

Champs électromagnétiques et santé

Notes de séances

Conférence du mercredi 4 avril 2001

Animée par le Dr René De Sèze

**Médecin biophysicien, Directeur de Recherches à l'Institut National de
l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS)**

M. René De Sèze débute la conférence : je suis de formation initiale radiologue et de vocation chercheur, puisque après des études de radiologie j'ai suivi des études de physique pour mieux comprendre les interactions entre les champs électromagnétiques et l'organisme. Je travaille depuis 2 mois maintenant à l'INERIS dans le service de toxicologie -direction des risques chroniques, l'INERIS ayant choisi de développer la thématique «effet sur la santé des champs électromagnétiques».

J'ai donc commencé par l'étude des interactions entre les champs électromagnétiques et l'organisme avec des applications diagnostiques, en particulier l'imagerie médicale par résonance magnétique. Mais en imagerie on s'occupe plus de l'image des organes que de l'interaction proprement dite et donc je me suis tourné vers la recherche fondamentale.

J'ai fait ma thèse sur les effets des micro-ondes modulées de faible puissance sur le système immunitaire de la souris et j'ai appris des choses qui ressemblent un petit peu à la téléphonie mobile, où l'on a des micro-ondes modulées de faible puissance, c'est bien le cas. L'idée était au départ de rechercher des applications thérapeutiques c'est-à-dire ayant un effet important sur les cellules, sur des organismes, des organes pour améliorer la santé. Il existe des applications de ce type en médecine, en kinésithérapie ou en rééducation fonctionnelle, il y a des appareils à ondes courtes qui sont des champs électromagnétiques radio fréquences. On utilise également des radars, des lasers.

Certains de ces appareils sont utilisés pour chauffer un petit peu les tissus et puis détendre les muscles, favoriser la circulation vasculaire etc... D'autres appareils utilisent très peu de puissance, on ne sent pas la chaleur.

Alors est-ce qu'il y a d'autres effets ? Certains lasers de faible puissance montrent une efficacité pour les cicatrices douloureuses. On n'a pas encore bien exploré les mécanismes qui permettent d'avoir ces effets. Depuis plusieurs années, nous avons passé une convention avec l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) pour essayer de détecter dans l'environnement professionnel les situations d'exposition importante ou les situations d'exposition aux champs électromagnétiques qui engendrent des troubles ou des perturbations pour les opérateurs qui y sont soumis. Dans ce cadre, on reçoit des questions des salariés, des médecins du travail ou des administrations sur les effets sur la santé des champs électromagnétiques. Puis, on essaie de bâtir, de construire des réponses. Quand on n'a pas de réponse, on a une base de données bibliographiques importante sur les champs électromagnétiques dans laquelle on va chercher les informations qui nous manquent et, petit à petit, on essaie d'accumuler l'expérience. Dans le cadre de cette convention, on a fait une base de données sur les symptômes qui ont été ressentis par les travailleurs, avec les caractéristiques les plus précises possibles sur les situations d'exposition, la fréquence, la modulation, l'impulsion etc... pour essayer de mettre en relation les symptômes présentés et les champs électromagnétiques auxquels les personnes sont soumises.

Le nombre de cas est peu important. On en a une vingtaine en 5 ans et le projet, c'est d'étendre cette base de données à d'autres pays européens pour que le nombre de cas soit suffisant pour pouvoir en tirer des enseignements parce qu'actuellement le nombre de situations est tellement variable et les symptômes présentés sont tellement différents qu'il n'y a aucune homogénéité sur une vingtaine de cas.

On espère bien accumuler ces cas, mais ça ne veut pas dire que l'on n'a pas beaucoup d'interactions ou de questionnements. On a plus de 500 questions posées, de préoccupations, de demandes de renseignements, d'informations etc... mais le nombre de cas présentant des symptômes réels reste très faible.

Et puis aux cours de différents congrès, on a présenté nos résultats de recherche fondamentale sur les d'applications thérapeutiques. On a été contacté par des opérateurs, des constructeurs de téléphonie mobile qui se sont préoccupés de savoir si les appareils qu'ils mettaient sur le marché pouvaient entraîner des conséquences pour la santé et donc nous ont demandé quelles seraient les études qu'il nous paraissait utile de faire pour mettre en évidence un risque

éventuel pour la santé. On a alors commencé à faire des études dans ce sens déjà depuis plusieurs années.

Je ne vais pas vous parler uniquement de la téléphonie mobile parce que le domaine des champs électromagnétiques est beaucoup plus vaste que ça. Je vous parlerai aussi des champs de basse fréquence, les E.L.F.

Le résultat de mon expérience, je vous l'annonce au départ, mais je vous montrerai après des éléments qui m'ont amené à émettre cet avis : les champs électromagnétiques de faible intensité, et je précise de faible intensité parce qu'effectivement on peut faire des brûlures avec des champs électromagnétiques de forte intensité, ne provoquent pas d'altération de la santé et je souligne bien santé parce qu'il ne faut pas confondre santé et effet biologique.

Il est vrai que des articles scientifiques montrent des effets biologiques et que ces effets biologiques justifient des études complémentaires. On rejoint un peu le principe de précaution en disant qu'effectivement s'il y a des effets biologiques il faut les regarder de près pour voir s'ils peuvent avoir des conséquences sur la santé. Là je suis tout à fait d'accord avec cette démarche et en tant que chercheur je ne peux que l'approuver et l'encourager.

La conférence est composée de trois parties. Je vais parler des champs statiques, des champs E.L.F et des champs radio fréquence parce que ça correspond schématiquement à des mécanismes différents même s'il y a des recoupements, mais cela permet de clarifier un peu les idées et ça va permettre de montrer beaucoup mieux ce que l'on sait actuellement puisqu'on parle beaucoup des incertitudes et de tout ce que l'on ne connaît pas.

Je vais d'abord vous situer un petit peu les paramètres et unités utilisés dans la conférence sans formules mathématiques. Je vous parlerai donc des mécanismes d'interaction que l'on connaît, des effets biologiques que l'on explique ou que l'on n'explique pas, des résultats des principales études épidémiologiques et puis quelques notions sur la réglementation.

