'épuisement. Et là, de nombreuses maladies peuvent survenir, infectieuses ou non. En plus, il y a des problèmes pour la reproduction : fausses couches, grossesses anormales, accouchements prématurés, retards de croissance, pathologies du nouveau-né... ».

« Nous avons pu étudier des effets qui se produisaient sur plusieurs générations d'animaux. Nous l'avons fait avec des souris, des rats, des lapins, des chiens. Et nous avons montré des modifications de la descendance après une exposition de longue durée sur les mères, des modifications très significatives. Nous avons eu des naissances prématurées, et des petits qui présentaient des retards de croissance et de développement. Nous obtenions aussi des animaux dont le système immunitaire était perturbé et diminué. Ce genre d'études exige beaucoup de temps, des animaux qu'on pourra nourrir, entretenir et étudier pendant des années. C'est impossible en ce moment, mais j'espère que cela redeviendra possible à l'avenir. D'autant plus que l'effet génétique est selon moi un des problèmes les plus importants dans l'étude des effets du rayonnement électromagnétique ».

Nina Rubtsova insiste sur la méthodologie scientifique et son caractère nécessairement inachevé. « ...Nous n'avons pas de certitude, par exemple, sur le cancer ou les maladies neurologiques graves comme Alzheimer ou Parkinson. ...Comme partout, nous avons déterminé des seuils d'intensité au-delà desquels les champs électriques ou magnétiques deviennent dangereux pour la santé, et nous avons appliqué un facteur de sécurité, en divisant ces intensités par 5 ou par 10, pour recommander des niveaux admissibles. Les normes sont toujours un compromis entre le souci de protéger les hommes et les exigences pratiques de l'industrie. Je pense que nous sommes arrivés à un bon équilibre. »

## **2 – Normes de sécurité :**

**En 1958**, l'URSS édicte des normes officielles, qui n'ont pratiquement pas varié jusqu'à aujourd'hui. Par la suite, la plupart des pays de l'ex-Bloc communiste, y compris la Chine, ont également adopté ces normes. Elles sont nettement plus strictes qu'à l'Ouest et reconnaissent l'existence de risques sanitaires à des puissances beaucoup plus faibles que celles indiquées dans les documents officiels du monde occidental. Dans certains cas, les seuils à ne pas dépasser varient, entre l'Est et l'Ouest, d'un facteur de 1 à 1000 ! Récemment, l'organisation mondiale de la santé, une agence de l'ONU, est intervenue en faveur d'une harmonisation des normes mondiales. Les mauvaises langues prétendent qu'il s'agit, plutôt que de protéger les populations, de faciliter les échanges économiques et de simplifier la vie des industriels. Quoi qu'il en soit les pays appliquant les normes russes ont été priés de s'aligner sur les normes occidentales. Jusqu'ici, ils s'y refusent. Mais pour combien de temps ?

Pour comprendre où en sont nos normes et notre science occidentale, il faut repartir en arrière, au début des années 1970. C'est-à-dire repartir de zéro ou presque. A l'époque, les normes, quand elles existent, autorisent des puissances énormes, qu'on ne rencontre jamais dans l'environnement normal et que seules certaines grosses machines industrielles peuvent atteindre. Dans les comités officiels qui fixent les limites admissibles, on trouve avant tout des ingénieurs électriciens, parfois des physiciens, très rarement des médecins ou des biologistes, puisque ces derniers ne comprennent strictement rien à l'électromagnétisme. En outre, les représentants de l'industrie siègent dans toutes les commissions clés et les rares recherches de laboratoire sur le sujet sont financées et coordonnées par des structures qui dépendent des compagnies électriques. Aux Etats-Unis, c'est l'EPRI (Electric Power Research Institute). En France, EDF a ses propres chercheurs et finance des recherches ponctuelles dans d'autres laboratoires. Partout ailleurs, c'est le même tableau. Conclusion générale : « Circulez, y a rien à voir »...

## **3 – Au début, il y avait les animaux....**

Pourtant, d'étranges maladies font leur apparition dans des régions d'élevage en Amérique du Nord – le Wisconsin, le Michigan ou le Minnesota. Etrange, parce que les vétérinaires n'arrivent pas à

en trouver la cause. Les symptômes : baisses intermittentes de la production laitière, refus de nourriture ou d'eau, comportements anormaux, nervosité, mammites, affections de la peau, enflures et infections, augmentation anormale des leucocytes et d'autres marqueurs cellulaires, fausses couches, retard de croissance, mort subite des veaux. Les porcs aussi sont atteints, avec un fort taux de mortalité des portées, une diminution du poids moyen, des dysenteries et des entérites à répétition et des symptômes d'agressivité entre animaux pouvant aller jusqu'au cannibalisme.

**Un ingénieur électricien, Spark BURMASTER**, va se passionner pour l'énigme de ces maladies sans nom. Il écoute les éleveurs et commence à relever des indices. Il remarque que les bêtes guérissent souvent lorsqu'on les transporte dans d'autres fermes. On signale aussi des améliorations quand le bétail est installé dans des bâtiments en bois, ou sur des planchers au-dessus du sol. Autre constatation troublante : dans les zones affectées, on voit non seulement des maladies et des comportements aberrants du bétail, mais une disparition de la faune sauvage, des rongeurs aux batraciens, des insectes aux vers de terre. Burmaster entend aussi parler, dans les zones touchées, de problèmes avec les installations électriques. Des ampoules claquent en série, des téléviseurs et d'autres appareils sont fusillés par des sautes de courant, il y a des parasites à la radio et à la télévision, les téléphones crachotent ou sonnent sans raison, des incendies inexplicables se déclarent sur des transformateurs et des pylônes, des compteurs électriques tournent alors qu'aucun appareil n'est en marche, et les hommes reçoivent des décharges électriques en touchant un robinet ou une conduite d'eau.

Burmaster commence alors à promener un peu partout un voltmètre, pour ausculter le sol, les tuyaux, les barrières et les charpentes métalliques. Dans toutes les fermes à problèmes, il trouve des courants anormaux. Il en déduit que les bêtes doivent ressentir des picotements d'origine électrique lorsqu'elles boivent, qu'elles touchent des éléments de l'étable ou même la trayeuse. Souvent, le sol entier est électrifié, et les animaux sont parcourus en permanence par des courants alternatifs, certes peu puissants, mais certainement stressants.

Les éleveurs commencent à porter plainte contre les compagnies d'électricité. Mais ces dernières accusent les mauvaises installations électriques des utilisateurs pourtant, le plus souvent, après des vérifications et des rénovations, le problème persiste. Il faut donc admettre qu'il s'agit d'**une pollution électrique venue des lignes de distribution**... Et il ne s'agit pas, comme le disent initialement les compagnies d'électricité, de phénomènes rares dans des zones rurales isolées, mais d'un défaut général dans la configuration des lignes et de la distribution électrique. Le réseau n'a jamais été planifié globalement, il s'est composé par ajouts successifs au cours des décennies, sans schéma directeur et sans garde-fous techniques. D'après certaines estimations, 20% du courant électrique s'échappe dans le sol. Certains experts avancent même le chiffre de 70%. Il semble que l'Europe ait mieux conçu ses installations, mais le problème y est aussi signalé dans certaines régions.

D'autre part, le problème n'est pas circonscrit aux fermes isolées. Dans les années 1990, Spark Burmaster étendra ses enquêtes à l'environnement urbain et trouvera là aussi **des courants vagabonds**. Bizarrement, ils trahissent souvent leur présence par un indice visuel, à savoir des **traînées noirâtres qui apparaissent sur les toitures**, mêmes récentes, affectant certains immeubles ou pâtés de maisons et pas les bâtiments voisins alors que les matériaux sont identiques. Une correction des câblages électriques fait souvent disparaître ces traînées dans le mois qui suit. Par ailleurs, d'après les données de Burmaster, les habitants de ces maisons souffriraient plus qu'ailleurs d'allergies multiples, et de maladies à long terme – arthrite, diabète, troubles cardiaques, cancers. Tout comme certains éleveurs et leurs familles.

#### **4 – Puis est apparue la lumière des néons !!!**

En fait les éleveurs ont mis le doigt sur quelque chose de beaucoup plus vaste que les seuls courants vagabonds. Et ils ne tardent pas à s'apercevoir que les mêmes symptômes se retrouvent aux abords immédiats de certaines installations électriques, centrales, transformateurs, lignes à haute ou très haute tension – sans que cette fois le sol soit en cause. C'est donc un autre type d'énergie qui s'échappe du réseau électrique, quelque chose qui se propage sans contact : ce sont les champs électriques et magnétiques. Alors apparaît un symbole fort, une de ces images qui frappent la conscience collective : on voit une main qui tient un tube fluorescent (= un néon), à quelques mètres d'une ligne à haute

tension. Le tube n'est relié à aucun fil, et pourtant il s'allume ! C'est de l'**électricité induite**. Et **ça matérialise l'invisible, l'existence des champs qui nous entourent**.

On reverra ce geste dans le monde entier ! La danse des néons fait son effet : après les pétitions et les plaintes, l'affaire monte aux administrations locales, régionales, fédérales, nationales. **La question de la santé publique est posée !**

Un mécanisme se met en marche et l'on se tourne vers les scientifiques, cencés tirer tout cela au clair. Le seul problème c'est que les **chercheurs occidentaux ne connaissent absolument rien au problème !**

## **II – DES ANNEES DE RECHERCHE !**

### **1 – L'histoire d'un engagement qui finit mal : Robert BECKER**

**Robert BECKER** est le premier scientifique à se plonger sérieusement sur le sujet. Il est chirurgien-orthopédiste et chercheur dans un hôpital de Syracuse, dans l'Etat de New York. C'est un des très rares biologistes américains à posséder quelques notions du sujet. Le voici membre d'un comité de 7 experts chargés d'examiner un litige entre des citoyens ruraux du Wisconsin très en colère et des porte-parole de l'armée américaine. L'objet du débat n'est rien moins que la plus gigantesque installation électrique jamais construite. Les militaires ont enterré, dans la région du lac Clam, entre le Wisconsin et le Michigan, dix mille kilomètres de câbles électriques. C'est le **Projet Sanguine**, une immense antenne – et ce n'est qu'un prototype expérimental à échelle réduite ! (...) Or, les habitants se plaignent, ils reçoivent des décharges électriques en touchant les robinets d'eau, les téléphones ou les clôtures métalliques. Pour l'armée, il semble inconcevable que ces fréquences puissent affecter la santé. On demande donc l'avis des chercheurs.

Robert Becker commence par passer en revue les recherches expérimentales sur le sujet, et trouve un certain nombre d'indices inquiétants. Des laboratoires militaires ont constaté une augmentation des triglycérides du sérum sanguin, un indicateur de stress chez des techniciens qui travaillent sur le site du Projet Sanguine et chez des cobayes humains soumis au même type de champs magnétiques en laboratoire. Une autre expérience sur des volontaires montre qu'ils n'arrivent plus à faire une simple addition. Ces recherches militaires ont été tenues secrètes pendant deux ans. D'autres recherches militaires montrent un ralentissement des réflexes moteurs chez des singes, des retards de croissance chez des rats, des troubles du développement sur des embryons de poulets, des signes de désorientation chez des jeunes mouettes. Le tout même à de très faibles puissances. En **décembre 1973**, Becker et les autres experts remettent leur rapport. A l'unanimité, ils prescrivent d'**arrêter le projet et recommandent des études « urgentes et absolument nécessaires » sur les effets de ces fréquences extrêmement basses**, concernant à la fois le Projet Sanguine et les lignes électriques en général. **La marine américaine classe le dossier sous la forme d'un document confidentiel et n'en tient strictement aucun compte !**

Le même mois, Becker apprend qu'une ligne à très haute tension va être installée près de sa maison de campagne dans la région de New York. En fait, c'est une nouvelle génération de lignes qui pointe son nez en Amérique du Nord, pour satisfaire des besoins croissants et transporter l'électricité produite par les centrales nucléaires. Jusqu'ici on ne dépassait pas les 345 kilovolts, mais désormais on passe à des puissances supérieures. Pour alimenter la ville de New York, on prévoit 200 km de lignes à 750 kilovolts depuis la centrale hydroélectrique de la baie James au Québec. D'autres lignes du même type sont prévues depuis le Niagara ou Rochester. Toutes ces lignes traversent des régions agricoles et d'élevage, et les fermiers se mobilisent. Peine perdue ! Tous les rapports ou indices susceptibles de gêner le projet sont volontairement écartés ; notamment les études militaires sur le Projet Sanguine qui n'ont visiblement jamais eu lieu selon l'armée !!!

Cependant, Becker continue ses expériences avec une petite équipe, quelques collègues et des jeunes diplômés. Il commence par l'homme, puis poursuit sur des lapins et des rats. Il étudie l'effet des champs sur l'immunité et les hormones, surtout les hormones liées au stress. Il mène aussi une expérience d'exposition sur plusieurs générations de rats et obtient des effets marqués sur les portées, de la mortalité infantile aux retards de croissance ou à l'obésité. Ce qu'il a découvert recoupe ce dont il

s'est persuadé, au cours de ses recherches : les êtres vivants utilisent de faibles courants électriques de très basse fréquence pour toutes sortes de régulations internes. Ces basses fréquences semblent proches de celles du magnétisme terrestre naturel, mais elles se révèlent aussi semblables aux fréquences artificielles d'introduction récente, et Becker s'interroge sur le risque éventuel pour des populations exposées en permanence. Sa conclusion globale est que **les champs électromagnétiques de faible intensité à 60 hertz agissent comme des « stressseurs »**. Quand le stress est passager, l'organisme arrive à compenser, mais quand le stress devient chronique, c'est-à-dire constant et répété, l'organisme finit par décompenser. Il se produit un épuisement des mécanismes de défense, visible dans l'analyse du sang. D'où une fragilité face à toute une série de maladies, jusqu'au cœur.

**En 1976, l'armée gagne un round.** Des comités locaux ont fait capoter l'installation au Texas de Seafarer, l'antenne militaire géante qui doit succéder à Sanguine. On veut à présent la construire dans la péninsule du Michigan, mais l'opposition locale est massive. Un comité de quinze membres est nommé pour évaluer les risques, cette fois sous l'égide de l'Académie des sciences américaine. Sa composition est typique : on y compte 3 experts employés par des compagnies électriques, aucun spécialiste connu pour ses positions contradictoires, et une majorité de chercheurs respectés mais sans compétence particulière dans ce domaine. Contacté par Andrew Marino, un jeune et fougueux collaborateur de Becker, le directeur du comité, un biologiste de Harvard, se déclare choqué et promet d'intervenir. Il n'en fera rien. Finalement Becker et Marino envoient leurs conclusions au comité, qui n'en tient aucun compte et déclare l'antenne sans aucun danger pour la santé humaine. Mais la presse reprend les avertissements de Becker. Un article paraît dans la revue Science, l'émission 60 minutes de la chaîne CBS filme le laboratoire de Becker. Le reportage est diffusé en février 1977. C'est une première : les médias entrent en lice.

Pour Robert Becker, comme pour ses collaborateurs, les conséquences professionnelles de cet engagement ont été catastrophiques. En 1980, il perd tous ses financements de recherche du National Institute of Health, l'organisme public qui coordonne la recherche médicale américaine, ainsi que son poste à l'hôpital de Syracuse. Il doit fermer son laboratoire, son équipe se disperse et Becker prend une retraite anticipée à 56 ans. Depuis il écrit des livres et des articles, mais son activité pratique de chercheur a été cassée.

## **2 – Les enfants et la leucémie : les découvertes de Nancy WERTHEIMER**

Après Becker, c'est une autre scientifique qui va tirer la sonnette d'alarme. Il s'agit de Nancy WERTHEIMER : psychologue expérimentale de formation, épidémiologiste de métier (= spécialiste des études médicales sur de larges populations humaines, avec les outils de l'analyse statistique). A l'Université de Denver, dans le Colorado, elle travaille pour percer un mystère : **qu'est-ce qui provoque les leucémies infantiles ?** Ces cancers des cellules sanguines apparaissent chez un enfant sur 300, sans raison apparente. Wertheimer, à l'époque, est plutôt à l'affût d'un facteur toxique ou infectieux présent dans l'environnement. Elle enquête minutieusement sur le domicile de chaque enfant malade, note toutes les habitudes familiales, l'alimentation, les matériaux de construction ou d'ameublement, la présence d'usines ou d'autoroutes dans le voisinage, bref, tout ce qui pourrait fournir un indice. Puis elle passe tout à la moulinette des statistiques, mais rien ne sort. Un jour, une photo vue dans un journal déclenche une nouvelle association d'idées. La photo montre un enfant qui tient dans sa main un tube fluorescent allumé sous une ligne à haute tension. Wertheimer superpose alors la carte des leucémies avec celle des lignes, des sous-stations et des transformateurs montés sur des pylônes. Et là, une relation apparaît clairement : la proximité immédiate d'une de ces installations électrique est signalée dans presque tous les cas ! Nancy Wertheimer communique ses données à un collègue physicien, Ed. LEEPER, qui suggère une action du champ magnétique, parce qu'il n'est arrêté par aucun matériau et pénètre tout, y compris le corps humain. (...) Pendant deux ans, Nancy Wertheimer paufine ses recherches ; et en mars 1979, elle publie un article intitulé « Les configurations de câblage électrique et les cancers infantiles » dans le Journal of Epidemiology. Dans le monde scientifique et médical, personne ne prend l'article au sérieux. Ses conclusions paraissent tout simplement incroyables.