Les unités et les paramètres d'exposition sont :

* le champ magnétique appelé habituellement H (pour les puristes physiciens c'est bien le champ magnétique) et il est exprimé en ampère par mètre ($A.m^{-1}$). On parle plus souvent du champ magnétique en tesla et pour les puristes physiciens c'est l'induction magnétique mais ça n'a pas beaucoup d'importance donc, on va dire simplement H en ampère par mètre ou bien en tesla (T).

* les champs électriques sont exprimés en volt par mètre ($V.m^{-1}$).

Dès qu'on associe un champ magnétique et un champ électrique variable, dès qu'il y a un champ alternatif, on produit :

* un rayonnement ($W.m^{-2}$)

Ceux qui ont quelques notions de physique voient que si on multiplie des ampères par mètres par des volts par mètres, on obtient des watts par mètres carrés ($W.m^{-2}$) ce qui permet de retomber facilement sur ses pieds.

Ce sont donc les trois paramètres des champs électriques ou champs magnétiques. Le rayonnement est exprimé par sa puissance, ou sa densité de puissance, et on sait également que les champs sont caractérisés par leurs fréquences.

Pour les fréquences on va rappeler les différentes applications que l'on peut rencontrer dans l'environnement en commençant par

* les champs statiques, les anglophones disent « Direct Current » (DC) . Un exemple, c'est le champ magnétique terrestre. Il n'est pas tout à fait constant, il y a des petites fluctuations, mais à l'échelle de la minute ou de l'heure, il est relativement constant. Cela peut être un champ électrostatique quand il y a une structure qui est chargée électriquement.

On parle beaucoup plus des champs E.L.F (excusez-moi mais cette image est anglaise. Les Anglais ont des champs a 60 hertz, nous en Europe on a des champs à 50 hertz (50 Hz)) c'est ce que l'on appelle les E.L.F (Extremely Low Frequencies) : extrêmement basses fréquences. Et l'on voit que si l'on regarde toute la gamme des fréquences, le champ statique est tout en bas.

* On a fait des études sur les effets biologiques à des fréquences encore inférieures : 3 - 4 ou 8 hertz, on a un peu tout regardé,

* Principalement il y a beaucoup d'études à 50 hertz,

* Ensuite, il y a les kilohertz (on est dans la gamme des écrans vidéos : 15 - 30 kilohertz). Il faut savoir que tous les appareils, et ce sera vrai aussi pour les fours micro-ondes, alimentés par l'électricité, sont alimentés avec du 50 hertz. Ils sont munis d'un transformateur et présentent donc tous du champ à 50 hertz. Mais ce n'est pas la composante principale, ce n'est pas pour ça qu'ils sont faits mais, forcément, ils présentent tous cette composante 50 hertz, sauf s'ils fonctionnent avec des batteries comme les téléphones portables,

C'est aussi la fréquence des plaques à induction culinaire avec des champs qui ne sont pas négligeables. Ce sont également des fréquences que l'on rencontre dans les portiques antivols mais pour ces derniers, on rencontre toutes les fréquences que l'on peut imaginer : des très

basses fréquences, des kilohertz, des mégahertz, quelques gigahertz : toute la gamme des champs électromagnétiques,

* Ensuite, les mégahertz correspondent à la radiodiffusion ondes longues (1 mégahertz), * modulation de fréquence : 100 mégahertz,

* Avec 400 ou 500 mégahertz, vous avez la télévision, satellite,

* téléphones mobiles : 900-1800 mégahertz et un petit peu plus parce qu'avec l'UMTS bientôt on va être à 2100 mégahertz. En terme de fréquence, il y a presque une continuité dans les applications : on arrive au four micro-ondes. Ce n'est pas pour ça que l'on fait le même usage d'un four micro-ondes que d'un téléphone cellulaire et heureusement parce qu'autrement on serait mal,

* micro-ondes : on est là dans la même gamme de fréquences c'est-à-dire 900, 1800, 2100, 2450 mégaHz. Pourquoi est-ce que je dis 2450 ? C'est une notion qui n'est pas tout à fait innocente parce qu'on utilise, par exemple en médecine, des générateurs ondes courtes qui sont à 27 mégahertz ou plus exactement 27,12. On se demande pourquoi on a des chiffres comme ça. C'est parce que l'Union Internationale des Télécommunications, quand les champs électromagnétiques se sont propagés, ont été diffusés, s'est attribuée toutes les fréquences sauf quelques-unes, qu'elle a laissé pour des applications particulières qu'on appelle les applications industrielles, scientifiques et médicales (bandes ISM). Il y a quelques fréquences très spécifiques que l'on va retrouver dans de très nombreuses applications. En effet, une fois qu'une technologie s'est développée à une fréquence donnée, c'est beaucoup plus facile de la multiplier ou de l'adapter et cela correspond à 27 mégahertz dans la gamme des radio fréquences. C'est aussi la fréquence des cibistes.

* il y a 2450 mégahertz pour les applications médicales. Ce n'est pas parce que c'est une fréquence particulièrement efficace pour ce qu'on veut en faire. Il se peut très bien que d'autres fréquences soient plus efficaces. Je pense aux 64 mégahertz par exemple, en IRM : comme la fréquence dépend de l'intensité du champ magnétique, on oublie cette règle c'est-à-dire qu'on prend des fréquences même si elles sont pas imposées. On a un gros blindage électromagnétique autour de la pièce d'IRM. Les champs électromagnétiques ne sortent pas de là. Ils ne vont pas perturber les communications des voisins. De la même façon, les 2450 mégahertz donnés pour les fréquences industrielles marchent bien pour la cuisson des aliments. Mais on pourrait trouver que 3000 mégahertz ou 1500 seraient plus efficaces pour la cuisson des aliments. Cela dépend de la taille du four, etc...

* on peut monter encore dans les giga hertz avec certains radars et, en fait, ça s'arrête à peu près là.

Ensuite on arrive dans d'autres domaines de radiations qui sont toujours des rayonnements électromagnétiques mais ce sont des applications un peu différentes notamment avec l'infrarouge.

- * La thermographie infrarouge permet de repérer les organismes vivants dans la nuit parce que tout corps qui produit un peu de chaleur émet des infrarouges,
- * La lumière visible permet de voir les couleurs et est beaucoup utilisée dans les lasers,
- * l'ultra violet.

A partir d'un moment il y a une limite. Ceci ne veut pas dire limite entre effets pathologiques et effets non pathologiques parce qu'on peut très bien attraper une insolation avec la lumière visible, les ultraviolets, on peut très bien se brûler si le système de sécurité ne fonctionne pas dans un four micro-onde. C'est une limite entre ce que l'on appelle effets de rayonnements non ionisants et effets de rayonnements ionisants. Ionisant ça veut dire que le rayonnement va avoir suffisamment d'énergie pour créer un ion, enlever un électron à un atome ou casser des molécules. A partir de ce moment là les dégâts biologiques sont à peu près connus. On sait qu'on peut casser des molécules et si on casse un chromosome il y a un risque de cancérisation.

Dans les rayonnements non ionisants, on ne connaît pas tout, il y a encore des incertitudes, mais on ne connaît pas de phénomène de ce type. Donc, dans les rayonnements ionisants, on arrive, au-delà des ultraviolets,

- * aux rayons X assez bien connus pour tout ce qui est radiographie,
- * aux rayons gamma, un peu moins bien connus (ils sont utilisés en médecine nucléaire pour faire des scintigraphies et utilisés pour des applications dramatiques lors des dernières guerres et puis encore de temps en temps). C'est toute l'énergie nucléaire avec ses bons et ses mauvais côtés. Je ne jugerai pas cet aspect des choses.

Les unités que je vous ai présentées, je les appelle « les unités d'exposition ». Cela veut dire qu'il s'agit d'intensité des champs ou de fréquences des champs que l'on peut mesurer avec des instruments physiques. C'est ce que l'on peut mesurer dans l'air ambiant qui nous entoure.

Il existe d'autres unités qui sont moins bien connues, que j'appelle « les unités d'absorption » qui sont les paramètres qui conditionnent les effets biologiques que l'on connaît.

On a essayé de regarder quels étaient les effets biologiques des champs électromagnétiques et on a essayé de voir à quels paramètres sont reliés ces effets.

- Dans le domaine des basses fréquences, c'est ce que l'on appelle la densité de courant induit. Le champ électrique, ou le champ magnétique, va produire des courants à l'intérieur de l'organisme et ces courants sont quantifiés par la densité de courant, c'est-à-dire que le même courant va passer de la tête au pied, mais la densité de courant au niveau du cou va être plus importante parce que la surface est plus étroite. C'est le cas aussi au niveau des poignets et des chevilles par exemple. Au niveau du tronc, les lignes de courants vont s'étaler parce qu'elles ont plus de place, donc la densité du courant va être plus faible.

- Dans le domaine des radiofréquences, toujours en rappelant qu'il y a un domaine de recouvrement entre les deux, l'unité que l'on peut mesurer, pour laquelle on connaît bien les effets, c'est la puissance absorbée par unité de masse de tissus (on va dire par kilo de foie ou par kilo de muscle). En français il s'agit du « débit d'absorption spécifique » mais on dit plus facilement le « DAS », les anglais ou les anglo-saxons disent le « SAR ». Cela s'exprime en watt/kg, ça fait un watt de puissance absorbé par kilogramme de tissu.

J'ai mis une petite formule simplement pour vous indiquer que ce débit d'absorption spécifique est proportionnel au carré du champ électrique. Je veux surtout insister sur le fait qu'ici c'est le champ électrique interne, c'est-à-dire à l'intérieur des tissus et ce n'est pas celui que l'on mesure à l'extérieur. Il faut savoir qu'il n'est pas le même, et heureusement pour vous, il est très difficile de mesurer le champ électrique à l'intérieur des tissus.

Dans le domaine des radiofréquences, il n'est pas très différent. Il peut représenter un facteur 2, un facteur 3 ou un facteur 10. Dans le domaine des très basses fréquences, le champ électrique à l'intérieur des tissus peut être un million ou un milliard de fois inférieur au champ électrique à l'extérieur. Je reviendrai dessus tout à l'heure. Et le rayonnement est également un paramètre d'interaction avec l'organisme parce que plus on monte en fréquence, plus l'absorption est superficielle : c'est-à-dire que le champ ne va pas pénétrer en profondeur à l'intérieur des tissus. Il va s'arrêter à la surface, à la superficie et à partir de ce moment là, la puissance du rayonnement, tel qu'on le mesure à l'extérieur quand on est avec des hautes fréquences, va être ce que l'on reçoit dans la peau. Il devient alors un facteur limitant du point de vue de la puissance absorbée.

- Du point de vue des mécanismes dans le domaine des champs statiques : un **champ électrique statique** peut produire une force sur une particule chargée.

Qu'est-ce qu'une particule chargée ? Toutes les particules sont chargées. L'être humain est composé de cellules, de molécules, d'ions. Les molécules sont composées d'atomes et les atomes sont composés de protons, de neutrons et d'électrons. Il y a des particules chargées partout. Mais, si les électrons et les protons se compensent, la particule globalement n'est pas chargée.

Donc les particules chargées vont être tout ce qui reste sous forme ionisée. Chaque fois qu'il y a une charge qui se manifeste au niveau de nos molécules, les champs électriques statiques vont pouvoir exercer une force sur ces particules, donc sur les molécules. Vous avez entendu parler du terme d'acides aminés qui sont des molécules qui constituent les protéines. Les acides aminés possèdent des charges positives et des charges négatives. Les charges libres sont les ions qui circulent librement à l'intérieur des tissus dans le sang, entre les cellules, dans le tissu interstitiel et le courant « J ». On retrouve les paramètres déjà évoqués tout à l'heure, la densité du courant « J » est proportionnelle au champ électrique **à l'intérieur des tissus**.

On retrouve toujours, pour les paramètres dont on connaît les mécanismes d'interaction, une proportionnalité soit par rapport au champ électrique soit par rapport au carré du champ électrique, mais toujours le champ **électrique** à l'intérieur des tissus. La peau et les membranes cellulaires sont constituées en grande partie de lipides et ces molécules sont isolantes, ce qui veut dire que la peau ou les membranes cellulaires ne laissent pas passer facilement les champs et les courants. Ce qui ne veut pas dire que ce soit un isolant total.

Dans le domaine des champs statiques, fréquence zéro, le champ électrique à l'intérieur des tissus est un million de million fois inférieur au champ électrique à l'extérieur. Même si on est soumis à un champ électrique relativement intense mais s'il est statique, le champ à l'intérieur des tissus est très faible.