**En 1980,** Wertheimer soumet à l'Institut national de la santé un projet de recherche sur les cancers

de l'adulte et les champs magnétiques créés par le réseau électrique. La demande est refusée, mais Wertheimer s'entête, poursuit avec ses propres moyens, recense 1179 cas de cancers d'adultes dans la région de Denver et, pendant deux étés, visite toutes les maisons concernées et note le détail des installations électriques. En 1986, Wertheimer et Leeper publient leurs conclusions, toujours dans le *Journal of Epidemiology* : « L'association est claire et hautement significative pour les cancers d'adultes au-dessous de 55 ans ». La même année, on publie aussi une autre étude de Wertheimer montrant un taux anormal de fausses couches chez des femmes utilisant des couvertures chauffantes, dont les circuits créent un champ magnétique alternatif de 5 à 10 milligauss.

Nancy Wertheimer a eu plus de chance que Robert Becker. Ses résultats ont suscité l'incrédulité ou l'indifférence, mais elle n'a pas perdu son emploi. D'autres chercheurs ont confirmé ses découvertes. Lentement mais sûrement, dans les années 1980 et 1990, le débat s'ouvre à grande échelle autour des troubles de santé liés au réseau électrique.

### 3 – De 1978 à 1998 : les rapports se succèdent...

Sur 25 ans, l'histoire des comités qui ont planché sur la pollution électrique est édifiante ! En fait on a eu droit à toute une succession de rapports qui se contredisent les uns les autres ; à de nombreuses décisions qui ont été prises puis finalement non appliquées, à de multiples informations jugées trop « dérangeantes » et volontairement mises de côté.

**En 1990, aux Etats-Unis**, les deux institutions internationales les plus influentes sur les normes, l'ICNIRP (International Committee on Non-Ionizing Radiation Protection) et l'IRPA (International Radio Protection Association) publient des recommandations provisoires. Leurs chiffres sont toujours en usage actuellement dans la plupart des pays occidentaux. **Pour les champs magnétiques, en exposition longue, on ne doit pas dépasser un gauss pour la population, dans les habitations et les établissements publics, y compris les écoles, et 5 gauss pour les travailleurs, ou encore 50 gauss pour des expositions courtes ne dépassant pas deux heures.** En fait, les champs rencontrés dans l'environnement, aussi bien ceux des lignes à haute tension que ceux des appareils domestiques, se situent très loin au-dessous de 1 gauss. Donc, selon l'ICNIRP et l'IRPA, ils ne présentent aucun danger. Mais c'est encore au cours de cette année 1990 que **la Suède édicte une norme** beaucoup plus stricte et prudente **concernant initialement les écrans d'ordinateur : ils ne doivent pas exposer l'utilisateur à plus de 2,5 milligauss.**

**En 1993, en France**, l'INSERM, le principal organisme de recherche publique pour la santé, publie un rapport sous forme d'évaluation de la littérature épidémiologique. On y lit cette phrase que chacun, par la suite, interprétera à sa façon : « *Les études portant sur les associations entre exposition résidentielle aux champs électriques et magnétiques et cancer chez l'enfant ne sont pas toutes concordantes. Elles suggèrent cependant, prises dans leur ensemble, que, dans l'état actuel des connaissances, on peut admettre la plausibilité d'un effet des champs magnétiques sur l'apparition des leucémies* ».

**En 1994**, le parlement européen vote une résolution qui recommande de réétudier les normes actuelles, d'instaurer des couloirs autour des lignes à haute tension excluant toute habitation ou locaux d'activité, et de prévoir des indemnités pour le relogement des riverains des lignes. Mais, initialement, aucun pays ne bouge sauf le plus petit Etat d'Europe, le Luxembourg.

**En 1996**, à l'échelle planétaire, **l'Organisation Mondiale de la Santé** lance son **International EMF project**, annoncé comme « un programme accéléré de recherches pour parvenir à un consensus scientifique et à une clarification ». La direction en est confiée à un chercheur qui dirigeait jusqu'ici l'ICNIRP, Michael Repacholi, et de fait, l'OMS va désormais tenter de convaincre le monde entier d'adhérer aux normes de l'ICNIRP.

**En 1998**, le rapport exigé par la loi américaine et intitulé « EMFRAPID (Electric and Magnetic Fields Research and Public Information Dissemination) sort enfin (on ne compte plus le nombre de rapports exigés par la loi américaine !). Il aura demandé 5 ans de travail, un budget de 65 millions de dollars, réparti sur une trentaine de sous-comités pilotant des centaines de projets de recherche. Sa conclusion la plus frappante consiste à **classer les champs électromagnétiques**, en utilisant la

nomenclature du Centre international de recherche contre le cancer, **comme « agents cancérigènes possibles »** (classe 2B). A titre de comparaison, dans cette nomenclature adoptée par l'OMS, le niveau 1 désigne un effet cancérigène certain, 2A un effet probable, 3 un effet non classable et 4 l'absence d'action cancérigène.

On aurait pu croire à ce moment là à un important changement de cap ; mais il n'en ai rien : quand on épluche le rapport on constate que, sur les questions plus précises, le verdict est extrêmement prudent.

Dans la plupart des cas les commissions se prononcent pour une « évidence inadéquate » ou « marginale » ou « insuffisante ». Malgré de nombreuses études montrant des risques accrus de leucémie, de cancers, d'arythmie cardiaque, d'Alzheimer, ou de Parkinson, de sclérose latérale, de fauses couches, de retards de croissance du fœtus, mais c'est du non concluant, du pas assez convaincant, du non-prouvé, du pas assez robuste, de l'échantillon trop limité, de la contradiction d'une étude à l'autre... Les seuls résultats qui passent la barre concernent la leucémie infantile et la leucémie lymphoïde chronique des adultes après exposition professionnelle. Ce qui suffit pour un classement en « cancérigène possible » ! **Conclusion : ce rapport est insuffisant pour justifier un effort progressif de réglementation.** On se bornera donc à favoriser l'éducation du public et des professionnels concernés sur les moyens de réduire les expositions. C'est ce que le rapport appelle une « **approche réglementaire passive** » !

**L'an 2000** commence par l'application d'une **nouvelle loi en Suisse**, en total opposition avec le reste du monde occidental : **pour l'exposition du public au champ magnétique du réseau électrique, la Suisse décrète une limite de 10 milligauss, soit cent fois moins que la limite préconisée par l'ICNIRP !**

**En Italie**, trois cadres de l'ENEL, l'équivalent italien d'EDF sont mis en examen par un juge de Vénétie pour « homicides et lésions involontaires, catastrophe involontaire et refus de communication de documents ». Initialement, les magistrats ont instruit la plainte d'une association de parents d'élèves à Murano qui refusaient d'envoyer leurs enfants dans une école construite sous une ligne. L'enquête s'est élargie à d'autres plaintes de même nature et le procureur estime actuellement que 30 cas de leucémies et tumeurs, dont 9 décès peuvent être attribués aux champs émis par le réseau.

**En Espagne**, un juge de Murcie donne raison à une famille qui se plaint d'effets nocifs causés par un transformateur engendrant des champs magnétiques de 10 à 40 milligauss dans la maison.

**En France, en juin 2000**, une nouvelle législation est votée dans une relative discrétion – aucun média à notre connaissance n'en a parlé. Ce petit texte soumet la construction de bâtiments à proximité de lignes de plus de 130 kilovolts à des servitudes particulières – le Conseil d'Etat et les préfets doivent préciser la délimitation de périmètres de sécurité.

**En mars 2001**, les médias du monde entier redécouvrent le danger des lignes électriques grâce à un rapport commandé par une commission officielle britannique, le National Radiation Protection Board. Une fois de plus, un comité d'experts a épluché toute la littérature scientifique sur le sujet. Une fois de plus, le verdict est à double sens – pas de preuves incontestables sur le cancer en général, mais il confirme la « possibilité » d'un risque accru de leucémies infantiles autour des lignes à haute tension. Cependant, les pouvoirs publics ne bougeront pas le petit doigt !!!

### **III – QU'EN EST-IL AUJOURD'HUI ?**

Une recommandation européenne de juillet 1999 fixe **une restriction de base à 100 µT (= 1000 milligauss) pour le champ magnétique émanant d'une source ou appareil électrique à destination du public.** En vigueur dans la plupart des pays de l'Union européenne, elle ne garantit que l'absence d'effet grave des champs magnétiques, au niveau du système nerveux central. Mais cette limite ne tient absolument pas compte des effets biologiques à moyen ou long terme. Dès les premières études internationales sur les leucémies infantiles à proximité de lignes à haute tension (à partir de 0,4 µT), les Suédois ont prôné une limite de 0,2 µT pour le rayonnement magnétique 50 Hz.

Cette limite sert aujourd'hui de référence à la plupart des chercheurs indépendants. En Suède

notamment, où les pouvoirs publics sont particulièrement précautionneux quant aux possibles effets biologiques des champs magnétiques à long terme.

### 1 - Notre environnement électromagnétique :

Il faut être réaliste, avec l'explosion des appareils ou des dispositifs électriques, nous sommes de plus en plus exposés aux rayonnements magnétiques. Certes la preuve absolue de leur nuisance n'a pas été établie, on manque de preuves et de certitudes, puisque la plupart des recherches donnent des résultats contradictoires d'un laboratoire à l'autre. A partir de là, on peut choisir de voir le verre à moitié plein ou le verre à moitié vide, selon sa philosophie, son tempérament, ses intérêts... D'après débats ont lieu aujourd'hui concernant le « *principe de précaution* ». Y a-t-il, à partir des recherches qui suggèrent des effets nocifs, suffisamment de biscuits pour que les experts et les politiques décident des mesures protectrices qui peuvent coûter cher aux entreprises. Nous en reparlerons... ! Mais quoi qu'il en soit, bien avant toute intervention des Etats, chacun peut appliquer pour soi-même et son entourage « **l'approche de précaution** ». C'est-à-dire apprendre à évaluer son propre environnement électromagnétique et faire en sorte, quand les champs sont importants, de ne pas s'exposer plus que de raison.

A – A la maison :

Impossible de rejeter l'utilisation de l'aspirateur, du sèche-cheveux, ou du radio-réveil. Mais une simple précaution d'emploi qui consiste à s'éloigner des moteurs électriques suffit souvent à limiter les doses reçues. Nous y reviendrons.

B – Au bureau :

On retiendra trois sources essentielles de surexposition :

- le **micro-ordinateur** rayonne particulièrement par l'arrière du moniteur. D'où un problème spécifique posé pour les salariés travaillant en vis-à-vis ;
- la **lampe de bureau à halogène** placée à 20 centimètres du plan de travail,
- les **faux planchers** qui se multiplient pour masquer les réseaux de câblage, multiprises et autres petits transformateurs.

C – Les transports :

En plus des **trains** (TGV notamment) et du **métro** où les compteurs explosent, l'**automobile** nous réserve de sérieuses surprises. Au niveau des pieds des conducteurs et des passagers et à celui des tableaux de bord, les seuils incriminés par les études médicales (leucémies, fausses couches) sont souvent largement dépassés. Dans les modèles haut de gamme, l'électronique doublée de la présence d'une batterie sous le plancher expose particulièrement les passagers.

**En mai 2002**, la revue Sciences et Avenir établissait que sur 60 véhicules mesurés, 5 seulement présentaient des champs magnétiques inférieurs au 0,4  $\mu\text{T}$  cité dans certaines études épidémiologiques ; 30 rayonnaient à l'intérieur de l'habitacle entre 0,4 et 2  $\mu\text{T}$  ; 15 affichaient des intensités nettement supérieures à différents endroits, jusqu'à 18  $\mu\text{T}$ . A la suite de cette enquête, le **Dr. De-Kun Li** s'est montré inquiet : « Les champs mesurés (...) devraient être pris en compte aussi sérieusement que ceux qui émanent de toutes les autres sources (appareils, lignes à haute tension, etc.). En termes de santé, les implications qui en découlent sont bien plus importantes que celles liées aux appareils domestiques : aux Etats-Unis, conduire est une nécessité, et il semble impossible d'échapper à la pollution électromagnétique automobile, alors qu'il est toujours possible de se tenir à distance d'un appareil domestique qui rayonne. ». Bien sur, il est impossible de déterminer aujourd'hui à partir de quelle durée et pour quelle intensité l'exposition aux champs électromagnétiques peut être néfaste à long terme ; « C'est comme se demander combien de cigarettes il est possible de fumer par jour avant de développer un cancer ! » conclut l'expert suédois **Kjell Hansson Mild**, (chercheur au National Institute for Working Life à Umea (Suède), et auteur, depuis 10 ans, d'une cinquantaine d'études médicales sur les effets biologiques des rayonnements imputables à l'électricité, notamment chez les employés de compagnies électriques et ferroviaires suédoises – Kjell Hansson Mild fut le premier à suspecter la pollution magnétique à l'intérieur des voitures - ). Aujourd'hui, ce chercheur envisage des solutions : «

Après l'étude que nous avons publiée en 2000 concernant « les aberrations chromosomiques dans les lymphocytes périphériques des conducteurs de train », les compagnies de chemin de fer suédoises ont commencé à chercher à modifier leurs machines motrices pour que les conducteurs soient moins exposés » !

D – Alerte aux taxis, voyageurs de commerce et motards :

Pour les professionnels de la route (chauffeurs de taxis et VRP par exemple), ou encore pour les motards, les mesures s'affolent. Avec 8 heures par jour dans leur véhicule, certains chauffeurs professionnels sont 12 fois plus exposés que les autres. Les taxis sont indéniablement les plus touchés. A bord, CB, GPS et compteurs sont autant d'appareils électriques qui favorisent l'apparition, la multiplication et l'intensité du phénomène. Pour preuve des mesures effectuées dans une Mercedes appartenant à une célèbre compagnie de taxis parisiens : au niveau des pédales, le chauffeur est en permanence exposé à 5 microtesla ( $\mu\text{T}$ ). Sur son siège, on relève plus de 1  $\mu\text{T}$ . Même constat pour la banquette arrière où les clients sont installés. Des résultats alarmants selon le **Pr. Pierre Le Ruz**, biophysicien spécialiste des champs électromagnétiques. « *Bien sûr, un client n'a rien à craindre car il ne sera exposé que le temps d'une course mais le chauffeur de taxi, lui, passe chaque jour plus de 8 heures au volant. De quoi entraîner des conséquences biologiques* ». Des contacts avec les syndicats de taxi ont révélé que cette profession n'est pas sensibilisée à ce problème. Pourtant, il semblerait que certains chauffeurs présentent les troubles observés chez des personnes exposées à des lignes à haute tension. En témoignent les propos de M. Sahnoun, chauffeur de taxi parisien : « **J'ai acheté mon véhicule en 1998. Depuis, je souffre d'insomnies et je suis constamment fatigué. On ne peut pas dire que ce soit lié à la difficulté du métier parce qu'avant, je n'avais aucun problème** ». Dans son véhicule M. Sahnoun baigne dans un champ magnétique de plus de 1  $\mu\text{T}$ . Un résultat qui dépasse les 0,4  $\mu\text{T}$  favorisant le risque de leucémie selon le Centre international de recherche sur le cancer (Circ).

Mais les chauffeurs de taxi ne sont pas les seuls professionnels de la route touchés par ce phénomène. Parmi les métiers les plus sensibles, celui de **VRP**. « *Ma voiture c'est mon outil de travail, raconte Bruno Schneider. Je fais plus de 50.000 km chaque année. Pour la sécurité de ses salariés, l'entreprise pharmaceutique qui m'emploie fournit des véhicules équipés des dernières options comme les Airbags dans les dossiers, etc. Dans ce type de voiture, j'avais des douleurs. Je connaissais le problème des champs magnétiques car j'avais été, par le passé, exposé à une antenne relais. J'ai donc fait des mesures dans la voiture et j'ai trouvé plus de 2  $\mu\text{T}$  sur la banquette arrière. J'ai autour de moi des collègues visiteuses médicales qui souffrent d'insomnies et qui n'arrivent pas à avoir d'enfants. Elles passent la plupart de leur journée au volant de véhicules dotés des dernières options. J'ai beau expliquer que les champs magnétiques sont peut-être responsables de leurs problèmes, c'est un sujet tabou dont elles ne veulent pas parler* » !

Si personne ne peut se passer de l'électricité, encore faut-il savoir l'utiliser et la maîtriser sans ignorer les risques qu'elle engendre.

## 2 – Vingt ans d'études en laboratoire :

Impossible de citer toutes les études réalisées en laboratoire sur les effets biologiques des champs électromagnétiques d'extrêmement basse fréquence : outre le fait que leur nombre avoisine aujourd'hui – depuis les premières entreprises il y a 20 ans – la centaine, la plupart sont réfutées par certains scientifiques. Ces derniers s'acharnent à démontrer qu'elles sont difficilement reproductibles ou que les modèles animaux (souris, rats, mouches ou embryons de poulet) sur lesquelles elles reposent présentent une résistance aux rayonnements en cause bien moindre que celles des êtres humains.

Ces études scientifiques ont mis en évidence chez les animaux des problèmes de perméabilité de la membrane cellulaire, de dysrégulation et/ou de multiplication cellulaire, différentes perturbations des réponses immunitaires et des modifications immunologiques. Sans oublier la promotion tumorale ou la carcinogenèse par étapes.

Trois études sont éloquentes. La première, menée aux Etats-Unis, a porté sur 1000 femmes enceintes et fait la démonstration qu'une exposition brève à un champ magnétique relativement faible – 1,6 microtesla ( $\mu\text{T}$ ) – suffit à doubler les risques de fausses couches avant dix semaines. Fait troublant,

entre 1995 et 1999, une augmentation de 10% par an du nombre de fausses couches en France. Une augmentation sans explication officielle et qui mériterait une étude spécifique pour établir s'il existe un parallèle avec l'augmentation des pollutions magnétiques.

La deuxième étude vient du Centre international de recherche sur le cancer et met en garde contre **les risques de leucémie chez l'enfant**. Là, **une exposition prolongée et régulière (5 heures) à moins de 1 m d'un écran d'ordinateur pourrait suffire**. Un exemple qui doit faire réfléchir les parents de gamins accros aux jeux vidéos !