Les champs magnétiques statiques peuvent produire des **effets mécaniques** qui peuvent agir sur ce que l'on appelle les molécules qui ont des propriétés magnétiques : diamagnétiques, paramagnétiques, qui peuvent orienter ou déplacer des molécules. Plusieurs équipes ont montré qu'il existait des cristaux de magnétite dans des bactéries chez les pigeons, chez les abeilles. On a montré que ces cristaux de magnétite pouvaient avoir un rôle dans l'orientation des pigeons pour retrouver leur pigeonnier, peut-être aussi chez les abeilles. Pour les bactéries, je vous en parlerai en détail juste après. On a même démontré qu'il existait de la magnétite dans le cerveau humain. Je ne sais pas si ces expériences ont été confirmées

ou non. Il est très étonnant que depuis bientôt 10 ans une telle découverte ait été publiée sans qu'elle ait été contrôlée, vérifiée ou re-démontrée, voire même controversée. Le fait qu'il y ait de la magnétite dans le cerveau humain ne signifie pas forcément qu'il y ait une interaction, mais même s'il y a sûrement une interaction des champs extérieurs avec cette magnétite, est-ce que ça a une traduction biologique ? Ce n'est pas évident. C'est sûrement quelque chose de très intéressant à étudier.

Une autre molécule a des propriétés magnétiques particulières : l'hémoglobine. C'est une molécule assez bien connue, elle est très intéressante parce qu'en fonction de sa liaison ou non à des atomes d'oxygène, elle peut être soit diamagnétique soit paramagnétique c'est-à-dire que son champ magnétique est inverse suivant qu'elle amène l'oxygène dans le tissu ou qu'elle repart du tissu sans son oxygène. C'est intéressant mais comment démontrer un effet biologique sur les molécules d'hémoglobine ? Des chercheurs japonais ont montré cela. Ils ont fait passer du sang dans un tube et ont mis un champ très intense de chaque côté du tube. Ils ont montré qu'on pouvait dévier les globules rouges qui contiennent de l'hémoglobine. Une partie du tube devient translucide parce que les globules rouges sont déviés. Mais il faut quand même un champ de 7 à 8 teslas. Je ne sais pas si cela vous dit quelque chose : les champs que l'on utilise en IRM qui sont des champs relativement intenses sont de l'ordre de 1 tesla en champ statique et le champ terrestre c'est 50 micro tesla c'est-à-dire quasiment 100.000 fois moins. Maintenant cela permet de donner une échelle de grandeur et les champs que l'on rencontre dans l'environnement en champ constant, à part l'IRM, sont relativement faibles.

Je vais vous parler des bactéries qui contiennent des cristaux de magnétite. Plusieurs espèces de bactéries, plusieurs espèces d'algues fabriquent des cristaux de magnétite et ces cristaux de magnétite peuvent être mis en évidence sous le microscope. C'est un phénomène qui est très intéressant parce que ces bactéries utilisent le champ magnétique terrestre pour s'orienter. Ces bactéries ont besoin d'aller vers le fond de la mer pour se nourrir des sédiments et pour éviter la lumière et l'oxygène de l'air qui leur sont toxiques. Si elles vont à la surface de la mer, elles meurent. Si vous prenez une bactérie de l'hémisphère nord et que vous la transposez dans l'hémisphère sud, elle va aller à la surface au lieu d'aller au fond et elle va mourir. Pourquoi ? Parce que le champ magnétique terrestre qui sort par le pôle Sud et qui remonte vers le nord a deux composantes : une composante horizontale qui sera toujours orienté vers le pôle Nord, à la surface de la terre, et une composante verticale. La composante

verticale dans l'hémisphère sud va du fond de la mer vers la surface et dans l'hémisphère Nord : de la surface vers le fond de la mer. Cela veut dire que lorsque vous avez ces cristaux de magnétite, ils sont polarisés de façon à ce que le champ magnétique terrestre oriente la bactérie. Avec ses cils vibratiles, elle va aller au fond et se nourrir de petits sédiments. Des bactéries peuvent muter. Au lieu d'aller au fond elles vont à la surface et meurent. Les bactéries des hémisphères Nord et Sud fabriquent toutes les deux des cristaux de magnétite mais tout simplement inversés. Il y en a qui vont avoir une polarisation nord et d'autres une polarisation sud. Je trouve ce phénomène extrêmement intéressant parce qu'il dit clairement qu'il existe des espèces vivantes sur la terre pour lesquelles le champ magnétique est vital. Un champ magnétique aussi faible que le champ magnétique terrestre constant est vital. Heureusement que ce n'est pas le cas pour l'homme parce qu'on ne pourrait pas aller voir les jeux olympiques en Australie. Donc il y a des effets biologiques importants, c'est vraiment un effet biologique massif (question de vie ou de mort) et ce n'est pas forcément transposable à l'homme.

On peut voir les effets des champs magnétiques sur les **interactions électroniques**. Simplement pour dire qu'un champ électromagnétique peut modifier la vitesse de réaction chimique. On est arrivé à montrer qu'un champ de 100 milli teslas, c'est-à-dire 2000 fois plus que le champ terrestre, pouvait modifier une vitesse de réaction chimique, 10% de variation dans la vitesse et uniquement sur une certaine plage d'intensité. Mais je ne sais pas trop ce que cela peut entraîner et par quoi cela peut se traduire.

Un champ magnétique peut également **dévier des charges en mouvement** : des particules chargées qui se déplacent dans un champ magnétique ont un mouvement circulaire, c'est le principe du cyclotron. Dans le cyclotron on fait venir des particules chargées à très grande vitesse et on les fait tourner, on les accélère pour augmenter leur vitesse et leur donner plus d'énergie. Ce phénomène se manifeste chez l'homme et on a pu observer chez des patients, encore une fois dans l'IRM, une modification de l'électrocardiogramme. On a donc limité les IRM à 2 teslas, mais on s'est rendu compte que cette modification d'électrocardiogramme était produite par l'effet du champ magnétique sur les ions qui circulent dans l'aorte. Les ions vont être déplacés par le champ magnétique d'un côté à l'autre de l'aorte, ce qui va entraîner une différence de potentiel qui va se surajouter à l'électrocardiogramme. C'est un phénomène d'accompagnement passif qui ne traduit pas un retentissement sur le fonctionnement cardiaque. C'est encore un exemple d'un effet biologique qui nous a inquiété un moment. On

a pris des précautions et puis on a bien étudié la question et on s'est rendu compte que ce phénomène était un phénomène tout à fait adjacent par rapport au fonctionnement du cœur.