La troisième s'appuie sur deux expériences simples où des salariés exposés à des champs magnétiques moyens (de 0,4 à 12 $\mu$ T) ont vu leur système immunitaire s'effondrer avant de redevenir normal après un déménagement.

Quant à notre environnement professionnel et domestique, le bilan est inquiétant puisque nous sommes au-delà des limites préconisées par les Suédois (0,2 $\mu$ T).

#### A – Pics et fausses couches :

**En croisant quelques instants seulement un champ magnétique élevé, les femmes enceintes ont deux fois plus de risques de faire une fausse couche.**

Publiée en **janvier 2002**, l'étude du docteur **De-Kun Li**, épidémiologiste au Kaiser Foundation Research Institute (Oakland, Californie), jette un nouveau pavé dans la mare. Menée entre 1996 et 1999, cette étude a consisté à mesurer si la pollution magnétique présente dans notre environnement pouvait, ou non, avoir une incidence sur les grossesses.

Mille femmes américaines ont ainsi été invitées à porter durant 24 heures un dosimètre, appareil miniature capable d'enregistrer les niveaux de champs magnétiques auxquels elles étaient exposées tout au long de la journée. **Conclusion de l'étude en janvier 2002** : parmi celles qui ont croisé, ne serait-ce que quelques instants durant leur journée de test, un champ magnétique d'intensité supérieure ou égale à 1,6  $\mu$ T, on a relevé deux fois plus de fausses couches que chez celles qui n'avaient pas été exposées à cette intensité, avec un risque accru durant les dix premières semaines de la grossesse. L'étude a aussi noté 20,5% de fausses couches chez les femmes exposées régulièrement à des champs supérieurs ou égaux à 1,6 $\mu$ T, contre 8,2% chez celles soumises régulièrement à des champs inférieurs à 1,6 $\mu$ T. « Durant l'étude, chaque femme devait tenir un journal de bord, raconte le Dr. Li. Et indiquer l'environnement dans lequel elle se trouvait durant la journée de mesure : à la maison et au lit, à la maison mais pas au lit, au travail, en transport en commun, ou ailleurs. Nous n'avions pas pour objectif d'établir précisément la source des pollutions magnétiques qu'elles rencontraient. Mais nos résultats ont montré qu'à part au lit, les femmes avaient exactement les mêmes chances de croiser un champ de 1,6  $\mu$ T d'intensité dans n'importe lequel des quatre autres environnements définis par nous ».

En démontrant les effets des pics de champs magnétiques sur la grossesse, cette étude remet en question la notion d'exposition chronique ramenée à une moyenne sur 24 heures utilisée dans toutes les études épidémiologiques sur les leucémies infantiles.

Une étude sur 1000 femmes enceintes - Le chiffre seuil : 1,6  $\mu$ T - L'équivalent : un champ émis par un radio-réveil à 30 cm de la tête

#### B – Risques de leucémies :

Exposés régulièrement à des champs magnétiques faibles, les enfants voient augmenter de façon significative la possibilité de développer une leucémie avant 15 ans.

**Juin 2001** : Après 10 ans d'études épidémiologiques, le Centre international de recherche sur le cancer (Circ) pousse enfin l'Organisation mondiale de la santé (OMS) à revoir la position des extrêmement basses fréquences (ELF : Extremely Low Frequencies) dans son classement des substances et des ondes nocives. Considérées jusqu'alors comme « non cancérigènes », les ELF – de 1 à 100 kilohertz (kHz) – montent dans la catégorie 2b des produits « peut être cancérigènes ».

L'OMS se range ainsi du côté des scientifiques qui multiplient et croisent les études épidémiologiques sur la santé des populations les plus exposées aux champs magnétiques des basses

fréquences imputables à l'électricité (50-60 Hz). Qu'il s'agisse des conducteurs de train électrique, des employés de compagnie d'électricité ou des riverains de ligne à haute tension, quinze ans d'études ont montré toute une liste de pathologies chez les sujets les plus exposés à ces champs magnétiques. Pour pousser l'OMS à prendre sa décision, le Circ s'est fondé notamment sur une méta-analyse des différentes études européennes concernant les enfants vivant à proximité de lignes à haute tension. **Il ressort qu'exposés en moyenne sur 24 heures à des champs magnétiques à partir de 0,4µT, les enfants voient augmenter de façon significative leurs risques de développer une leucémie avant l'âge de 15 ans.**

S'apparentant à un « principe de précaution », la décision de l'OMS est assortie de la mise en chantier de différentes études pour confirmer, ou non, les effets biologiques délétères des extrêmement basses fréquences. En interrogeant sur Internet la base de données des études médicales de l'OMS, on en découvre un peu plus de 25 sur le sujet, suivies de la mention « en cours » et de premiers résultats prévus pour 2003-2004. Ces études sont pour certaines épidémiologiques, pour d'autres expérimentales. Surprenant quand on sait qu'en dix ans, plus d'une cinquantaine d'études internationales ont prouvé en laboratoire l'existence d'effets biologiques délétères sur les animaux. Ces travaux ont été réfutés par les scientifiques officiels, faisant valoir que les organismes vivants ne sont pas tous également résistants. Et qu'un effet biologique mesuré sur une souris n'est pas forcément le même chez l'homme. Devrions nous en conclure la même chose pour les vaccins et les médicaments !!! (ndlr).

Une exposition prolongée à 0,4 µT - L'équivalent : un champ émis par un écran d'ordinateur.

#### C – Baisse des défenses immunitaires :

Une étude récente montre que travailler dans un environnement magnétique provoque un effondrement du système immunitaire. Il suffit de déplacer les salariés pour que leurs analyses redeviennent normales. Les Dr. Laurence Bonhomme-Faivre et Frédérique Szabazson, ont mesuré les paramètres immunologiques de personnes exposées durant trois mois à des champs magnétiques variant de 0,4 à 12 µT provenant d'un transformateur. Les lymphocytes totaux, les CD8 (cellules de l'immunité) et les NK (« natural killer ») de ces personnes présentaient des valeurs inférieures à celles des normes du laboratoire. Cette étude confirme un premier travail réalisé en 1998, où nous avons décrit des problèmes hématologiques et immunologiques chez des sujets exposés dans les mêmes conditions comparativement à une population témoin. Dans les deux études, ces personnes ont été soustraites de l'exposition. Ultérieurement, de nouveaux prélèvements ont permis de constater que leurs paramètres immunitaires avaient significativement remonté : ce qui va dans le sens d'une imputabilité de l'effet à l'exposition. Des études complémentaires seront nécessaires pour confirmer ces observations. **Plusieurs publications montrent que les champs électromagnétiques peuvent entraîner une diminution des défenses immunitaires, ce qui peut être un des mécanismes qui concourent à l'augmentation de cancers.**

#### D – Autres... :

Que disent exactement les expériences en laboratoire ? Des animaux (le plus souvent des rats ou des souris) reçoivent des rayonnements soigneusement calibrés, en même temps que des groupes témoins qu'on place exactement dans les mêmes conditions, sauf que les générateurs ne sont pas branchés. Ensuite, on peut faire tous les tests possibles pour voir si les animaux irradiés présentent des symptômes particuliers.

En théorie cette méthode est rigoureuse et fiable. En pratique, c'est beaucoup moins évident. Les animaux n'ont pas les mêmes caractéristiques ni la même sensibilité que les humains par rapport aux champs – les rongeurs, par exemple, seraient dix à vingt fois moins affectés que nous par les courants induits. Il faut donc administrer des puissances plus fortes, ce qui ne fait pas toujours appel aux mêmes mécanismes et rend délicates les comparaisons. Par ailleurs, les expositions en laboratoire ne sont pas forcément équivalentes à ce que les hommes rencontrent chez eux ou au travail. Au laboratoire, on crée les champs les plus « propres » possibles – uniformes, réguliers, faciles à mesurer, ou en jargon professionnel, sinusoïdaux. Alors que dans l'environnement les champs sont multiples et varient

constamment, ce qui contribue peut-être aux effets nocifs. Bref, il ne faut pas compter sur les expériences animales pour connaître le fin mot de l'histoire. Mais elles fournissent des indices, dans un sens ou dans l'autre, soit pour rendre plausible un effet constaté sur l'homme, soit au contraire pour jeter le doute.

Voici les constatations qui ont été faites chez nos cousins les rats, les souris, les cochons d'Inde, les chiens, les singes, les porcs, les moutons, les hamsters, les lapins, les grenouilles, les escargots, les salamandres...

**Comportement et système nerveux.** Des tests de mémorisation ou de temps de réaction, sur des singes, indiquent un ralentissement. Des rythmes du cerveau captés par l'électroencéphalogramme sont modifiés – plutôt accélérés pendant les premières semaines, puis ralentis au bout de deux mois. Toujours chez le singe, on voit des troubles du rythme circadien et de l'alternance veille-sommeil.

**Neurotransmetteurs.** Ces messagers chimiques du cerveau, chez le singe ou le rat, subissent des réductions de 20 à 30%. On l'a constaté sur un grand nombre de ces molécules, à commencer par les plus usuelles (dopamine, sérotonine, acétylcholine). On voit aussi certains taux augmenter après une exposition courte.

**Cœur et système vasculaire.** On mesure des accélérations cardiaques chez le singe, le rat, le pigeon ou la grenouille.

**Sang et système immunitaire.** Sur les rats et les souris, on trouve souvent des baisses de globules rouges et de globules blancs (lymphocytes, leucocytes, monocytes, éosinophiles, polynucléaires neutrophiles).

**Hormones.** On observe des dérèglements de plusieurs hormones, notamment une augmentation des hormones liées au stress comme l'ACTH et la corticotropine.

**Développement embryonnaire.** L'exposition permanente d'œufs de poule pendant toute la gestation a donné, dans une expérience espagnole très controversée, jusqu'à 80% de malformations sur les embryons. Le même protocole, à proximité d'un écran d'ordinateur, fait augmenter d'environ 50% la proportion de foetus mort-nés.

**Reproduction.** Des porcs exposés croisés avec des porcs non exposés donnent, à la troisième génération, un poids moyen inférieur et plus de malformations congénitales. Une étude sur 7 générations de rats montre une augmentation des avortements spontanés et des malformations, et une diminution du nombre de petits par portée. Des souris exposées ont des problèmes ovariens menant à la stérilité.

**Cancer.** Chez des souris et des rats, on voit parfois une augmentation des lymphomes, des tumeurs mammaires (chimiquement induites) ou des cancers de la peau (chimiques ou greffés).

**Gènes et ADN.** Toujours chez le rat et la souris, quelques expériences montrent des dégâts génétiques visibles, des cellules aux noyaux rétrécis (« micronoyaux »), des ruptures des brins d'ADN.

Une autre approche en laboratoire consiste à irradier non pas des êtres vivants mais des cellules prélevées ou des micro-organismes, cultivés dans des petites soucoupes transparentes qu'on appelle boîtes de Pétri. L'avantage est qu'on peut obtenir des résultats rapides et facilement quantifiables. L'inconvénient est qu'il est difficile de passer de l'échelle cellulaire à celle de l'organisme entier, notamment pour prédire un problème de santé. Parmi les milliers de réactions possibles, on a retenu surtout celles qui pourraient intervenir dans la cancérisation des cellules – donc les mécanismes qui augmentent la prolifération, inhibent la différenciation, perturbent l'expression de certains gènes et les voies de transduction des signaux. On a cherché des protéines qui signalent l'activation de gènes liés au cancer. On a aussi tenté de voir directement des mutations génétiques, et notamment les cassures des brins d'ADN. Et on a testé la capacité des cellules à réparer leur ADN après une agression. Dans toutes ces directions, **une partie des recherches a mis en évidence des processus de cancérisation, avec une relation entre la dose et l'effet – les effets sont plus importants quand les intensités sont plus fortes.**

Enfin, il existe quelques expériences sur l'homme. Les études sur les volontaires humains se déroulent nécessairement à court terme, quelques heures, parfois une semaine ou deux, et c'est leur principale limite. Si, comme on peut le supposer d'après les données de l'épidémiologie, les problèmes de santé surviennent après des expositions répétées et prolongées sur des mois ou des années, ces expériences de laboratoire ne permettent guère de trancher sur la question des risques. Elles peuvent néanmoins apporter des éléments. Voici la liste de symptômes qu'on a pu obtenir sur des humains en laboratoire : désynchronisation et raccourcissement du rythme circadien, diminution des performances intellectuelles, modifications de l'électroencéphalogramme, trouble du sommeil, baisse de la production de mélatonine par la glande pinéale, augmentation des oestrogènes chez les femmes, diminution de la testostérone, chez les hommes, ralentissement du rythme cardiaque et arythmie.

#### E – Une hormone sous surveillance : la mélatonine

**1987** : d'après **Richard Stevens**, un chercheur du Pacific Northwest National Laboratory dans l'Etat de Washington, nous possédons, dans l'endroit le plus profond et le plus protégé du cerveau la glande pinéale qui, malgré sa petite taille, voit passer le plus important flux sanguin de l'organisme, ex æquo avec les reins. La glande pinéale sécrète plusieurs hormones, en suivant des rythmes diurnes et nocturnes. Parmi ces hormones, il y a la mélatonine, produite uniquement pendant la nuit et dans l'obscurité. Certains la considèrent comme une régulatrice du sommeil, et elle peut être prescrite pour combattre les effets du décalage horaire après de longs trajets aériens. Mais, avant tout, la mélatonine semble une substance protectrice contre les cancers hormono-dépendants (cancers du sein, de l'utérus, des ovaires, des testicules, de la prostate). Elle **protège** par une double action : **préventive** comme anti-oxydant et piège à radicaux libres, ce qui protège l'ADN des substances toxiques, et **curative** par une action inhibitrice sur certaines tumeurs. Or, dans les pays développés, on constate à la fois une baisse générale des niveaux de mélatonine et une augmentation des cancers hormono-dépendants. Le rythme circadien de la mélatonine, avec son pic au cœur de la nuit, semble particulièrement lié à la lumière. On a donc incriminé un changement de notre environnement lumineux. Nous avons désormais des éclairages artificiels la nuit et une luminosité artificielle le jour. Mais des recherches montrent que les champs électromagnétiques de 50 à 60 hertz auraient également une action sur la glande pinéale et la mélatonine.

Une synthèse de ses travaux présentée par le **rapport RAPID** fait état de 11 études sur la mélatonine chez des volontaires humains, qui, prises ensemble, donnent de façon consistante une réduction, alors que toutes les autres analyses de sang humain citées dans ce rapport n'ont donné aucune différence concernant les hormones. **En 1998, Scott Davis**, du Fred Hutchison Cancer Research Center à Seattle, étudie deux cents femmes munies d'un détecteur portable de champs magnétiques, ainsi que de détecteurs installés dans leur chambre à coucher. **Un doublement du champ magnétique pendant la nuit entraîne une baisse de 8% de la mélatonine mesurée dans l'urine, un triplement provoque une réduction de 15%.**

**1997** : **Robert Liburdy**, au laboratoire national Lawrence Berkeley, montre qu'un champ magnétique de 60 hertz à une puissance de 12 milligauss inhibe l'action anticancéreuse de la mélatonine et aussi de plusieurs médicaments comme le tamoxifen. Ce serait dû à une désensibilisation des cellules, en d'autres termes à un blocage des récepteurs de la mélatonine situés sur leur membrane. Bref, l'hypothèse de l'action des champs sur la mélatonine gagne du terrain même si on ne connaît pas le mécanisme exact de cette influence.

#### F – Le domaine clinique :

Parallèlement aux différentes études de laboratoire, l'angle d'étude qui permet aujourd'hui de se faire la meilleure opinion est aussi celui que la science a le plus de mal à manipuler, quand elle ne refuse pas carrément d'en tenir compte. Il s'agit de l'examen de cas individuels, de familles ou de petits groupes très ciblés. En médecine, on appelle ça le domaine clinique, et les observations qu'on y fait sont souvent précieuses. Ici, on parlera plutôt d'enquêtes sur cas-témoins.

##### ● **Premier exemple :**

Une visite de la médecine du travail découvre chez une femme de 47 ans des troubles du rythme

cardiaque qu'elle n'avait pas l'année précédente. Les examens complets ne trouvent aucune cause. Puis le médecin fait le rapprochement avec le nouveau bureau qu'elle occupe depuis neuf mois, où elle se plaint que l'écran d'ordinateur scintille et fluctue jusqu'à donner le mal de mer. On s'aperçoit alors que le bureau est situé au-dessus de 2 transformateurs, on mesure les champs magnétiques dans le bureau, on trouve 230 milligauss, avec des pics à 315 milligauss. Il a suffi que la patiente change de bureau pour que les troubles cessent, en quelques mois. Pour le transformateur, on a refait le câblage et posé une plaque de blindage, les champs ont été réduits de 20 fois. Cette affaire a été suivie par le médecin du travail **Dr. Suzanne Deoux**, consultante en santé environnementale, appartenant à un corps de métier récent, encore peu représenté, celui des experts indépendants spécialisés dans les effets de l'électromagnétisme.

- **Deuxième exemple :**

**Laurence Bonhomme-Faivre**, chef de service à l'hôpital Paul-Brousse à Villejuif constate que les transformateurs, les groupes électrogènes et les câblages haute tension dans les sous-sols de l'hôpital dégagent dans les pièces au-dessus des moyennes de 12 à 66 milligauss au niveau du sol, 3 à 15 milligauss à hauteur d'homme. Elle peut donc étudier 13 personnes qui passent plus de 8 heures par jour dans cet endroit, et 13 témoins du même service travaillant dans d'autres locaux. Les analyses de sang montrent, pour le groupe exposé, des baisses de plusieurs types de cellules immunitaires. La même zone a été mise à profit pour étudier des souris, et on a vu chez certains animaux des baisses de globules rouges ou de leucocytes. Les résultats ont été publiés dans les revues *Environment Health et Life Sciences* en 1998.

- **Troisième exemple : Coutiches**

Après l'installation d'une ligne à haute tension à Coutiches, les habitants ont ressenti divers troubles de santé. EDF a racheté une partie du village. Tout en niant sa responsabilité.

Coutiches, village du nord de la France. Fin des années 80, EDF décide d'y installer une ligne à haute tension. L'ambiance est électrique ! Deux fois 400 000 volts vont surplomber certaines maisons. Malgré les protestations et la mobilisation des habitants, la ligne est installée. **Dès 1991**, un protocole d'accord entre la municipalité et EDF crée deux commissions, l'une pour la mesure des niveaux de champs, l'autre pour le suivi médical, sous la direction du **Pr. Paul Pèlerin** à Lille. « *D'importantes dispositions pour une ligne qui n'était pas censée poser de problèmes* » se souvient *Jean-Marie Provincial*, un ancien habitant de la commune ! Or, « *15 jours après la mise en marche, des maux de tête sont apparus. Puis, l'herpès, l'eczéma, j'ai même eu un zona* », se souvient *JM Provincial*. *Sans compter la fatigue chronique et les réveils nocturnes* ».

**En 1994**, lors d'un colloque à l'Assemblée nationale, le rapport du Pr. Pèlerin fait état d'hypernervosité, de vertiges, de nausées, d'hypotension, de troubles visuels et surtout d'insomnies, qui touchent particulièrement les enfants. Tous ces troubles disparaissent dès que les résidents passent quelques jours loin de chez eux, et, lorsque les enfants vont dormir une nuit ailleurs, leur sommeil est normal. **Quant aux bilans sanguins, ils montrent chez 30% des sujets une carence en fer.** **En 1999**, toujours devant l'Assemblée Nationale, une équipe de l'hôpital Saint-Vincent à Lille, dirigée par **Eric Hachulla**, présente une étude précise et régulière chez 91 habitants de Coutiches vivant à moins de 200 mètres des lignes, avec des tests comparatifs sur une population témoin vivant un peu plus loin. L'étude est publiée en 2000 dans *l'European Journal of Internal Medicine*. Les résultats montrent un profil sanguin singulier, inconnu de la médecine, une « **pseudo carence en fer** ». On parle de pseudo carence car l'organisme ne manque pas réellement de fer, mais le sang en exhibe tous les signes habituels. Bref, le métabolisme du fer a été bizarrement modifié et emprunte des voies détournées, chaotiques, sans qu'on puisse dire si le phénomène est dangereux pour la santé à long terme.

Quatre habitants de Coutiches dont Jean Marie Provincial décident de pousser plus loin l'investigation médicale : « *Nous sommes allés au CHU de Lille faire des examens. Un myélogramme a mis en évidence une surcharge en fer dans les cellules de la moelle osseuse. En revanche, une scintigraphie a révélé que des organes de réserve, comme le foie et la rate, n'avaient plus de stock en fer. Nous ne souffrions pas d'une carence mais d'une mauvaise répartition du fer dans l'organisme* ».

Des résultats qui mènent Jean-Marie Provincial à s'interroger sur un voisin décédé en 1992. « *Malgré ses 91 ans, c'était un homme en pleine santé qui n'hésitait pas à prendre sa voiture pour rendre visite à ses enfants à 50 km d'ici. Il vivait 24h/24 sous la ligne, que ce soit dans son jardin ou sa maison. Lorsqu'il montait se coucher, il était à peine à 15 mètres des conducteurs. Plus tard, j'ai su par un médecin du CHU de Lille qu'il était mort d'un myélome, une tumeur de la moelle osseuse* ». Jean-Marie Provincial poursuit : « *En 1994, la compagnie d'électricité de l'Ontario, Hydro Québec et EDF ont publié une étude épidémiologique conjointe sur le risque de cancers liés à l'exposition professionnelle aux champs magnétiques de très basses fréquences entre 1970 et 1989. Une des conclusions de cette étude : les employés dont l'exposition cumulée aux champs magnétiques était supérieure à la médiane (3,1 microtesla multipliés par le nombre d'années) avaient un risque accru de leucémie myéloïde aiguë. Etonnant !* »

Las de ne pas être entendues, 21 familles quittent Coutiches. Les problèmes de peau, les sommeils perturbés, les carences en fer : c'est bien finis pour eux ! Mais aujourd'hui de nouveaux habitants vivent à Coutiches. Attrait de la vie rurale ? Pas vraiment ! Les maisons rachetées par EDF ont d'abord été mises à la disposition des salariés de la compagnie. Des employés ont été engagés pour entretenir les pelouses des maisons inoccupées... il ne fallait surtout pas montrer que la zone était vide. Puis il y a eu la revente à des prix défiant toute concurrence. Des maisons proposées au tiers de leur valeur, de quoi faire abstraction de la triste vue d'une ligne à haute tension. Pour ce qui est des bilans de santé, nul ne semble s'en plaindre. « *Les bilans sanguins ont été arrêtés. Selon le laboratoire, EDF ne payait plus les analyses* » conclut Jean-Marie Provincial. Oublié le principe de précaution et la politique d'enterrement des lignes prônée par EDF. Treize ans après, rien n'est réglé !

En tout cas, c'est la première fois qu'on tient un effet biologique bien caractérisé sur toute une population vivant sous les lignes. Les auteurs signalent le même profil sanguin chez les habitants d'un autre village du nord de la France surplombé par des lignes, Bollezele.

### **Téléphones portables et antennes relais**

« *Sans mon téléphone, je ne suis pas bien* » déclare Lidia, 15 ans ; « *J'envoie 10 à 20 textos par jour, mon portable fait partie de moi. Comme un bijou fétiche, je ne peux m'en séparer. Le mien est nouveau, je vais l'équiper d'un sticker clignotant et d'une coque rouge, la couleur de mes portables. Photos, jeux, agenda et Internet me servent plus que la fonction téléphone, et je préfère les textos aux appels. J'en envoie 10 à 20 par jour. Une conversation, une engueulade, ça chiffre vite !* » déclare à son tour Leyla, 24 ans ! Dans ce magazine pour les jeunes, on trouve même un test pour savoir : « *Comment es-tu avec ton portable ?* » De quoi rêver ! En France, 9 jeunes sur 10 n'imaginent plus le monde sans portable ! 64% des 11-19 ans en possèdent un, et ce chiffre grimpe même à 88% chez les 17-19 ans. En bonnes pipelettes, les filles sont à 10% plus équipées que les garçons, mais tous craquent pour la personnalisation : 64% ont déjà téléchargé une sonnerie, 54% un logo et quatre sur dix se sont offert une nouvelle façade !

Le portable est devenu la nouvelle drogue de l'an 2000 ! On peut pratiquement tout lui demander (à tel point qu'on en oublierait presque sa fonction première !) : on envoie des photos, de la musique, on écrit des SMS, on télécharge des jeux... Bref, un outil vraiment performant, voire indispensable ! Seulement voilà, tout n'est pas si rose !

La terre se couvre de stations émettrices relais destinées au fonctionnement des téléphones mobiles cellulaires. Le nombre de ces derniers est en constante augmentation : on estime qu'il y avait 100 millions d'abonnés au téléphone mobile cellulaire dans le monde en 1996 dont 1,5 million en France. Il est prévu, pour l'an 2000, 240 millions d'abonnés sur terre, dont 5 millions en France.

Les téléphones mobiles cellulaires et leurs stations relais émettent des **ondes électromagnétiques**, essentiellement des **hyperfréquences** (ou **micro-ondes**) à des fréquences de 900 Mégahertz, 1 800 Mégahertz et 2 000 MHz voire plus, à court terme. Ces fréquences sont proches de celles du four à micro-ondes qui, lui, émet en 2 450 Mégahertz. Certes la puissance des rayonnements hyperfréquences générés est différente :

- 500 à 1 000 Watts pour le four à micro-ondes,

- 1 à 2 Watts pour les téléphones mobiles cellulaires portables,
- 7 à 8 Watts pour les téléphones mobiles cellulaires de voiture,
- Plusieurs dizaines de Watts pour les stations relais.

Dans le four à micro-ondes, des sécurités, visant à empêcher la sortie des ondes hyperfréquences de l'enceinte du four, sont prévues (*j'ai déjà largement abordé le problème des fours à micro-ondes dans le journal HS d'ABS 31 n° 20*).

Ceci n'est pas le cas des téléphones mobiles cellulaires qui émettent leur rayonnement hyperfréquence **directement au contact de la tête de l'utilisateur** (exposition en « *champ proche* »). Selon des études récentes, les téléphones mobiles cellulaires de type digital **émettent également des extrêmement basses fréquences (ELF)** à des niveaux élevés, ELF dont on connaît par ailleurs les risques pour la *santé* (*puisque nous les avons largement analysé dans le journal d'ABS 31 n° 22*).

La résolution n° 33-0280/92 du Parlement Européen constate que : « *Dans la bande de fréquences de 100 KHz à 300 GHz, il y a 50 ans, on mesurait à peine 10 Pico Watts par cm<sup>2</sup> dans nos pays. Actuellement et selon les endroits, des valeurs de 1 million à 100 millions de fois plus élevées sont mesurées, du fait de l'explosion des télécommunications. Dans la fréquence micro-ondes, le développement de l'usage du téléphone mobile cellulaire qui nécessite l'installation de réseaux importants d'antennes de transmission sur tout le territoire des pays industrialisés, va certainement augmenter l'exposition* ».

Les études scientifiques qui mettent en évidence les effets nocifs de ces appareils sur le cerveau se multiplient. Contrairement à ce qui se passe dans les pays anglo-saxons où la méfiance vis-à-vis de la téléphonie mobile est très forte (si les possesseurs de portables y sont plus nombreux, ils en font un usage modéré), en France, le public et les médias s'en tiennent généralement à ce que disent les fabricants, à savoir que les téléphones cellulaires sont totalement inoffensifs. Qu'en est-il exactement ? Nous allons essayer d'apporter des précisions sur les hyperfréquences (ou micro-ondes) en général, sur les téléphones mobiles cellulaires et leurs stations relais, en particulier.

## I – RAPPEL DE QUELQUES NOTIONS FONDAMENTALES :

### 1 – Généralités :

**Les hyperfréquences sont des radiations non ionisantes** (c'est-à-dire qu'elles ne provoquent pas de rupture des liaisons à l'intérieur des molécules) faisant partie du spectre électromagnétique et plus précisément des radiofréquences (*figure 1*). Comme toutes les ondes électromagnétiques, elles se caractérisent par :

- **Leur fréquence (F)** exprimée en Hertz (Hz : 1 Hz = 1 oscillation par seconde) ou en unités plus élevées, le Kiloherz (1 KHz = 10 puissance 3 Hz), le Mégahertz (1 MHz = 10 puissance 6 Hz) et le Gigahertz (1 GHz = 10 puissance 9 Hz). Les hyperfréquences vont des fréquences de 300 MHz à 300 GHz.

#### - Leur longueur d'onde :

\* Pour le four domestique à micro-ondes, la fréquence en France est de 2 450 MHz (2,45 GHz), à laquelle correspond une longueur d'onde de 12,2 cm.

\* Pour les téléphones mobiles cellulaires fonctionnant en 900 MHz, la longueur d'onde est de 33,3 cm ; elle est de 16,6 cm pour les téléphones mobiles cellulaires qui émettent en 1 800 MHz.

Les micro-ondes peuvent être émises en continu (CW), en pulsé (PW) et être modulées en amplitude (AM) et (ou) en fréquence (FM).

### 2 – Notion d'exposition en champ proche et en champ lointain :

Schématiquement, l'exposition d'un sujet est dite en « **champ proche** » lorsque la source émettrice de l'onde hyperfréquence est à une distance inférieure à une longueur d'onde et en « **champ lointain** » lorsque la distance est supérieure à une longueur d'onde.

### Exemples :

Pour le **courant électrique** de fréquence 50 Hz, la longueur d'onde est de 6 000 km, dans ce cas, **l'exposition est en « champ proche »** car le sujet est toujours à moins d'une longueur d'onde d'une source émettrice.

- Dans le cas du **four domestique à micro-onde**, dont la longueur d'onde est de 12,2 cm, c'est-à-dire au delà de cette distance que le sujet est exposé en « **champ lointain** ».

- Dans le cas des **téléphones mobiles cellulaires**, l'exposition est en « **champ proche** » dans un rayon de 33,3 cm pour ceux qui fonctionnent en 900 MHz, et dans un rayon de 16,6 cm pour ceux qui utilisent le 1 800 MHz.

- Enfin, **les stations relais des téléphones mobiles cellulaires** exposent les populations en « **champ lointain** » car les sujets se trouvent à des distances de plusieurs longueurs d'onde de la source émettrice. Les personnels de maintenance de ces équipements risquent, au contraire, une exposition en « **champ proche** ».

En fait, la notion de champ proche et de champ lointain est beaucoup plus complexe, mais nous ne rentrerons pas davantage dans le détail afin de ne pas compliquer davantage !

### **3 – Le taux d'absorption spécifique (TAS) :**

La mesure la plus répandue et la plus utile pour évaluer le rayonnement d'un portable s'appelle le **SAR**, *specific absorption rate*, en français *taux d'absorption spécifique* ou **TAS**. Comme son nom l'indique, elle donne, plutôt que la puissance d'émission, la quantité de radiations effectivement absorbée par les tissus humains à proximité du combiné téléphonique. Cette quantité dépend non seulement de la puissance, mais aussi de la façon dont l'antenne du portable est conçue et située, ce qui va influencer sur la partie du rayonnement émise en direction de l'oreille et du cerveau.

Les normes actuelles sur le SAR sont, dans la plupart des pays, des limitations volontaires pratiquées par les fabricants en accord avec les recommandations des organismes spécialisés, et non des règles obligatoires.

Dans le cas de l'exposition du corps entier (cas des populations exposées aux hyperfréquences des stations relais de téléphones mobiles cellulaires ou de stations de radio télévision), le TAS ne doit **pas dépasser 0,4 W/kg pour les travailleurs et 0,08 W/kg pour le public** et cela pour des intervalles de temps n'excédant pas 6 minutes

Pour une **irradiation locale (cas de la tête)**, le TAS a été fixé à 10 W/kg pour les travailleurs et à **2 W/kg pour le public** (ces valeurs correspondant à la moyenne pour chaque masse tissulaire de 10 g et à des intervalles de 6 minutes).

PS : Le TAS de 0,08 W/kg pour le corps entier peut être dépassé au niveau de certains tissus, tels que la joue et l'orbite (1,1 W/kg) chez les utilisateurs de téléphones mobiles cellulaires, tout en restant inférieur à la limite de 2 W/kg pour la tête.

Ces normes sont établies en se basant uniquement sur **l'effet thermique**, c'est-à-dire qu'elles nous garantissent que les ondes ne chaufferont pas nos tissus de plus d'un ou deux dixièmes de degré. Si, comme on peut le penser au vu de certaines recherches (citées ultérieurement), des effets nocifs sont à craindre à des niveaux inférieurs au seuil thermique et actuellement non déterminés, on aura intérêt, par mesure de précaution, à rechercher les **valeurs du SAR les plus basses possibles**. D'où l'utilité pour nous consommateurs, d'avoir accès à ces données.

**Que disent les mesures actuelles ?** A la fin de l'année 2000, une étude suisse donne une estimation du SAR pour 28 modèles de portables parmi les plus vendus en Europe. Les résultats de cette étude montrent que tous les appareils se situent dans les normes, mais qu'il existe des différences marquées d'un modèle à l'autre. Ces variations n'ont rien à voir avec les marques – chaque fabricant possède dans sa gamme des appareils plus ou moins performants – ni avec le modernisme – certains modèles parmi les plus récents sont aussi ceux qui émettent le plus de rayonnement.

Pour donner un ordre d'idées, dans l'échantillon étudié, les records du SAR le plus haut appartiennent aux téléphones Ericsson T28S (1,27), NEC DB 4000 (1,23), Siemens C35i et Nokia 6210 (ex aequo avec 1,19). On trouve les SAR les plus bas sur les modèles Motorola T2288 (0,54), Nokia 8890 (0,53), Trium Aria (0,48) et surtout Nokia 8850 (0,22).

Pour les **appareils digitaux**, le trophée du SAR le plus haut est attribué au Bosch GSM-908 (1,59), suivi par Philips Genie 900 (1,52) et Ericsson LX-588 (1,51), suivi par Phillips Genie 900 (1,52) et Ericsson LX-588 (1,51). Les modèles au SAR le plus bas sont Hagenuk (0,28), Qualcomm PDQ-1900 (0,26), et Motorola Startac 7860 ou Satellite (0,24).

#### **4 – Interactions des hyperfréquences avec la matière vivante :**

Une onde hyperfréquence (ou micro-onde) qui entre en contact avec un tissu vivant est susceptible de créer des **effets thermiques** et des **effets athermiques** ou « **spécifiques** ».

##### *A – Effets thermiques :*

Ils résultent de l'action de l'onde électromagnétique sur les molécules chargées électriquement et dont l'eau est le meilleur exemple. Les molécules d'eau présentes dans le tissu vont osciller à la fréquence de l'onde incidente, créant des frictions internes responsables de l'apparition de chaleur dans le tissu irradié.

L'échauffement sera plus ou moins étendu et intense selon la nature des tissus traversés par l'onde hyperfréquence et leur richesse en eau. Des tissus tels que la graisse, les os, à faible teneur en eau, sont plus facilement pénétrés par l'onde hyperfréquence que des tissus tels que les muscles ou la peau plus riches en eau.

Lorsque l'échauffement est le fait de la composante champ magnétique de l'onde hyperfréquence, on parle de **chauffage par induction** : c'est le cas des corps métalliques (prothèses, stérilets...) qui peuvent être échauffés par l'onde hyperfréquence. Il peut en résulter des points chauds pouvant être dangereux ou être la cause de dysfonctionnement d'appareils médicaux tels que les stimulateurs cardiaques, les pompes implantées délivrant des médicaments, les appareils de surveillance cardiaque...