Dans le domaine des ELF, les mécanismes d'interaction des champs électriques sont les mêmes que ceux des champs constants, c'est à dire toujours une force sur une particule chargée.

→ Les membranes sont toujours isolantes, un petit peu moins, ce qui fait que les champs électriques à l'intérieur du tissu sont très atténués et, à 50 hertz, le rapport entre le champ électrique à l'intérieur du tissu et le champ électrique à l'extérieur du tissu est de 10^8 : 100 million de fois inférieur au champ électrique extérieur. En clair ça veut dire que quand vous êtes sous une ligne à haute tension soumis à un champ électrique à 50 hertz, de 10 kv/m, le champ électrique produit à l'intérieur des tissus est de 0,1 mV par mètre. Cela peut avoir des conséquences, peut-être pas. On voit des cheveux qui se hérissent mais du point de vue des effets sur les membranes, ce n'est pas évident. D'autant plus qu'il existe également une différence de potentiel très importante entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule. Sur une très faible distance, l'épaisseur de la membrane, on a des différences de potentiel qui entraînent un champ électrique de l'ordre de 10^7 volt/mètre.

Un intervenant : Dans ce cadre plus précis, y a-t-il eu des observations dans la durée concernant des personnes vivant sous des lignes à haute tension ? Si des études ont été faites, quels en sont les résultats ?

René De Sèze : D'accord, je vous en reparlerai au niveau des études épidémiologiques. Je vais simplement dire au niveau de la biologie, de la cellule, il y a une différence de potentiel très importante entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule. Ce qui ne veut pas dire que les champs extérieurs ne peuvent pas avoir d'effet, parce que ça n'empêche pas les ions de passer de part et d'autre de la cellule en permanence. Les champs électriques ne sont pas des forces suffisantes pour empêcher les ions de passer. Il y a d'autres forces, chimiques ou autres, qui peuvent se manifester, il y a donc des équilibres sur lesquels les champs extérieurs, même faibles, peuvent éventuellement agir. Mais il faut quand même mettre en balance les différents phénomènes qui se produisent. Il existe donc des courants, les ions et les électrons se promènent dans les liquides extra-cellulaires : on peut avoir des interactions au niveau de la membrane se traduisant par des phénomènes que l'on appelle « la transduction ». Au niveau

de la membrane des molécules provoquent des signaux. Il va y avoir une cascade d'événements à travers les cellules et des phénomènes amplificateurs se produisent à l'intérieur des cellules. On peut très bien imaginer qu'un petit effet sur un phénomène qui est amplifié puisse avoir de grandes conséquences.

→ Les effets biologiques des **champs électriques, ELF** : on peut donc parler des poils qui se hérissent mais il existe des études de comportement sur les animaux. On a mis des rats sous des champs électriques de 50 hertz, très intenses : ils sont assez peu sensibles aux champs électriques. C'est-à-dire que ça n'affecte ni leur comportement, ni leur comportement alimentaire, ni le comportement d'apprentissage et il faut des champs supérieurs à 20 KV.m^{-1} pour les perturber. Ce sont des champs que l'on rencontre peu ou pas dans l'environnement.

Un effet particulier a été montré et c'est aussi vrai pour les champs magnétiques constants que pour les champs magnétiques ELF : on a montré que la sécrétion de mélatonine, hormone produite par une glande au niveau du cerveau, l'épiphyse, peut être diminuée par une exposition à un champ magnétique constant ou alternatif, de très faible fréquence. On a montré aussi que les cellules épiphysaires (ce n'est pas une observation isolée, il s'agit d'une série d'observations qui sont très bien corrélées entre elles) avaient une activité électrique modifiée par l'exposition à un champ magnétique. Le simple fait d'annuler ou d'inverser le champ magnétique terrestre permet de modifier l'activité électrique des cellules épiphysaires. C'est un phénomène que l'on connaît déjà au niveau de la vision. On sait que sur la rétine on a des cellules qui sont sensibles aux lignes verticales, d'autres aux lignes horizontales et d'autres aux déplacements. Chacune de ces cellules a ses spécificités. On retrouve des phénomènes à peu près identiques sur les cellules épiphysaires avec les champs magnétiques. On a montré aussi que les champs magnétiques pouvaient modifier l'activité des enzymes qui fabriquent la mélatonine. Donc il y a une grande quantité d'étapes biologiques qui ont été décortiquées pour montrer une succession d'événements qui est tout à fait cohérente.

Un intervenant : A quoi sert la mélatonine ?

René De Sèze : Très bonne question. Certains vont dire à tout, d'autres vont dire à rien. C'est une hormone qui est impliquée dans beaucoup de phénomène mais qui n'a pas de rôle prépondérant. Là où elle a un rôle bien établi, c'est dans le rôle d'horloge biologique c'est-à-dire qu'elle suit les rythmes veille/sommeil. C'est vraiment son rôle le mieux établi. On en

donne pour compenser le décalage horaire, certaines personnes disent que ça marche très bien. On dit qu'elle est impliquée aussi dans le phénomène de cancérisation, qu'elle a un rôle protecteur contre le cancer. On dit qu'elle a un rôle dans la dépression.

Un intervenant : Il y a donc un rôle de protection contre le cancer ?

René De Sèze : Juste pour préciser ce point. Certaines études ont montré un rôle de protection contre le cancer sur des manipulations in-vitro, c'est-à-dire sur des cultures de cellules. Il y a des éléments qui laissent penser qu'elle a un rôle protecteur contre le cancer.

Un intervenant : Vous avez aussi parlé de protéines et ce sont les protéines qui permettent de coder. On voit que dans les maladies génétiques, ce sont les protéines qui sont le plus souvent en cause. N'y aurait-il pas un lien possible ?

René De Sèze : A propos de quoi ? Parce que j'ai parlé de protéines à plusieurs reprises.

Un intervenant : Dans votre dernière intervention, vous disiez que sur la mélatonine il y avait la possibilité de changement dans le ...

René De Sèze : J'ai parlé de l'activité enzymatique qui permettait de fabriquer la mélatonine. Il y a des effets des champs magnétiques sur des activités enzymatiques.