Lorsque l'échauffement est le fait du champ électrique de l'onde hyperfréquence, on parle de chauffage par effet diélectrique : c'est ce chauffage **par effet diélectrique** qui est responsable, par exemple, de l'élévation de la température des aliments placés dans un four à micro-ondes domestique.

##### *B – Effets non thermiques ou spécifiques :*

Des effets biologiques sont rapportés pour de faibles, voire très faibles densités de puissances des hyperfréquences (inférieures à  $1\text{mW}/\text{cm}^2$ ). Pour certains scientifiques, ces effets résulteraient de faibles élévations de température dans les tissus irradiés, non décelables par les techniques actuelles.

Dans le cas des téléphones mobiles cellulaires et de leurs stations relais, ce sont ces effets non thermiques ou spécifiques qui sont à considérer.

#### **5 – Utilisation des hyperfréquences :**

Les hyperfréquences (ou micro-ondes) sont utilisées dans de nombreux domaines :

##### *A – Domaine industriel :*

Dans ce cas, le but souvent recherché est la production de haute température à l'intérieur de matériaux les plus divers : séchage de carreaux de plâtre, de pâte à papier, collage et séchage du carton, séchage des encres d'imprimerie, vulcanisation du caoutchouc, séchage des fibres textiles...

D'autres utilisations existent, telles que la détection électromagnétique (principe des radars), le transport de signaux par hyperfréquences (télécommunications, télévision...).

##### *B – Domaine domestique :*

Le four à micro-onde domestique (*voir journal d'ABS 31 HS n° 20*) : L'énergie transportée par les micro-ondes est abandonnée à l'intérieur même de l'aliment, ce qui réalise un chauffage à cœur

de l'intérieur vers l'extérieur, contrairement au chauffage traditionnel. L'augmentation de la température de l'aliment est d'autant plus rapide que sa teneur en eau est élevée. (voir figure 3)

### C – Domaine biomédical :

Les hyperfréquences sont utilisées pour :

- La lutte contre les parasites : désinsectisation des céréales infestées par les charançons, les acariens, stérilisation des bacs à sable afin de détruire les oeufs de vers parasites (taenia, ascaris...)

- Leur action favorable sur la germination des graines, la lutte contre certains cancers, par hyperthermie micro-ondes, tel le mélanome chez la souris ou en association avec d'autres traitements comme la chimiothérapie ou les rayons X ;

- Le traitement des méningiomes (*tumeur bénigne se développant au niveau des enveloppes du système nerveux central*) cérébraux ;

- L'accélération de la régénération des nerfs ;

- Les opérations de polypes de la vessie.

1 – Les micro-ondes atteignent les molécules d'eau des aliments

2 – Le champ magnétique aligne les molécules dans un sens...

3 - ... puis dans un autre. Ces mouvements brusques et répétés provoquent des frottements qui produisent la chaleur.

### \* La Chaleur des ondes :

Les ondes radio transportent de l'énergie selon une relation simple : plus elles sont courtes, plus l'énergie est grande. Ce qui explique le fort pouvoir calorifique des fours à micro-ondes.

### \* Agitation moléculaire :

Comme celui du radar, le cœur du four est constitué d'un magnétron qui produit des ondes électromagnétiques à la fréquence de 2450 MHz. On sait que l'eau est un excellent conducteur de l'électricité : chaque molécule d'eau présente une charge électrique et se comporte exactement comme une aiguille aimantée dans un champ électrique. Dans le four à micro-ondes, les molécules d'eau ne restent donc pas insensibles aux variations du champ magnétique dans lequel elles baignent. Chacune d'elles change de sens deux millions et demi de fois par seconde. Et comme les aliments en comptent 125 milliards de milliards par millimètre cube, cette formidable agitation moléculaire dégage suffisamment de chaleur pour provoquer la cuisson.

## **6 – Les téléphones mobiles :**

Les portables des années 1980 et du début des années 1990 étaient tous analogiques, ils émettaient en continu sur des fréquences d'environ 450 mégahertz et nécessitaient des puissances plus grandes. Aujourd'hui, les systèmes les plus répandus, comme le GSM qui domine en Europe, utilisent la transmission numérique ou digitale. Ils émettent sur des fréquences plus rapides, 900 mégahertz ou 1 800 mégahertz, ils ont besoin de moins de puissance en moyenne, mais plus dans les crêtes, et surtout leur signal possède une particularité nouvelle, il est modulé ou pulsé. L'information n'est pas transmise en continu mais en « paquets », avec des périodes d'émission et d'interruption, deux cent dix sept fois par seconde. Cette basse fréquence pulsée de 217 hertz est audible sous forme de grésillement quand on approche un téléphone portable d'une chaîne hi-fi ou d'un poste de radio. Et, selon certains chercheurs, elle serait particulièrement en cause dans les effets biologiques. Deux grandes catégories de **téléphones mobiles** cellulaires coexistent actuellement : le téléphone mobile cellulaire portable individuel et le téléphone de voiture. Ces téléphones peuvent être de **type numérique ou digital**. Leur **puissance d'émission** (puissance crête) est de **1 à 2 Watts** pour les portables et peut atteindre **8 Watts** pour les **téléphones de voiture**.

### A – Le téléphone sans fil :

Il est différent du téléphone mobile cellulaire, car il est relié à une unité centrale branchée sur

une ligne téléphonique classique. Sa portée maximale, c'est-à-dire la distance entre le combiné et l'unité centrale permettant de communiquer est de 200 à 400 m selon les obstacles rencontrés. Le téléphone sans fil a besoin d'une énergie plusieurs dizaines de fois plus faible (quelques mW) que celle nécessaire au téléphone mobile cellulaire (1 à 8 W) et il utilise soit des fréquences semblables à celles des téléphones mobiles cellulaires (1.880 à 1.900 MHz), soit des fréquences plus basses (49 ou 27 MHz). Il fonctionne, selon les modèles, soit en analogique soit en digital. Des valeurs fortes du champ électrique peuvent être mesurées sur certains appareils.

### 7 - Cas particulier des émetteurs de radio télévision :

Ce type d'émetteur génère dans l'environnement des ondes électromagnétiques de fréquences ultra courtes (VHF) de l'ordre de 30 MHz à 300 MHz et des fréquences plus élevées qui sont des hyperfréquences (UHF) de l'ordre de 1 GHz, il se caractérise par :

- Des hauteurs de tours plus importantes que celles des stations relais des téléphones mobiles cellulaires : 200 à 300 m contre quelques dizaines de mètres de haut ;

- Des densités de puissances d'émissions souvent plus élevées : plusieurs centaines de KW contre quelques dizaines de KW pour les stations relais de téléphones mobiles.

Ces émetteurs de télévision envoient dans l'environnement, comme les stations relais de téléphones mobiles, des hyperfréquences, mais sur des distances plus grandes (plusieurs dizaines de kilomètres).

## II – Les effets biologiques des hyperfréquences

Dans la deuxième moitié du XXème siècle, l'environnement de la planète connaît un grand bouleversement : les ondes radio ou radiofréquences, ou ondes hertziennes, ouvrent l'ère des télécommunications et entraînent une extraordinaire prolifération des rayonnements électromagnétiques. **Les ondes radio n'obéissent pas aux mêmes lois que les champs du réseau électrique. Non seulement elles voyagent beaucoup plus loin, mais elles transportent plus d'énergie et peuvent être absorbées par les tissus vivants.** Tout indique que leur action sur la santé devrait être plus marquée. C'est particulièrement le cas avec la partie extrême de ces ondes, composée des fréquences les plus rapides, les plus énergétiques, les plus pénétrantes : **les micro-ondes.**

On s'aperçoit très vite que les ondes radio interagissent avec la matière vivante, et dès le début du XXème siècle, on les utilise, à forte puissance, pour chauffer la peau, les muscles ou les organes, à des fins médicales. C'est ce qu'on baptise la « diathermie », toujours utilisée aujourd'hui. En fait, une onde transporte de l'énergie sous forme de champs électriques et magnétiques en oscillations très rapides. Plus ces oscillations sont rapides, c'est-à-dire plus la fréquence est haute (ou, en termes inverses, plus la longueur d'onde est courte), plus ces ondes sont énergétiques. La rencontre de cette énergie avec les êtres vivants se manifeste par le **phénomène de l'absorption** : l'énergie est captée par les tissus, surtout par les molécules d'eau qu'ils contiennent, et dissipée sous forme de chaleur. Pour les ondes relativement lentes (grandes ondes ou ondes longues, ondes moyennes), le phénomène n'a lieu qu'à de fortes puissances et très près de l'émetteur. Sinon, ces ondes se contentent de traverser le corps sans interagir. Mais pour les fréquences plus rapides (ondes courtes, ondes ultra-courtes, micro-ondes), l'absorption se produit à des puissances de plus en plus faibles.

nbsp; Dès 1934, *Joseph W. Shereschewsky* fait des expériences sur des souris et d'autres animaux et découvre que certaines fréquences sont mortelles (entre 18 à 66 mégahertz) par échauffement, mais d'autres fréquences, entre 900 et 100 mégahertz, semblent agir, par exemple sur les tumeurs, sans produire d'échauffement mesurable.

La grande question est donc posée, encore d'actualité aujourd'hui :

Les ondes agissent-elles sur les êtres vivants par le seul mécanisme de **l'effet thermique**, c'est-à-dire de l'échauffement, qui nécessite une puissance certaine, qu'on peut calculer, ou bien existe-t-il, à des puissances beaucoup plus faibles, des **effets « non thermiques »**, qui feraient alors appel à des mécanismes biologiques encore inconnus ?

### 1 - Premières études, premières constatations :

Les ondes électromagnétiques nous entourent en permanence sur une multitude de fréquences. Elles viennent des émetteurs de radio et de télévision, mais aussi des satellites, des radioamateurs, des CB, des talkies-walkies, des téléphones portables, etc. L'énergie véhiculée, bien que suffisante pour faire entendre des sons ou apparaître des images, une fois captée par le poste récepteur, ne semble pas assez puissante pour affecter les êtres vivants – c'est en tout cas l'avis des commissions de contrôle dans les pays occidentaux. Pourtant certaines études épidémiologiques mettent en évidence des phénomènes inquiétants au voisinage immédiat des émetteurs :

**Entre 1973 et 1988**, on constate une **augmentation des cancers et leucémies infantiles**, autour de la *tour Sutra*, un mât haut de 300 mètres érigé sur une colline, et qui abrite plusieurs émetteurs de radio et de télévision desservant San Francisco, Oakland et Berkeley. Or, autour de la tour Sutra, on a une zone de forte intensité dans un rayon de 1 km autour de l'émetteur. Puis les niveaux baissent, mais ils remontent entre deux et trois km, baissent à nouveau, remontent entre 4 km et demi et 5 km...

Lorsqu'on croise ces estimations avec les chiffres des cancers, on a d'un seul coup une corrélation très nette entre les puissances effectives et les taux de cancers !

**En 1944, à Hawaï**, près d'une tour radio, on trouve à nouveau un taux anormal de leucémies infantiles, multiplié par 2,09 (l'échantillon est très petit).

**En 1997, en Angleterre**, 7 cas de leucémies et de lymphomes sont signalés par l'hôpital principal de Birmingham – tous concernent des personnes habitant près de la *tour radio/TV* de Sutton Coldfield. **En janvier 2001**, une équipe fait état de l'augmentation de certains cancers, notamment des leucémies infantiles, toujours sur le même site.

**En Australie, de 1996 à 1998**, *Bruce Hocking*, alors directeur des études médicales chez **Telstra, l'opérateur public de télécommunications australien**, étudie la population de Sydney dans un rayon de 4 km autour de 3 hautes tours de télévision. Il constate une augmentation du nombre des leucémies infantiles, de l'ordre de 50%. Depuis, ce chercheur a perdu son emploi chez Telstra ! Son département a été purement et simplement supprimé. Hocking est devenu un expert indépendant, il a déclaré récemment devant une commission du Sénat australien que le taux de mortalité des enfants vivant près des tours, dix ans après le diagnostic de leucémie, est deux fois plus important que la moyenne nationale !

**A partir de 1995**, ce sont les plaintes des habitants qui attirent l'attention sur la *tour radio* de Schwarzenbourg, **en Suisse**, un vieil émetteur qui arrose toute l'Europe de programmes en ondes courtes. On ne fait pas d'études épidémiologiques mais des experts organisent un suivi médical des riverains. La principale conclusion concerne des troubles du sommeil, ainsi que des symptômes diffus regroupés sous le nom de « fatigue chronique », le tout nettement corrélé avec la densité de puissance... Tout est redevenu normal après la fermeture de l'émetteur.

**En mars 2001**, la très **puissante radio du Vatican** est mise en accusation par l'Etat italien et son bouillant ministre de l'Environnement, *Willer Bordon*. Le litige concerne les émetteurs de la radio catholique, une véritable forêt de tours métalliques plantées à proximité de Cesano, une petite ville de la banlieue romaine. Ils émettent en direction du monde entier, en 35 langues, sur ondes courtes et sur ondes moyennes. Or, une agence sanitaire locale a trouvé un nombre de leucémies infantiles anormalement élevé par rapport au reste de la population romaine. L'Italie a récemment adopté une loi qui fixe des limites de puissance plus strictes que partout ailleurs en Europe, et pourtant, les dernières mesures montrent qu'à Cesano, le soir, on peut atteindre plus de 3 fois le niveau autorisé ! Mais le Vatican est un Etat indépendant et n'est pas assujéti à la loi italienne ! Le ministre de l'Environnement a quand même trouvé la parade : il menace de couper immédiatement l'approvisionnement électrique des émetteurs si Radio Vatican ne se met pas en conformité ! En 2001, le premier ministre italien a tempéré l'ardeur de Willer Bordon en accordant un délai, le temps qu'une commission commune planche sur des solutions techniques !

Toujours **en Italie, en avril 2001**, un juge ordonne la fermeture de deux émetteurs installés sur les collines qui dominent Naples : le coupable c'est l'American Network Forces, qui assurait les

liaisons radio pour toutes les troupes américaines stationnées en Europe !

On a également mis en évidence des anomalies dans des études sur la santé à long terme des **radioamateurs** : l'Américain *Sam Milham*, dès 1988, trouvait dans cette population de passionnés un **taux accru de leucémies**. Et sur des techniciens de maintenance d'un émetteur en ondes moyennes, après une étude par questionnaires et des mesures en situation, le Polonais *Stanislas Szmigielki*, en 1998, a relevé une incidence accrue de divers troubles cardiaques, d'autant plus marquée que les doses reçues sont plus fortes.

Toutes ces études sont hélas trop peu nombreuses pour influencer le verdict des instances régulatrices. Les puissances mesurées dans toutes les recherches qui précèdent se situent bien au-dessous des limites considérées officiellement comme dangereuses. Donc ces résultats sont considérés comme erronés ou « non concluants ». Par ailleurs, le calcul des puissances rayonnées dans le voisinage d'un émetteur se révèle d'une redoutable complexité. Dans un rayon de 5 ou 6 km autour d'un émetteur puissant, on est dans ce qu'on appelle le **champ proche**, dont il est difficile de prédire les niveaux. Il faut tenir compte de la **puissance de la source électrique**, de la **hauteur des tours**, du **gain des antennes**, des **orientations** verticales et horizontales du faisceau ; de la **fréquence de l'onde porteuse**, etc. Certains éléments métalliques ou électriques peuvent réfléchir et parfois concentrer l'énergie rayonnée, des collines ou des immeubles peuvent faire obstacle. Bref, la distribution des puissances dans le champ proche n'est pas du tout uniforme dans l'espace, et les calculs se montrent souvent trompeurs. Seules les mesures sur le terrain donnent une idée de la réalité et elles peuvent révéler de grosses différences à quelques mètres de distance.

## 2 – Les Micro-ondes :

Les ondes hertziennes que nous venons de voir à l'oeuvre – ondes radio AM ou FM, bandes UHF et VHF de la télévision sont de la petite bière, en termes de pénétration dans les tissus vivants, par rapport aux micro-ondes qui, somme toute, sont d'apparition relativement récente ! Vers 1930, c'est la quête moderne de technologies permettant de transmettre des ondes de plus en plus courtes (donc des fréquences de plus en plus rapides), qu'on appellera des **micro-ondes**.

Comme elles sont réfléchies par les conducteurs électriques et les métaux, elles rendent possibles **l'invention du radar** : on envoie des faisceaux de micro-ondes intenses, compacts et très directionnels, sous forme de pulsations rapides. Si elles sont réfléchies par un obstacle, le temps qu'elles mettent à retourner vers l'émetteur donne la distance par rapport à l'obstacle. Pendant la Seconde guerre mondiale, cette technologie, qui permet la détection d'avions ennemis et le bombardement par temps couvert ou de nuit, donne un avantage certain aux Alliés. Durant toutes les années de guerre, les militaires demandent des micro-ondes de plus en plus performantes pour obtenir une meilleure précision, et les ingénieurs font des prouesses.

Les micro-ondes servent aussi aux **télécommunications**. *Bell* développe pour l'armée un réseau de relais téléphoniques. Après la guerre, pour les besoins civils, l'Amérique est vite quadrillée par des relais micro-ondes. Puis c'est l'essor des satellites et des systèmes de surveillance ou d'alarme. En 1945, la *compagnie américaine Raytheon*, qui domine le marché des émetteurs micro-ondes et des radars, dépose le **brevet du four à micro-ondes**, qui met à profit la capacité de la fréquence 2,45 gigahertz à chauffer les molécules d'eau. Les retombées concernent non seulement les ménages, mais aussi l'industrie, où les micro-ondes vont servir à toutes sortes d'opérations de chauffage, de séchage ou de synthèse chimique.