Les effets **des champs magnétiques de très basses fréquences** : On sait qu'un champ magnétique variable va produire un courant dans une boucle métallique. Tout à l'heure je vous disais que la peau et les membranes des cellules sont isolantes mais le milieu interstitiel est un milieu conducteur. Un champ magnétique variable dans un tissu biologique va produire des courants dans le milieu interstitiel : courant qui est proportionnel à la fréquence du champ (plus la fréquence est élevée plus le courant est important) et à l'intensité du champ magnétique. On a vu des effets des champs à très basses fréquences *in vitro* et *in vivo*. *In vitro* on a vu une modification de l'activité enzymatique de l'ornithine décarboxylase (ODC). Il me paraît important de préciser sur cette expérience qu'après quatre heures d'exposition, l'activité de cette enzyme est multipliée par un facteur 2. Lorsque des cellules tumorales prolifèrent, l'activité de cette enzyme est multipliée par un facteur 500. C'est peut-être un petit début de phénomène qui ressemble à ce qui se passe dans le cancer. Mais ce n'est qu'un

facteur 2 par rapport à un facteur 500. Il ne faut pas confondre une vague et un raz-de-marée. Il faut donc garder un œil ouvert et regarder : est-ce que cela peut avoir des conséquences ? Est-ce que ces conséquences peuvent augmenter, se cumuler et se traduire par des effets à long terme ou est-ce que ça reste des effets modérés ? On a vu des effets sur les flux de calcium, les échanges de calcium entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule avec un effet de résonance à 16 hertz que l'on a appelé l'effet de résonance cyclotron, on a vu les mêmes effets pour d'autres ions comme le potassium, le sodium, le magnésium. Ce sont des effets extrêmement intéressants, extrêmement curieux pour les chercheurs, pour les fundamentalistes. Pour les biologistes, c'est moins évident parce que les variations de flux de calcium qui ont été observées sont de l'ordre de 50% donc un facteur 1,5 à 2 du flux de calcium qui entre et qui sort de la cellule. Il faut savoir que la moindre fonction cellulaire se traduit par une augmentation de la concentration intra cellulaire d'un facteur 100 à 1000. Encore une fois, un effet de 50% ou 100%, ça reste intéressant d'un point de vue fondamental mais d'un point de vue biologique ou des conséquences biologiques, c'est vraiment trois fois rien. La différence de concentration entre l'extérieur et l'intérieur de la cellule est d'un facteur 10000. *In vivo*, on a vu aussi des effets des ELF sur la mélatonine. Il y a un chercheur, Wood, qui a publié un effet chez l'homme. Il a montré une diminution de la mélatonine chez l'homme d'une faible proportion mais il y a eu plusieurs études sur la mélatonine chez l'homme qui sont négatives. Alors, est-ce réel ou occasionnel ? Cela reste à démontrer. On a vu également des effets des champs de très basse fréquence sur l'électroencéphalogramme par nos voisins belges. Il y a une publication qui a montré des modifications de l'électroencéphalogramme par des champs électromagnétiques à 50 hertz. Mais si je parle, l'EEG varie, si je m'arrête de parler l'EEG varie aussi. De la même façon, s'il y a de la lumière l'EEG n'est pas le même que lorsqu'il n'y en a pas. Donc une variation de l'EEG, c'est uniquement une adaptation aux conditions environnementales. Ce qui reste intéressant par rapport aux champs électromagnétiques c'est que pour la lumière on a des récepteurs connus, pour les sons aussi et pour les champs électromagnétiques on n'a pas de récepteurs identifiés. Il y a donc quelque chose d'intéressant à rechercher au niveau des récepteurs, quels sont-ils et qu'est-ce qui permet d'observer ces effets ? Un autre phénomène intéressant, c'est les magnétosphères.

Ce sont des perceptions lumineuses, que vous ayez les yeux ouverts ou fermés, produites par un champ magnétique variable. Ce sont des ouvriers, des opérateurs qui travaillaient dans des champs magnétiques relativement intenses, 20 – 30 milli tesla, c'est quand même pas énorme, dans des gammes de fréquence 20 – 30 hertz, qui ont perçu ces sensations lumineuses. Ce

phénomène est très intéressant parce que n'importe qui peut l'expérimenter. C'est vrai que ça reste subjectif, ce n'est pas mesurable par quelqu'un d'autre mais c'est universel, tout le monde peut l'expérimenter et pourtant, on a pas de récepteurs biologiques connus, on ne sait pas quelles en sont les conséquences. Apparemment cela n'a pas de conséquences à long terme mais ce phénomène est intéressant parce qu'il permet quand même de dire : « ce n'est pas parce qu'on ne connaît pas les mécanismes d'un phénomène, qu'il n'existe pas ». Ce phénomène, tout le monde peut l'observer. Il y en a d'autres, il y a d'autres études biologiques, il y a d'autres effets biologiques qui sont très contestables parce qu'ils ont été observés par une équipe parmi 100 et que les 100 autres équipes ont trouvé des résultats différents et on ne peut pas retenir 1 résultat différent de 100 autres. Mais quelque chose qui peut être observé par tout le monde, même si on n'a pas d'explication, je crois que c'est un phénomène intéressant.

Je vais passer un peu plus vite maintenant. On connaît les effets des courants sur les tissus. On sait qu'au-delà de 3 ampères.m⁻² on peut provoquer une fibrillation cardiaque . Une densité de courant dans les tissus peut donc être mortelle. Entre 100 et 1000 milliampères.m⁻² on peut provoquer des contractions musculaires. On peut supposer que ça peut être un risque parce que l'on peut perdre l'équilibre, on peut faire des faux mouvements et donc on peut considérer ça comme nocif pour la santé. Donc il faut éviter d'atteindre ces niveaux. Entre 10 et 100 milliampères par m² il y a des petits effets qui ont été observés : sur le système visuel, sur le système nerveux. C'est aussi la gamme des densités de courant qui sont utilisées pour la consolidation des fractures pathologiques. C'est une application médicale reconnue aux Etats-Unis et par l'Académie de Médecine en France. En-dessous, entre 1 et 10 milliampères.m⁻² les effets qui ont été observés sont mineurs : soit transitoires et donc qui ne durent pas, soit difficilement reproductibles. Et donc on a pris comme seuil de nocivité la valeur de 100 milliampère/m² et on recommande de ne pas dépasser la valeur de 10 milliampères.m⁻². On prend un facteur 10 de sécurité par rapport à des effets qui pourraient tout à fait être nocifs.