Mais **qu'en est-il des effets sur la santé ?** Pendant la guerre personne ne prend de précautions. Chez les soldats préposés au maniement des radars, on voit apparaître une sorte de folklore, comme quoi ces nouvelles ondes pourraient rendre stérile ou chauve. La rumeur de stérilité est si persistante que certains soldats utilisent le radar comme contraceptif – ils se font « traiter » en stationnant devant l'émetteur juste avant de sortir en ville. Curieusement, les statistiques vont confirmer que chez les enfants engendrés par des techniciens du radar, il y a nettement plus de filles que de garçons !

**En 1942, aux Etats-Unis**, la marine entreprend la **première étude sur les micro-ondes et la**

**santé** et ne trouve rien à signaler, sauf des symptômes jugés subjectifs comme la migraine, des douleurs aux yeux, des rougeurs au visage. Mais à l'époque, les techniciens sont exposés à de faibles puissances. A la fin de la guerre, les puissances ont été multipliées par cent, à tel point que les soldats s'en servent pour faire cuire des oeufs, griller du pop corn ou simplement se réchauffer autour des paraboles quand il gèle ! C'est d'ailleurs ces observations spontanées qui donneront à *Percy Spencer*, de Raytheon, l'idée du four à micro-ondes. Dans l'ensemble, l'effet d'échauffement est bien toléré par les tissus musculaires, qui réagissent par une augmentation de la circulation sanguine et par la transpiration. En revanche, c'est plus problématique sur des tissus faiblement vascularisés comme l'oeil ou les testicules. Depuis longtemps, les cataractes par échauffement sont connues dans des professions exposées à de fortes chaleurs, comme les souffleurs de verre. Mais quand on étudie l'effet des micro-ondes sur des yeux d'animaux, on ne provoque de problèmes graves qu'à de très fortes puissances, supérieures à celles des radars. Donc, on ne s'inquiète pas !

Au début des années 50, les avis varient considérablement quant à la dose maximum admissible. En 1957 et 1958, l'armée de terre, la marine, l'aviation adopte la « **limite de Schwan** » (physicien allemand), à savoir : densité de puissance de 10 milliwatts par centimètre carré. Pourtant, Schwan avait insisté sur le caractère très hypothétique et préliminaire de ces propositions de norme. Personne ne l'a écouté sur ce point.

nbsp; **En 1956, l'armée américaine** lance des recherches importantes pour tacher d'y voir plus clair : c'est le **programme Tri-Service** qui regroupe les trois corps (terre, mer, air) pour étudier l'effet sanitaire des micro-ondes. Il y aura des recherches en laboratoire et des conférences annuelles jusqu'en 1960. Or, dans un article paru en 1975, le *capitaine Paul Tyler* écrit que les animaux de laboratoire ont été systématiquement exposés à de très fortes puissances (plus de 100 milliwatts par centimètre carré), qu'on n'a fait pratiquement aucune recherche sur les faibles puissances, et que tout s'est arrêté en 1960 alors qu'il restait bien des questions sans réponse. « *Une atmosphère de complaisance s'est répandue sur ce pays* » dit-il pour caractériser cette période. Toujours est-il que la limite de Schwan est confirmée par le rapport final, elle va bientôt être adoptée par les quatorze pays de l'OTAN.

### **3 – Une histoire de science fiction !**

**En 1962**, et durant plusieurs années, l'ambassade américaine de Moscou a été soumise à un intense bombardement d'ondes électromagnétiques à hautes fréquences. L'utilisation de cette arme nouvelle, dont on ignorait alors les effets avait provoqué de simples protestations diplomatiques. **En 1966**, sous l'égide du DARPA, le Département des recherches avancées du ministère de la Défense, on institue secrètement le **projet Pandora** pour étudier les effets biologiques des micro-ondes moscovites et leurs applications militaires possibles. Les résultats resteront secrets pendant 10 ans. Des documents et des comptes rendus de réunions déclassifiés en 1977 montrent qu'on envisageait notamment **l'existence d'un effet non thermique (athermal)**, connu des Russes, **qui provoquerait des modifications comportementales, physiologiques et génétiques**. Ces résultats n'ont jamais été annoncés ! Or, on sait aujourd'hui que la moitié du personnel de l'ambassade a été touchée par de graves affections (cancers, leucémies, fausses couches...) et que les trois ambassades en poste à cette époque sont morts prématurément !... **Selon l'aveu même de Zbigniew Brzezinski, conseiller du président Carter, on apprend que le taux de cancer de l'ambassade de Moscou est un des plus élevés au monde !**

Comment savoir ce qui s'est vraiment passé et qu'elle fût la vraie raison de l'irradiation de l'ambassade américaine à Moscou ? Pour certains, c'est la conséquence des multiples systèmes d'écoute et de brouillage, combinés au rayonnement d'un puissant émetteur américain installé sur le toit. Pour d'autres, c'est une tentative délibérée de provoquer des nuisances soit que les employés américains aient fait office de cobayes pour de futures guerres électromagnétiques, soit qu'on ait cherché à affaiblir leur résistance nerveuse pour les empêcher de travailler efficacement, soit encore pour disposer d'un élément de chantage dans l'inévitable course aux armements modernes.

Toujours est-il que cette affaire permet de franchir une étape et provoque une prise de conscience internationale sur l'effet des micro-ondes. Un doute menace quant à la pertinence des

normes et des directives officielles sur le sujet. De nouvelles recherches vont voir le jour et permettre d'approfondir certaines données.

#### 4 – Des recherches : encore et toujours...

**A partir de 1958, en URSS et dans les pays satellites, la limite d'exposition du public, pour une longue durée, a été fixée à 10 microwatts par centimètre carré.** Elle a été déterminée à la suite d'une série de recherches. En fait, les Russes étudient les effets des ondes radio depuis 1933. Pendant la seconde guerre mondiale, ils ont pris au sérieux les plaintes des techniciens radar pour migraine, douleur oculaire ou fatigue anormale. Dans les années 1950, les études dans les entreprises et en laboratoire ont fait apparaître toute une batterie de symptômes provoqués par les micro-ondes, même à très faible intensité : d'abord sur le système nerveux ou neuro-végétatif – vertiges, irritabilité, dépression, facultés intellectuelles diminuées, pertes de mémoire, et même hallucinations ; puis sur le système cardio-vasculaire – douleurs au coeur, bradycardie (*ralentissement du rythme cardiaque*), variations de la pression sanguine – à tel point que **les médecins russes déconseillent aux personnes souffrant de troubles cardio-vasculaires de travailler dans les ondes radio et les radars.** On a aussi constaté des modifications dans la formule sanguine, notamment les taux de globules blancs, ainsi que des problèmes hormonaux et thyroïdiens (élargissement de la thyroïde), des cas de stérilité, des diminutions de la lactation, et un taux anormal de naissances de filles.

Evidemment, en Occident, on refuse d'y croire ! En juin 1967, le Congrès américain débat la première d'une série de lois sur les émissions des appareils électroniques et de télécommunications. Devant les commissions, des gradés de l'armée maintiennent que leurs limites de sécurité sont parfaitement au point. Seul un chercheur, *Charles Susskind*, mentionne les recherches russes et rapporte qu'en 1961, pour le compte de l'armée de l'air, il a étudié 200 souris irradiées par un émetteur radar. Les autopsies ont montré une dégénérescence des testicules chez 40% des mâles, et des cancers des globules blancs (leucose et leucémie) chez 35% des animaux. Curieusement, lors de ces mêmes auditions, *Herman Schwan*, l'inspirateur des normes extrêmement laxistes de l'époque, incite à la prudence. Il admet que sa norme a été « établie grossièrement » et « a sérieusement besoin d'être affinée ». Elle ne tient pas compte de la fréquence alors que certaines fréquences pénètrent plus profondément que d'autres dans les tissus vivants, elle est inopérante face à des installations complexes qui émettent plusieurs types d'ondes, elle ne s'applique pas aux fours à micro-ondes, dont les fuites pourraient rendre aveugle...

On parle d'ailleurs beaucoup des fours ces années-là. Des tests ont montré que des appareils défectueux pouvaient émettre autour d'eux jusqu'à 20 milliwatts par centimètre carré, alors que la norme maximale est à l'époque de 5 milliwatts. Très clairement, le Congrès se sent submergé par la complexité des problèmes. La loi votée en 1968, *Radiation Control for Health and Safety Act*, confie au secrétaire d'Etat à la Santé la tâche de lancer de nouvelles recherches et de modifier éventuellement les normes. Et lorsque les scientifiques du domaine se réunissent en 1969, à l'occasion d'un symposium de trois jours en Virginie, on voit clairement apparaître deux camps : ceux qui croient à des effets néfastes des micro-ondes présentes dans l'environnement militaire, industriel ou domestique, et ceux qui n'y croient pas !

De nouvelles recherches commencent, et pas seulement en Amérique. En France, l'armée organise des études en laboratoire à partir de 1966. Les résultats sont publiés dans des journaux militaires ou scientifiques.

Sur des rats et des souris, ces expériences montrent que les micro-ondes perturbent le système nerveux central, les tracés cérébraux, la sensibilité à certains médicaments ou l'activités des cellules macrophages. Ces effets apparaissent à des intensités très inférieures au seuil thermique. **Les chercheurs français reconnaissent donc l'existence des effets non-thermiques**, malgré leur caractère inexplicable. Ils les appellent des « effets spécifiques ».

*Milton Zaret*, ophtalmologiste à New York : il a participé, en 1959, dans le cadre du programme militaire Tri Service, à une étude sur les techniciens radar. Après l'arrêt des travaux, *Zaret* poursuit son enquête et visite de nombreuses installations militaires ou civiles utilisant les micro-ondes.

Il ne trouve rien de vraiment spectaculaire, mais il est intrigué par quelques anomalies, notamment **des cataractes** qui ne semblent pas liées aux processus habituels d'échauffement. Ses rapports avec l'armée deviennent alors problématiques. Ses recherches sont stoppées nettes ! *Zaret* crée alors sa propre fondation. C'est désormais un de ces experts indépendants dont le rôle est toujours crucial dans la recherche sur les risques sanitaires de l'électromagnétisme. *Zaret* va défendre des centaines de soldats atteints aux yeux, à qui l'armée refuse de payer une pension d'invalidité, prétextant qu'ils ont été exposés à des puissances trop faibles pour entraîner ces dégâts. Après plusieurs échecs, l'un des plaignants, Arthur Kay, gagne son procès en 1972 et d'autres suivront.

En **Octobre 1973**, se tient un **symposium international à Varsovie**, sur les **effets biologiques et les risques sanitaires des micro-ondes**, avec soixante chercheurs de douze pays. La polonaise *Maria Sadcikova*, fait une communication importante : elle a étudié des milliers de techniciens et caractérisé une « **maladie des micro-ondes** » typique, qui se manifeste d'abord par des troubles neurologiques, puis par des maladies cardio-vasculaires, avec un caractère cumulatif des doses reçues, et des dommages même à faible puissance. *Milton Zaret* assiste à la réunion de Varsovie. Il vient de se rendre en Carélie du Nord, en Finlande, pour enquêter sur un mystère – cette région détient le record du monde de maladies cardiaques, affectant notamment les jeunes, malgré le mode de vie plutôt sain de la population. Son hypothèse : ce serait dû aux rayonnements émis par une grosse installation radar soviétique de l'autre côté de la frontière, dont les ondes sont réfléchies par le lac Ladoga. Il présente aussi sa théorie sur le **mécanisme d'action des micro-ondes sur la santé : elles provoqueraient une usure ou une fatigue des membranes cellulaires**. C'est lui qui, en Occident, a popularisé la notion de « **maladie des micro-ondes** », et ses découvertes sont aujourd'hui considérées comme très en avance sur leur temps.

En **février 1974**, une conférence sur les effets biologiques des rayonnements non ionisants a lieu à New York. On y découvre les travaux de 2 chercheurs : d'un côté *Allan Frey*, biophysicien pour la firme Randomline en Pennsylvanie relate une série de découvertes préoccupantes. Il montre que certains individus, y compris des sourds, peuvent percevoir – sous forme de clics et de sifflements qui semblent résonner à l'intérieur de leur crâne » les micro-ondes pulsées à des fréquences situées entre 300 et 3 000 mégahertz et à des intensités inférieures à 10 milliwatts par centimètre carré. Il publie ses résultats mais on ne le prend guère au sérieux ! Aujourd'hui, cet **effet thermo-acoustique** est bien documenté. Frey poursuit ses expériences sur des cerveaux de chats, des coeurs de grenouilles, il évite volontairement toute recherche sur des humains, pour des raisons d'éthiques, évitant lui même de s'exposer aux micro-ondes !

A la réunion de 1974, il raconte ses dernières observations. Les rats évitent spontanément les zones exposées aux micro-ondes. Et l'autopsie des animaux révèle pour la première fois un phénomène qui prendra une importance toute particulière dans les futures études sur l'effet des téléphones portables : **chez les rats exposés, on constate que la barrière sang-cerveau**, qui filtre le sang en direction du cerveau et empêche le passage des substances toxiques, **est devenue plus perméable**. Les conséquences sur le cerveau sont potentiellement dramatiques !

L'autre pionnier s'appelle *W. Ross Adey*, chercheur d'origine australienne, installé aux Etats-Unis depuis 1952. Chirurgien militaire d'abord avant de passer son doctorat et de se spécialiser dans l'étude du cerveau, avec un intérêt particulier pour les champs électromagnétiques émis par les neurones. Avec son équipe du *Brain Research Institute* à l'université de Californie de Stanford, Adey a mis en évidence des **effets neurologiques sur les animaux et les hommes**. Ses premières expériences ont lieu sur des singes. Leur comportement, leur temps de réaction et leurs tracés cérébraux sont altérés. Puis il retrouve les mêmes effets sur des rats, des lapins et des chats. Adey reproche aux responsables militaires d'ignorer toutes les mises en garde des chercheurs et de considérer les êtres humains – soldats, techniciens, ou riverains des installations radar – comme des cobayes. Il commence une série d'expériences sur les effets des micro-ondes au niveau cellulaire. Il met en évidence des modifications des enzymes présentes sur la membrane des cellules et montre, sur des cellules cancéreuses en culture, que des cellules immunitaires, les lymphocytes T, n'arrivent plus à remplir correctement leur mission de protection contre le cancer. Enfin, avec sa collaboratrice *Susan Bawin*, Adey publie un des résultats les plus importants de ce siècle, à partir d'expériences sur des chats, puis des poulets, équipés

d'électrodes insérées dans le cerveau : **les radio-fréquences induisent des modifications dans le rythme d'entrée et de sortie des ions calcium à travers la membrane cellulaire.** Ce mécanisme constitue encore aujourd'hui une des principales pistes pour comprendre comment les ondes agissent sur les cellules.

Au milieu des années 70, une centaine d'études sur l'effet des micro-ondes sont en cours. On a trouvé, en laboratoire des effets pathologiques sur des foetus de souris, des scarabées, des embryons de poisson-zèbre, des levures, des cellules de rats ou de kangourous, des lymphocytes, des cellules de la moelle épinière. En épidémiologie on constate un taux anormal de malformations congénitales et de morts prénatales autour de la base de Fort Rucker, en Alabama, qui abrite d'importantes installations radar, puis dans une seconde base à forte densité de radars, en Floride, mais l'armée conteste les chiffres et refuse d'entreprendre des recherches plus approfondies. On rapporte aussi des cas de cancers du cerveau, du pancréas, ou du foie chez des hommes jeunes travaillant dans plusieurs bases militaires ou entreprises engagées dans la mise au point de nouveaux équipements radar. D'autres rapports anecdotiques concernent des réparateurs de fours à micro-ondes ou des ouvriers travaillant sur des machines industrielles de chauffage aux micro-ondes.

L'armée lance un nouveau programme de recherches Tri-Service, et ses experts prédisent que, d'ici quelques années, les normes vont probablement devenir plus strictes, passant de 10 milliwatts à 1 milliwatt, ce qui va entraîner des frais considérables pour se mettre en conformité notamment vis-à-vis des riverains de base.

La plus vaste étude réalisée sur l'effet des micro-ondes radar concerne les anciens combattants de la guerre de Corée. L'analyse montre une corrélation entre les doses reçues et la mortalité générale, les cancers des voies respiratoires, les cancers lymphatiques et les leucémies, ainsi que les maladies neurologiques.

## **5 - Le début des téléphones portables :**

**1984** est une année symbolique à plus d'un titre : **c'est la date où sont lancés les premiers téléphones cellulaires.** Les communications par micro-ondes, jusqu'ici cantonnées aux matériels militaires ou industriels, vont peu à peu envahir notre environnement quotidien.

A partir de cette date, il n'est pas toujours facile de distinguer les deux domaines, en particulier dans les expériences en laboratoire. Disons simplement que les **rayonnements du portable agissent en champ proche**, l'émetteur étant situé contre la tête, avec des effets très localisés, tandis que **les radars** nous affectent en **champ lointain**, par une exposition du corps entier de faible intensité. Cela dit, les découvertes sur les effets des micro-ondes en champ lointain, ne sont pas sans incidence sur la question des antennes relais, qui captent et rediffusent nos conversations téléphoniques. Par ailleurs, les fréquences des micro-ondes du radar s'étalent sur un spectre assez large selon les types d'appareils, tandis que celles du portable se concentrent autour de quelques valeurs précises (autrefois 450 mégahertz, aujourd'hui 900 et 1 800 mégahertz). Il existe aussi des différences considérables dans la façon dont les ondes sont modulées ou pulsées, et les recherches montrent souvent que la modulation joue un rôle majeur dans les effets biologiques.

1984 est aussi l'année où les résultats de recherches de grande envergure commencent à tomber. Sous la pression de l'opinion publique et des élus, l'U.S. Air Force a alloué 4 millions de dollars pour une étude des effets à long terme des micro-ondes de faible intensité.