Du côté des études épidémiologiques, je vais rebondir sur la question qui m'a été posée tout à l'heure, il n'y a pas d'études épidémiologiques sous les lignes à haute tension parce que la population qui vit sous les lignes à haute tension est beaucoup trop faible pour pouvoir faire une étude épidémiologique. Il peut y avoir des cas, mais il ne peut pas y avoir d'étude épidémiologique. Toutes les études épidémiologiques qui ont été réalisées, l'ont été en relation avec l'intensité du champ magnétique dans les domiciles.

- Il y a des études qui ont été faites chez l'enfant et chez l'adulte. Chez l'enfant, on a trouvé une incidence augmentée de leucémie. Quand on dit augmentée il faut quand même modérer, c'est légèrement augmentée. Si on fait le compte de toutes les études qui ont été réalisées ça fait un facteur de 1,4 – 1,5. Il faut savoir que le facteur de risque de cancer du poumon pour un fumeur, c'est un facteur 30. Alors c'est vrai qu'on peut choisir de fumer et qu'on ne choisit pas d'être exposé aux champs électromagnétiques. Ça reste faible pour le risque, non pas par rapport aux enfants, mais par la relation de cause à effet que l'on peut en tirer du point de vue scientifique. Maintenant, on peut en penser ou s'en servir comme on veut. C'est un autre débat. Du point de vue scientifique ça reste extrêmement faible et ténue.

- Dans les premières études qui ont été faites, c'est surtout la configuration des lignes qui a été étudiée. Donc ce n'était pas les niveaux de champs. Lorsqu'on a voulu faire la corrélation avec les niveaux de champs on n'a pas retrouvé de corrélation.

- Ensuite il y a d'autres études et en particulier celle qui a donné lieu à la valeur suédoise de 0,2-0,3 micro tesla. Cette étude a montré qu'au dessus de 0,2 micro tesla le risque était augmenté. Mais il faut faire très attention parce qu'encore une fois, du point de vue épidémiologique, plus on monte le niveau, plus les populations que l'on considère sont faibles. Donc on a très peu de cas et la certitude est de plus en plus faible. C'est la relation avec la proximité des lignes électriques de distribution, pas des lignes à haute tension. C'est-à-dire que s'il y a un grand nombre de lignes électriques autour de la maison, suivant l'intensité des lignes autour de la maison, à ce moment là le risque de leucémie est un peu augmenté. C'est ce que l'on étudie encore et c'est pour essayer de comprendre ces études épidémiologiques que de nombreuses études expérimentales, de laboratoire, ont été faites pour essayer de trouver quels seraient les mécanismes qui permettraient d'expliquer ça.

Pour nuancer l'influence de ce facteur 1,5, les critères de cause à effet que l'on retient habituellement pour les études épidémiologiques sont :

- * l'exposition a-t-elle bien précédé la maladie ? C'est évident puisque c'est là-dessus que l'on se base pour faire les études sur les champs électromagnétiques.

- * La relation est forte ? Non, elle n'est pas forte par rapport à d'autres facteurs.

- * La relation est constante ? Non, elle n'est pas constante. On la voit dans 2/3 des études, pas dans toutes les études.

- * L'effet spécifique ? peut-être. C'est vrai que l'on retrouve plus souvent des leucémies que d'autres types de cancers mais ça peut être aussi des cancers du cerveau, ça peut être autre

chose. Donc, ce n'est pas vraiment spécifique. Et puis de temps en temps c'est tel type de leucémie, de temps en temps c'est un autre. Cela pose des problèmes aux personnes responsables de la santé publique.

* Il existe une relation dose/réponse ? La réponse est non. Chaque fois que l'on a essayé de préciser la valeur des champs, les relations sont de plus en plus faibles. Plus on donne des valeurs de champs, plus la relation est faible. Donc, ce n'est pas un critère en faveur d'une relation de cause à effet.

* Le mécanisme physiopathologique est compris ? Non, il ne l'est pas. On n'a pas de mécanismes biologiques qui permettent d'expliquer qu'on observe des leucémies.

- Des tiers facteurs ont été étudiés ? La réponse est oui, c'est-à-dire que l'on a étudié la pollution, le niveau socio-économique et tout un tas d'autres facteurs qui pourraient être influents. Cela ne nous a pas beaucoup aidé parce qu'on n'a pas pu montrer que c'était un autre facteur qui était responsable ni montrer que c'était les champs électromagnétiques qui étaient responsables. Donc on a toujours cette incertitude.

Question de la salle (non saisie)

René de Sèze : Les études vont dans ce sens, c'est-à-dire, d'une part, essayer de trouver l'association d'un champ électromagnétique et d'un autre facteur et, d'autre part, essayer de trouver des personnes qui seraient plus sensibles que d'autres. Ceci expliquerait pourquoi on n'arrive pas à faire des études épidémiologiques très reproductibles s'il y a des facteurs biologiques qui permettent à certaines personnes d'être plus sensibles que d'autres. A ce moment là on peut comprendre que dans certaines populations on trouve une augmentation du taux de leucémie. Mais cela reste encore à définir. Cela s'appelle la recherche d'indicateurs. En exposition professionnelle, les études sont vraiment inconsistantes et donc il n'y a pas de risques vraiment démontrés ou de pistes sérieuses.

La conclusion des études épidémiologiques, c'est que le risque relatif est faible. Il y a une association plutôt qu'une relation de cause à effet.

Si on retient un phénomène qui mérite d'être étudié de plus près, c'est le risque de leucémie chez l'enfant, mais comme vous pouvez le voir en 1994 il y a une étude qui montrait qu'il y avait aussi une association entre la consommation de hot-dogs et la leucémie. Donc attention de ne pas envoyer trop les enfants au Mac Do. Mais encore une fois il n'y a pas de certitude. Il existe toujours une incertitude sur des phénomènes que l'on ne connaît pas. Heureusement, parce qu'autrement je m'arrêterai de faire de la recherche. Si on savait tout, il n'y aurait aucun

intérêt à faire de la recherche. C'est vrai qu'il y a beaucoup de documentation qui me manque parce qu'il me faudrait plusieurs vies pour lire toute la documentation disponible, mais j'en ai lu déjà beaucoup : ça fait plus de vingt ans que je travaille sur ce sujet. La seule chose que l'on peut faire c'est essayer, par les études épidémiologiques, par l'expérimentation, de diminuer le niveau d'incertitude. C'est ce que l'on essaie de faire et je suis d'accord, il faut le faire.