*C.K. Chou* et *Arthur Guy*, de l'université de Washington, exposent une centaine de rats pendant deux ans et analysent les effets sur le sang, le poids et le comportement. Leurs conclusions sont sans équivoque : 16 tumeurs malignes chez les rats exposés contre 4 chez les témoins. *Craig Byrus*, de l'université de Californie à Riverside, irradie des lymphocytes humains et des enzymes du type protéine kinase sont inactivées – or elles font partie de notre première « ligne de défense » contre le cancer !

Par la suite, beaucoup d'études vont retrouver ce lien avec le cancer, notamment des recherches épidémiologiques sur des personnes exposées aux micro-ondes dans le cadre de leur travail ou de leur hobby. Ainsi, *Stanislaw Szmigielski*, le grand spécialiste polonais trouve un risque de cancer six fois plus élevé chez le personnel militaire exposé aux radars. **En 1991**, il tire les enseignements de 29

études épidémiologiques accomplies dans le monde entier au cours des années précédentes : 22 d'entre elles montrent un risque augmenté pour plusieurs type de cancers. **On commence à accepter l'idée que les micro-ondes infligent des dégâts sur nos gènes**, c'est-à-dire sur l'ADN, exactement comme la radio-activité, mais par des mécanismes différents et encore inconnus. Par ailleurs, **elles semblent affaiblir nos défenses immunitaires et c'est l'action conjuguée de ces deux mécanismes qui provoque le cancer.**

En 1990, en Hongrie, l'équipe de *Garaj-Vrhovac* pratique des analyses sanguines sur des travailleurs exposés au radar et trouve un **taux statistiquement significatif de cassures de chromosomes**, ainsi que des **déformations des cellules immunitaires**, les lymphocytes. Ces chercheurs trouvent aussi les mêmes perturbations dans le sang de hamsters exposés en laboratoire. L'équipe hongroise expose également des cultures de lymphocytes humains, en 1992, et met en évidence des **aberrations chromosomiques**. On lui demande alors de pratiquer des analyses sur 6 techniciens de maintenance travaillant sur des radars de contrôle du trafic aérien qui ont été récemment victimes d'une surexposition accidentelle. Les résultats montrent un nombre d'aberrations chromosomiques supérieur de 3 à 33% à celui des collègues non exposés. Pour les plus atteints un suivi médical montre que les taux redeviennent normaux au bout de trente semaines.

Une quinzaine d'autres études, pendant les années 1990, aux Etats Unis, en Allemagne, en Belgique ou en Israël, vont retrouver ces effets génotoxiques et cancérigènes.

Ainsi, le terme de « **maladie des micro-ondes** » proposé initialement à propos des employés de l'ambassade de Moscou, est finalement entré dans les mœurs. Et le cancer n'en est pas la seule manifestation. Une étude de 1990, par exemple, trouve une augmentation des taux de suicide chez les techniciens du radar, de la radio et de la radio-télégraphie en Grande-Bretagne. En 1996, une recherche épidémiologique met en évidence des perturbations de la mémoire et de l'attention, en particulier chez les enfants.

Face à ces découvertes inquiétantes, qu'elle a été l'évolution des normes officielles de sécurité ? A vrai dire, elles n'ont pratiquement pas bougé ! Le principal organisme international sur la question **l'ICNIRP** (International Committee on Non-Ionizing Radiation Protection, en français Comité International) **recommande, en ce qui concerne les micro-ondes de fréquence supérieure à 2 gigahertz, une limite de un milliwatt par centimètre carré pour le public, et de 5 milliwatts pour les professionnels.** Selon beaucoup d'experts, c'est totalement inadéquat ! Même les militaires semblent le reconnaître ! En 1993, deux bases américaines ont pris la décision unilatérale de diviser cette norme par cent, pour descendre à 100 microwatts par centimètre carré. C'est encore dix fois plus que la norme russe de 10 microwatts...

En 2000, lors d'une réunion de l'IIEE l'Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens, on a commencé à débattre sérieusement des normes futures. On peut lire dans le rapport introductif : *« Les limites d'exposition sont fondées principalement sur une information scientifique publiée avant 1986. Il est temps de réaliser une révision complète »*. Une commission a donc été fondée, avec des représentants de tous les organismes concernés. Le « **sous-comité 4** » se fixe d'abord pour tâche d'évaluer la littérature scientifique récente, en attribuant des notes à chaque recherche en fonction de ses qualités scientifiques. Pas moins de 1426 publications ont été retenues. Le rapport précise : *« Sont actuellement en cours d'examen des études sur la mutation génétique, le cancer, la tératogenèse (malformations à la naissance), les effets sur la reproduction, les effets sur les organes sensoriels, le système nerveux et le comportement, les effets sur les systèmes immunitaires, hématopoïétique, thermorégulateur, cardiovasculaire et glandulaire. »*

Plus de quarante ans se sont écoulés depuis que les premiers chercheurs ont tiré la sonnette d'alarme. Depuis, les résultats scientifiques se sont accumulés, mais rien n'a entamé l'immobilisme des pouvoirs publics ni la puissance des lobbies industriels ou militaires, qui peuvent toujours compter sur l'appui amical de chercheurs qui ont bâti leur carrière sur la négation de toute découverte désagréable – des chercheurs qu'on retrouve dans les plus hautes instances décisionnaires.

### III– La grande révolution des téléphones portables

Dans les années qui suivent son introduction en 1984, le téléphone cellulaire n'est assujéti à aucune règle spécifique. En 1988, l'Institut des radiations non ionisantes de l'**IRPA** (*International Radio Protection Association*), qui est à l'époque le principal organisme international travaillant sur les normes sanitaires en matière d'électromagnétisme, commet ce qu'il faut bien appeler une bourde puisque, dans ses recommandations sur les niveaux admissibles des rayonnements en télécommunications, cette commission s'abstient purement et simplement de proposer la moindre réglementation pour les talkies-walkies, les CB, les petits émetteurs terrestres ou marins, en bref tous les appareils de radio-communication qui font moins de 7 watts, sous prétexte que « *de tels appareils ne génèrent que des champs très localisés* ». Les téléphones portables vont donc bénéficier, pendant des années, de cette mansuétude inespérée, avec leurs champs « très localisés » juste à côté du cerveau ! A l'époque, il n'existe pratiquement aucune recherche consacrée à la téléphonie mobile par micro-ondes. On se contente de citer les résultats obtenus lors des études sur le radar et les ondes radio, et pourtant, en Amérique, au début des années 1980, 35 chercheurs étaient employés par l'**EPA** (*Environmental Protection Agency*) pour étudier les effets biologiques des premiers portables et autres engins de communication personnelle. Mais leur budget est sabré en 1987 et la supervision des recherches américaines est confiée à deux organismes qui n'ont pas vraiment les compétences requises : la FDA (Food et Drugs Administration), l'Agence de surveillance des aliments et des médicaments, et la FCC (Federal Commission of Communications), qui régule l'attribution des fréquences et leur compatibilité technique. Ces deux Agences vont réglementer la sécurité sanitaire des téléphones mobiles avec une douceur angélique ; jusqu'en 1993, où un certain *David Reynard* intente un procès à un fabricant de portables après la mort de sa femme d'un cancer du cerveau : la grande question est posée ; **l'utilisation du téléphone mobile peut-elle provoquer le cancer ?** Ce procès, et d'autres du même type dans différents états des Etats-Unis se terminent tous par des non lieux, faute de preuves scientifiques ; mais ils signalent une réelle inquiétude du public, relayée par les médias. Alors, on va voir apparaître le même scénario que pour les lignes à haute tension : pendant des années, des recherches vont mystérieusement tomber dans les oubliettes, tant sont puissantes l'influence des fabricants et leur opposition à toute remise en question. Ainsi, le *laboratoire Battelle*, ou *Pacific Northwest Laboratory*, un des plus grands centres de recherche américains, lance des études dont les résultats ne sortiront jamais des tiroirs. Même schéma pour les recherches allemandes, annoncées en 1993 par la FGF (Forschung Gemeinschaft Funk, Union de recherche sur la radiocommunication, basée à Bonn) et dont on n'a jamais eu de nouvelles, etc. Bref, l'histoire des recherches scientifiques sur les effets du portable commence mal ! Et pourtant, un certain nombre d'entre elles commencent à semer le doute.

#### 1 – Une histoire d'œufs !

Parmi elles, celle de **Madeleine Bastide**, immuno-pharmacologiste et professeur à l'université de Montpellier, spécialiste des études concernant la toxicologie et l'environnement. **A partir de 1997**, elle travaille sur les champs électromagnétiques en exposant des embryons de poulet, c'est-à-dire des œufs fécondés dans des couveuses à 38°C. Sur des œufs exposés à des écrans de télévision ou d'ordinateur, elle observe une mortalité accrue, et chez les survivants une dépression du système immunitaire, de la *mélatonine* et d'une hormone de réaction au stress, la *corticostérone*. **En 1999**, *Madeleine Bastide* fait la même expérience avec des téléphones portables ordinaires, suspendus à quatre centimètres au-dessus des œufs. Les résultats sont spectaculaires : 60 à 75% de mortalité des embryons, contre 10% chez les témoins non exposés. Les œufs ont été irradiés par un téléphone fonctionnant 24 heures sur 24. Ce sont des conditions extrêmes, mais, comme le précise Bastide, « *les conditions extrêmes sont une des bases de la toxicologie. Comment croyez-vous qu'on expertise les médicaments ? D'abord par des tests toxicologiques sur l'animal, à hautes doses. On trouverait sur l'animal un effet tératogène aussi intense que celui-là, il n'obtiendrait jamais son autorisation de mise sur le marché* ». Le résultat frappe les esprits, mais il faut quand même en relativiser la portée. Les embryons sont des systèmes extrêmement sensibles, et les conditions relativement frustes de l'expérience ne permettent pas d'exclure que le simple dégagement de chaleur des appareils ait pu engendrer ou influencer les résultats. Par ailleurs, l'expérience a été renouvelée pour tester une

hypothèse inattendue : une fine grille métallique, censée faire barrage aux micro-ondes, a été interposée entre les téléphones et les oeufs. Et l'effet s'est produit quand même ! Explication : l'effet serait dû au champ magnétique émis par la batterie du portable. Dans ce cas, il suffirait d'insérer le téléphone dans un boîtier spécial, conçu pour faire écran au champ magnétique de la batterie sans bloquer les micro-ondes, pour annuler l'effet néfaste. Ce boîtier existe, il est fabriqué par une petite entreprise française et certains accusent Bastide de collusion commerciale avec le fabricant. Elle rétorque qu'elle n'a aucun lien avec l'entreprise en question. Quoi qu'il en soit, ces expériences laissent sceptiques la plupart des spécialistes, même les plus alarmistes !

Nous voyons là toute la difficulté de tirer des enseignements à partir d'un test particulier sur un unique modèle animal. Seul le croisement de nombreux résultats et d'expériences diverses permet d'avancer des conclusions solides. Or ces résultats existent. Depuis 1993, dans le monde entier, des centaines d'expériences ont été menées en laboratoire sur les signaux spécifiques du téléphone portable, et on compte une dizaine d'études épidémiologiques concernant les usagers. Toutefois, il est difficile de s'y retrouver tant les conclusions de ces études diffèrent d'un laboratoire à l'autre !

## 2 – Portable et cerveau :

En 1999, un chercheur britannique, *Allan Preece*, recrute 36 volontaires pour expérimenter l'effet du portable sur les performances mentales. Ces cobayes humains doivent effectuer un certain nombre de tâches, avec ou sans téléphone à l'oreille. Pour la plupart des tests, l'étude ne montre aucune différence, sauf dans un cas, un des tests les plus bêtes et les plus simples qui soient. Il s'agit d'appuyer sur deux boutons, le plus vite possible, dès qu'apparaît sur un écran l'instruction correspondante. Or, dans cette expérience, les chiffres sont formels. Sans téléphone, les volontaires ont mis en moyenne 387 millisecondes pour réagir. Mais, lorsqu'ils sont sous l'influence d'un portable analogique, au bout d'une heure le temps de réaction moyen passe à 384 millisecondes. Et dans le cas d'un portable digital, le chiffre passe à 375 millisecondes. En clair, l'usage du téléphone portable a légèrement accéléré le fonctionnement du cerveau !

Incroyable mais vrai ! Jusqu'ici tous les animaux exposés à des micro-ondes se sont retrouvés plutôt ralentis et déboussolés. Et voici que, sur des êtres humains, le portable exerce un effet de speed, comme une tasse de café ou une amphétamine ! Dans ses conclusions, l'auteur suggère que le très faible échauffement produit par les ondes a pu favoriser, dans une toute petite zone du cerveau à proximité du combiné, une dilatation des vaisseaux sanguins et une augmentation de l'oxygénation. Pourquoi pas ? En tout cas, cette recherche fait date en montrant que le portable exerce bel et bien une influence sur notre organe le plus sensible. Elle est d'ailleurs confirmée en 2000 par une équipe finlandaise qui applique à deux reprises une douzaine de tests sur 48 volontaires et observe également **l'effet d'accélération**, aussi bien pour des tests de rapidité, des opérations mathématiques, ou des tests mobilisant la mémoire de travail, un stockage mental des informations sur une durée un peu plus longue. La même année, une expérience à l'Institut du système nerveux central de Moscou retrouve encore cet effet. Sur 24 volontaires, après utilisation d'un portable pendant 15 minutes, l'électro-encéphalogramme fait apparaître une activation du cortex.

En fait, toutes ces études présentent un **grave défaut** : les **expériences sont de courte durée**, on mesure les tracés cérébraux ou les performances après une heure ou deux d'exposition, mais on n'a guère de données sur les effets d'une exposition chronique, c'est-à-dire répétée pendant des mois ou des années, comme c'est le cas dans la vie réelle. Or les recherches sur les micro-ondes montrent souvent une inversion de l'effet quand on passe aux longues durées. C'est ce que semblent montrer quelques cas connus de techniciens professionnels de la téléphonie mobile qui, après une utilisation extrêmement intensive, de plusieurs heures par jour, souffrent de sérieux troubles de la mémoire. On doit aussi remarquer que les tests, vu leur simplicité, mobilisent une zone très ponctuelle du cerveau, tandis que la plupart de nos efforts mentaux exigent la coopération de plusieurs centres cérébraux. Une modification qui toucherait un seul de ces centres pourrait perturber l'ensemble du réseau, en décalant sa synchronisation.

## 3 – Portable et sommeil :

En 2000, une équipe de l'université de Zurich rapporte qu'une exposition de trente minutes à un portable digital suffit à modifier certaines caractéristiques de l'électro-encéphalogramme pendant la première phase du sommeil, et cela de façon identique pour les deux hémisphères du cerveau, à la surprise des chercheurs qui s'attendaient à des résultats plus prononcés du côté où le sujet place le portable. L'effet se traduit par une stimulation de l'activité cérébrale et peut durer jusqu'à cinquante minutes.

Certaines expériences montrent une augmentation des périodes d'éveil pendant la nuit et une légère stimulation de la vigilance et de la rapidité des réflexes.

Une conclusion se dégage de toutes ces recherches sur l'activité éveillée et sur le sommeil : on a bel et bien mis en évidence un « **effet biologique** » **du portable sur le cerveau**, d'une ampleur suffisante pour influencer le comportement, et, pour une fois, tous les chercheurs sont d'accord sur ce point. Certes on ignore encore ses conséquences sur la santé, mais personne ne peut plus soutenir, comme ce fut le cas pendant des années que les rayonnements du portable nous traversent sans exercer la moindre action, comme si nous étions transparents aux micro-ondes.

#### **4 – Migraines, vertiges et autres..**

Outre les migraines dont se plaignent les utilisateurs du portable, il y a aussi les vertiges, des sensations de chaleur anormale, des picotements autour des tempes, des troubles de la vision ou de l'audition, une fatigue nerveuse.

Face à ces troubles temporaires, la science se sent désarmée. Pourtant, quelques chercheurs courageux ont attaqué ce problème.

En 1988, 11 000 utilisateurs suédois et norvégiens remplissent un questionnaire proposé par le chercheur *Kjell Hansson Mild*. On leur demande de décrire leurs désagréments et d'estimer le nombre et la durée moyens de leurs communications téléphoniques. Les problèmes les plus souvent mentionnés sont les migraines et la fatigue. On note aussi des vertiges, des pertes de mémoire, des difficultés de concentration et des sensations de chaleur autour de l'oreille. L'étude montre que l'intensité de ces symptômes est corrélée avec la durée d'utilisation du portable.

Une autre étude est publiée en novembre 2000 dans la revue *Environmental Health Perspectives*. Réalisée à Singapour, elle montre que les utilisateurs de portables se plaignent plus souvent de migraines que des populations témoins. L'augmentation est d'environ 30%. En Australie, on dispose des données recueillies par *Bruce Hocking*, l'homme qui a dirigé pendant 18 ans les études médicales chez l'opérateur public Telstra. En octobre 2000, il publie dans la revue *Occupational Medicine* un article qui met en évidence, sur un seul sujet, une modification mesurable des réactions dans les nerfs situés à proximité de l'oreille droite. C'est une première, mais il faudrait bien sûr obtenir des confirmations sur d'autres cas.

#### **5 – La barrière sang-cerveau :**

Que l'on nomme aussi, en jargon médical *barrière hémato-méningée* ou *barrière hémato-encéphalique*. Cette barrière est une sorte de filtre à l'entrée de tous les vaisseaux sanguins qui mènent au cerveau, qui empêche l'irruption d'une bonne partie des molécules circulant dans le sang, afin de protéger cet organe éminemment fragile. Si cette barrière devient plus perméable, on peut craindre des conséquences catastrophiques, comme l'entrée de toxines, de métaux lourds, de bactéries ou de virus. Mais le phénomène possède aussi un autre revers : si cet effet se confirme, on pourrait l'utiliser délibérément à des fins thérapeutiques, pour la chimiothérapie du cancer par exemple – jusqu'ici, les grosses molécules des médicaments anticancéreux ne parviennent jamais jusqu'au cerveau.

En 1997, *Leif Salford* et *Bertil Persson*, à l'université de Lund en Suède, montre que les fonctions biologiques sont plus sensibles que l'on croit aux micro-ondes. Surtout à de faibles taux d'absorption spécifique (Tas), de 1 mW/kg précisément. Ce qui correspond à une valeur inférieure à la norme OMS à ne pas dépasser, fixée elle à 80 mW/kg pour le public. Ses expériences ont porté sur plus de mille rats exposés aux ondes hyperfréquences des deux familles de téléphones portables existantes. Résultat : de l'albumine traverse la barrière hémato-encéphalique derrière laquelle se trouve le cerveau.

Fait encore plus étonnant, la fuite de cette protéine est davantage marquée pour des Tas faibles que forts. Ce qui, en clair, correspond aux effets passifs du mobile. **Comment des champs plus faibles ont-ils une activité biologique plus forte ?** D'après *Leif Salford*, les signaux de faible puissance mimeraient certains signaux électriques que l'on trouve chez le rat. Signaux qui commanderaient notamment d'ouvrir pour un temps la barrière hémato-encéphalique. Et le Suédois de rappeler que **de faibles augmentations d'albumine dans le cerveau sont un facteur favorisant des maladies neurodégénératives telles que l'Alzheimer**. D'autres études ultérieures n'ont pas reproduit l'effet. Mais le doute subsiste.

*Silke Winters*, une jeune allemande, a réalisé un modèle in vitro de la barrière sang-cerveau. Les résultats sont clairs : des molécules d'albumine et de fibrinogène se retrouvent dans les cultures exposées au rayonnement du portable, et pas dans les échantillons témoins. Pour la première fois on tient un résultat au niveau cellulaire. L'hypothèse gagne du terrain. Elle est même prise très au sérieux par les militaires. Depuis 2 ans, certains experts se demandent si le « syndrome de la guerre du Golfe » dont souffrent des milliers d'anciens combattants et qui consiste en une fatigue chronique, et des troubles neurologiques sans cause apparente, n'aurait pas été lié à une ouverture de la barrière sang-cerveau, provoquée par les nombreux appareils militaires à micro-ondes utilisés pendant cette campagne, aussi bien pour les télécommunications, les radars, le guidage des missiles, etc.

## 6 – Des expériences surprenantes et un seul homme : Henry LAI

Dès 1980, cet enseignant chercheur en bio-ingénierie s'intéresse aux effets des radiofréquences sur l'organisme. Ses premières expériences montrent comment **les ondes modifient l'effet de drogues** comme la morphine, les amphétamines, les barbituriques ou l'alcool. L'explication probable est qu'elles agissent sur la synthèse des neurotransmetteurs (*substances chimiques de l'organisme permettant aux cellules nerveuses de transmettre leurs messages*) par les cellules du cerveau.

En étudiant un autre neurotransmetteur, l'*acétylcholine*, il constate qu'une courte exposition de 20 minutes stimule sa production, qu'une séance plus longue la diminue et que des irradiations répétées finissent par entraîner des modifications durables dans la chimie du cerveau.

Ces effets semblent particulièrement marqués dans deux zones, le **cortex frontal** et **l'hippocampe**, qui jouent un rôle majeur dans les fonctions de mémoire et d'apprentissage.

*Henry Lai* défend également depuis longtemps l'hypothèse selon laquelle **l'onde électromagnétique agit comme un stress**. Cet effet est confirmé par d'autres découvertes : les ondes activent dans le cerveau la production d'une hormone, le CRF (facteur de libération de la corticotropine) qui signale une réaction au stress, et elles modifient la sensibilité des récepteurs des benzodiazépines, une catégorie de médicaments qui inclut le Valium, le Temesta ou le Lexomil, bien connus pour leur action antistress.

Récemment, l'équipe britannique de *David de Pomerai* a fait sensation en publiant dans *Nature*, la plus prestigieuse des revues scientifiques, des résultats qui montrent une activation des protéines de choc thermique (ou protéines de stress) chez une espèce de vers de terre. Les chercheurs ont utilisé pour leur expérience des téléphones portables ordinaires, et les mesures montrent clairement que l'effet se produit à des puissances non thermiques. Les ondes du portable seraient donc perçues par les cellules comme un facteur de stress.

Mais la découverte la plus inquiétante et la plus discutée d'Henry Lai concerne **l'effet génotoxique**, les **dommages causés à l'ADN**. A partir de 1994, *Lai* utilise une nouvelle méthode d'analyse dite « *test COMET* » ou électrophorèse sur microgel ! Dans cette technique, les fragments d'ADN cassés migrent sous l'action d'un champ électrique et se disposent sur la plaque du microscope comme des queues de comète. Dans un premier temps *Lai* et son confrère *Singh* testent l'effet de **champs magnétiques alternatifs**, et constatent un **taux anormal de cassures de l'ADN**. Puis ils se penchent sur les **micro-ondes** à 2,45 gigahertz, continues ou pulsées. Des rats sont exposés pendant deux heures en continu, à des puissances cent fois supérieures à celle des téléphones mobiles, puis ils sont immédiatement sacrifiés et les tissus cérébraux soumis au test COMET. Là encore on voit une **augmentation des cassures de l'ADN** par rapport aux animaux témoins, de l'ordre de 20% en plus

pour les ondes continues et 30% pour les ondes pulsées.

Ces résultats comptent parmi les plus dramatiques qu'on ait jamais produits en laboratoire à propos du portable. Il faut savoir que les cellules nerveuses ont une faible capacité à réparer leur ADN, on peut donc imaginer des effets cumulatifs à long terme, menant soit à la cancérisation, soit à un taux élevé de morts cellulaires, comme dans les **maladies d'Alzheimer ou de Parkinson**.

En 1987, *Lai* et *Singh* montrent également que ces lésions génétiques peuvent être empêchées par un apport de mélatonine ou d'autres substances connues comme « pièges à radicaux libres ». **Les ondes électromagnétiques agiraient donc sur l'ADN parce qu'elles auraient stimulé la création de radicaux libres**, des molécules très réactives, capables d'infliger de multiples dégâts aux cellules.

Evidemment, un résultat dans un seul laboratoire n'est jamais suffisant. Très vite, d'autres équipes s'y mettent. Le fabricant Motorola finance deux répliques sur un modèle expérimental différent, à savoir des cellules en culture. L'une d'elles, menée par *Joseph Roti-Roti* à Saint Louis, donne des résultats négatifs. L'autre, due à *Jerry Phillips* à Loma Linda, confirme les conclusions de *Lai*. Selon *Phillips*, Motorola lui demande alors de ne pas publier ces résultats. Il refuse et perd ses crédits de recherche venant du fabricant. Selon Motorola, on n'aurait pas tenté d'empêcher la publication, mais on aurait fait valoir à *Phillips* que ses résultats « avaient besoin d'une clarification ».

Depuis, plusieurs laboratoires ont reproduit ces expériences de façon plus fidèle et n'ont pas retrouvé les cassures d'ADN. En conséquence, cet effet, aussi spectaculaire soit-il, n'est pas actuellement pris en compte par la majorité des chercheurs chargés d'évaluer les risques sanitaires du portable. Pour sa défense, *Henry Lai* fait valoir qu'à la suite de ces découvertes dérangeantes on a supprimé tous ces crédits de recherche sur le portable, et qu'il n'a donc pas pu travailler pour tenter d'expliquer les contradictions entre laboratoires. « *Les industriels du portable ont réagi par la défensive, ils ont cherché à réfuter mes travaux et à bloquer mes financements, au lieu que tout le monde travaille ensemble pour comprendre ce qui se passe exactement. C'est stupide, et contraire à l'intérêt général. Nous venons de perdre des années, bêtement* ».

## 7 - Le cancer :

Après avoir traversé la peau, les muscles du visage et les os du crâne, les ondes électromagnétiques atteignent, à 2 cm de profondeur, la région la plus superficielle – mais aussi la plus sensible – du cerveau : le **cortex**, ou écorce cérébrale. L'énergie électromagnétique est convertie en chaleur (autre forme d'énergie), provoquant une élévation de la température du tissu cérébral. « *Au niveau du cortex, cette augmentation est d'environ 1°C* », explique *Luc Verschaeve* au Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek, à Mol (Belgique). Tout se passe exactement comme dans un four à micro-ondes, sauf qu'ici c'est le centre du corps humain qui subit un échauffement. « *Si l'on téléphone régulièrement et pendant de longues périodes, il n'est pas impossible que l'effet thermique finisse par léser l'ADN cellulaire et provoquer des tumeurs cancéreuses* », précise *Luc Verschaeve*.

En effet, l'ADN des chromosomes porte les gènes qui programment l'ensemble des caractéristiques de la vie ; il suffit que l'un d'entre eux soit lésé pour que les mécanismes vitaux soient perturbés.

« *Pour qu'un cancer apparaisse, il faut que l'altération de l'ADN se situe au niveau du gène à l'origine de la protéine p53* », précise *Caroline Moyret-Lalle*, chercheur au centre de lutte contre le cancer Léon-Bérard à Lyon. « *Ce gène est dit « suppresseur de cancer » parce que la protéine p53 qu'il induit s'oppose à la cancérisation de la cellule lorsque celle-ci est agressée. Quand ce gène est lésé, la protéine p53 est déficiente et ne protège plus le génome* ».

L'altération de l'ADN par les ondes électromagnétiques a été montré par l'équipe du *Dr Anne-Marie Maes*. En 1993, elle publiait dans *Bioelectromagnetics*, une revue scientifique américaine de référence, les résultats d'une expérience qui consistait à soumettre, in vitro, des cellules sanguines humaines (des lymphocytes) à des champs électromagnétiques de 2 450 MHz, mais à des puissances cent fois plus élevées que celles des portables. La distance d'exposition était comparable à celle d'un téléphone mobile, et la durée d'émission variait de 30 minutes à deux heures, sans interruption. Les chercheurs belges ont constaté des altérations de l'ADN des chromosomes, d'autant plus nombreuses

que le temps d'exposition était long.

Deux ans plus tard, une autre expérience (également publiée dans la revue *Bioelectromagnetics*), effectuée par l'équipe du *Dr Henry Lai*, du laboratoire de pharmacologie de l'université de Washington à Seattle (Etats-Unis), confirmait les travaux du Dr. Maes.

Dans le cadre d'une étude présentée en novembre 1998, lors d'un congrès scientifique à Vienne (Autriche), le *Dr Anne Marie Maes* a refait son expérience sur les lymphocytes humains. Mais, cette fois, elle a utilisé les mêmes fréquences que les téléphones cellulaires. Là encore, elle a constaté des altérations au sein des chromosomes.

En 1998, le *Dr Henry Lai* a également refait ses expériences avec les fréquences de la téléphonie mobile : les résultats étaient similaires à ceux de ses expériences précédentes.

Chez la souris, le lien entre portables et cancer a été établi en mai 1998 par une équipe australienne du Royal Adelaide Hospital, conduite par le *Dr Michael Repacholi*. Ces travaux ont fait l'objet d'une publication dans *Radiation Research*, une revue scientifique américaine de haut niveau.

Les souris développent très rarement des cancers, même dans les pires conditions environnementales. Les chercheurs ont donc utilisé des souris génétiquement programmées pour développer un lymphome, cancer du système lymphatique. Deux lots de 101 souris ont été constitués. L'un a été exposé pendant 18 mois à des champs électromagnétiques de même fréquence et rayonnant à la même puissance que les téléphones cellulaires, tandis qu'un groupe témoin était placé dans des conditions normales. Parmi les souris soumises au rayonnement électromagnétique, 43 ont développé un lymphome, contre 22 dans le groupe témoin.

Ces résultats ont été cependant contestés par les fabricants de portables, qui ont fait valoir que, dès lors que les animaux étaient programmés pour développer un cancer, on ne pouvait attribuer les tumeurs aux ondes électromagnétiques. Il n'empêche que l'exposition aux ondes a entraîné deux fois plus de cancers.

D'une façon générale tous les résultats mettant en cause la téléphonie mobile sont systématiquement rejetés par les fabricants de portables. Le *Dr Henry Lai*, qui travaillait sous contrat avec *Wireless Technology Research* (WTR) une société sous la tutelle de fabricants de téléphones mobiles, s'est vu refuser la publication de ses travaux parce qu'ils démentaient le credo des fabricants. Par deux fois, la société WTR lui a retourné sa copie afin qu'il y apporte des retouches : « *ils me demandaient d'interpréter différemment mes résultats afin de les rendre plus favorables à la téléphonie mobile* », s'insurge le chercheur.

La même mésaventure est arrivée au biologiste américain *Ross Adey*, qui effectuait une étude pour le compte de *Motorola*, l'un des géants mondiaux de la téléphonie mobile. Comme le fabricant refusait d'admettre ses conclusions, à savoir l'effet nocif des ondes électromagnétiques sur des animaux de laboratoire, il a préféré arrêter sa collaboration scientifique. « *Tout se passe comme autrefois avec les fabricants de cigarettes, qui refusaient de révéler toutes les études montrant les dangers du tabac* », proteste Henry Lai. Il n'est pire aveugle que celui qui ne veut pas voir.

Or, s'il y a un lien entre portable et cancer, il doit se retrouver dans les statistiques. Le nombre de décès par tumeur maligne du cerveau au cours des dix dernières années (en France) pour les deux sexes, et d'après le service d'information de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale : en 1987, on en dénombrait 2119, contre 2774 en 1996, soit une augmentation de 31% !

Le taux d'incidence (nombre de nouveaux cas dépistés chaque année) des cancers du cerveau n'est pas connu. En revanche, la *Direction générale de la santé* (qui dépend du ministère de l'Emploi et de la Solidarité) dispose du taux d'incidence de l'ensemble des cancers du système nerveux central entre 1975 et 1995 ; il s'agit à 90% de cancers de l'encéphale ; 6% sont des cancers des méninges cérébrales et les 4% restants concernent une zone autre ou non précisée du système nerveux. Autrement dit les cancers du tissu cérébral constituent la quasi-totalité des cancers du système nerveux central. Or, en 1975, ces derniers étaient au nombre de 2263 et, en

1995, on en comptait 4651, soit un petit peu plus du double ! Selon le *Dr Laurence Chérié-Challine*, attachée à la division « *Observation de la santé-alerte* », à la Direction générale de la santé, « *l'augmentation du nombre de tumeurs cancéreuses s'explique avant tout par un dépistage plus efficace. Ce qui n'exclut pas que des phénomènes environnementaux soient en cause. L'hypothèse d'une responsabilité des ondes électromagnétiques des portables est sérieusement prise en compte. Seule des investigations plus poussées permettront de déterminer leur rôle exact* ».

En attendant que la lumière soit faite, certains malades qui s'estiment victimes du portable sont déterminés à aller en justice pour obtenir réparation. Tel est le cas de *Ralph Mills*, un habitant de Harlow (Essex, Angleterre), chez qui les médecins ont découvert une tumeur de la grosseur d'une balle de ping-pong au-dessus de l'oreille droite, du côté où il plaçait le combiné. En Grande Bretagne, le réputé *cabinet d'avocats Leigh Day & Co* compte déjà 24 clients désireux de poursuivre des fabricants de portables.

En Grande Bretagne, toujours, *Richard Branson*, le patron de la *société Virgin*, conseille désormais à son personnel, à la suite du décès par cancer du cerveau de son meilleur ami, de munir leurs portables d'un écouteur et d'un micro afin d'éloigner le plus possible le combiné de la boîte crânienne.

## 8 - Un rapport britannique :

A ce jour, l'effort le plus complet pour recenser et évaluer les résultats scientifiques existants sur les effets biologiques et sanitaires du portable est un rapport commandé par le ministère britannique de la Santé en avril 1999. Le rapport paraît le **11 mai 2000**. Il est abondamment repris et commenté par les médias du monde entier. Ses conclusions sont tellement prudentes et circonstanciées qu'elles ont pu être interprétées dans des sens opposés. Bref, en conclusion le rapport recommande **d'appliquer « une approche de précaution »**.

Mais il reconnaît aussi que certaines personnes peuvent être génétiquement prédisposées à une fragilité particulière. Tout le monde n'est pas égal face au risque. Il existe aussi des différences entre les classes d'âges. Parmi les précautions suggérées dans le rapport, voici la phrase qui a fait couler le plus d'encre : « **L'usage banalisé du portable par les enfants, à l'exception des appels essentiels doit être combattu.** » Les raisons invoquées sont les suivantes : **tout indique que le cerveau des enfants absorbe plus de rayonnement que celui des adultes** ; l'ensemble du crâne est plus petit, les os sont plus minces et font moins écran, les tissus et les neurones sont en croissance et donc à la fois plus conducteurs, plus absorbants et plus sensibles aux agressions ; on peut calculer que les ondes pénètrent plus profondément et atteignent des zones du cerveau normalement hors d'atteinte chez les adultes ; enfin, s'il existe un effet cumulatif des doses reçues, plus on commence tôt, plus on est exposé à long terme.

Les autres conseils de précaution concernent les normes de puissance, l'information des consommateurs et la poursuite des recherches.

Sur la recherche d'ailleurs, le rapport exhorte à la poursuite des efforts, au financement d'un programme de grande envergure portant sur les questions les plus préoccupantes, et, à l'instauration d'un organisme de contrôle et de certification qui mesurerait notamment l'efficacité exacte des kits mains-libres et des divers dispositifs présentés comme protecteurs.

Reste une partie qui discute longuement les problèmes soulevés par les antennes-relais à proximité des habitations et des lieux publics (nous en reparlerons plus loin).

Le texte du rapport se termine ainsi : « Le groupe d'experts recommande que la question des effets possibles du téléphone portable sur la santé donne lieu à un nouveau rapport dans 3 ans, ou plus tôt si les circonstances l'exigent ».