Actuellement on a encore une incertitude par exemple pour la téléphonie mobile, les téléphones portables, les antennes de station de base parce que les études qui ont été faites ne considèrent pas de population suffisamment importante, ni un recul suffisant pour éliminer un risque faible qui pourrait être à long terme. L'étude « INTERPHONE » qui est lancée avec le Centre International de Recherche Contre le Cancer doit porter sur une dizaine de milliers de cas sur 4 ou 5 ans et après 10 ans de recul, c'est le maximum de ce que l'on peut faire actuellement pour essayer d'éliminer un risque. Si un risque persiste en dessous de ce degré d'incertitude, moi j'appelle ça de la malchance, c'est pas de bol. Si on a un risque sur un million que ce soit les champs électromagnétiques qui nous fassent mourir, vous avez beaucoup plus de chance de faire un anévrisme ou un infarctus ou autre chose. Donc à ce moment là ça s'appelle vraiment pas de chance. Pour l'instant, il faut attendre le résultat des études.

Mécanismes d'interaction des **radiofréquences** : ce sont encore des champs électromagnétiques qui agissent sur l'orientation des molécules. Mais les phénomènes ne vont pas se manifester de la même façon parce que les fréquences ne sont pas les mêmes. C'est ce qu'on appelle « l'absorption diélectrique » : les molécules chargées vont être orientées, mises en mouvement et se frottent au milieu environnant. Il y a une certaine viscosité dans le milieu, et ces frottements vont transformer cet apport d'énergie en chaleur. Ceci s'exerce principalement sur l'eau parce que c'est la molécule la plus mobile de l'organisme.

Mais pas forcément à 2 gigahertz : l'eau, dans un bol, va « chauffer le mieux » à une fréquence d'environ 18 giga hertz mais liée aux protéines dans le milieu biologique : 2 à 3 giga hertz. C'est une bonne fréquence pour transmettre de l'énergie à l'eau. Cette même énergie peut se transférer aux protéines mais en quantité moindre, et donc, l'effet le plus évident, celui que l'on connaît le mieux, c'est la transformation en chaleur qui est liée aux propriétés électriques du milieu. Globalement un milieu conducteur va réfléchir ou absorber un champ électromagnétique, un milieu non conducteur (du verre, du plastique) va laisser passer le champ électromagnétique et le milieu biologique a une action intermédiaire : une

partie de l'énergie est absorbée et transformée en chaleur une partie est réfléchi et une partie est transmise. Ceci est variable en fonction des fréquences : plus les fréquences sont basses (dans les radio fréquences) moins les champs électromagnétiques vont interagir avec l'organisme : ils le traversent ; plus on monte en fréquence, plus ça va être absorbé en superficie.

La dosimétrie : l'absorption dépend de la fréquence, de la taille de l'objet par rapport à la longueur d'onde (problème de champ proche, champ lointain) et de la forme et de la position de l'objet par rapport à la source. Juste un commentaire sur cette courbe pour montrer que, pour une même intensité de champ, même intensité d'exposition, même intensité du champ électromagnétique en fonction de la fréquence, l'absorption est variable. Elle est très faible à basse fréquence, elle passe par un maximum qu'on peut appeler résonance et après elle diminue et se stabilise. Le maximum pour un être humain de 1,70 m de taille moyenne, le maximum d'absorption c'est 70 méga hertz. Mais ce sont des données macroscopiques c'est-à-dire qu'un organisme entier dans un rayonnement va absorber au maximum à 70 mégahertz. Au niveau des cellules ou au niveau des protéines, un tel phénomène de résonance n'a pas été démontré, mais seulement suggéré. Des expériences ont été menées mais on a pas réussi à montrer ce phénomène de résonance au niveau moléculaire. Mais au niveau de l'organisme entier c'est vrai. D'ailleurs ça pose un problème au niveau de l'extrapolation parce que c'est 70 méga hertz pour un homme, mais si on utilise un rat ou une souris, le maximum d'absorption va être à 3 giga hertz. Alors que faut-il comparer ? Est-ce qu'il faut comparer 70 méga hertz et les utiliser chez l'animal (mais ça ne va pas être les mêmes propriétés d'absorption) ou est-ce qu'il faut utiliser une fréquence qui est transposable ? C'est un problème relativement complexe de dosimétrie dont on essaie de tenir compte au maximum. Mais la réponse n'est pas univoque. Encore une fois, ça va dépendre des mécanismes qui sont mis en jeu. Cela dépend si l'on considère l'absorption globale par le corps ou si l'on considère l'effet au niveau d'une membrane, d'une enzyme ou d'un ion.

Les effets *in vitro* sur la membrane cellulaire : il a été observé des effets sur

- * la fluidité des membranes, mais pas à des températures physiologiques, à des températures de 15 – 17 degrés,
- * sur l'oxydation des phospholipides,
- * sur les canaux ioniques, il y a une étude qui a montré des effets sur les flux d'ions mais ça n'a pas vraiment été reproduit ni démontré ultérieurement,

* sur les enzymes : si l'on dépasse 56°C, on brûle tout et l'activité enzymatique disparaît complètement.

Les effets non thermiques, il en a été montré sur l'ornithine décarboxylase. Mais encore une fois, ce sont des effets de faible amplitude par rapport à des phénomènes biologiques divers ou à des effets toxiques connus. Au niveau de la prolifération et de l'activation, on trouve de tout dans la littérature biologique. Si vous voulez prouver ou démontrer que ça favorise la prolifération cellulaire, vous trouverez 500 articles qui le montrent, si vous voulez prouver que ça diminue la prolifération cellulaire vous en trouverez autant.

Un intervenant : J'ai l'impression d'un discours que j'ai entendu il y a 20 ans dans l'électronucléaire. Vos expérimentations scientifiques jouent, je suppose, sur un temps court or une question très pragmatique : un individu exposé à un ou deux mètres huit heures par jour et c'est le cas pour le jeune garçon à ma droite, sur 200 jours de travail par an sur 10 années d'exercice va-t-il oui ou non être susceptible de déclencher une pathologie quelconque ?

Un intervenant : Moi ma question c'est : est-ce qu'il y a des études qui ont été menées sur une durée supérieure à 4 heures ?

René De Sèze : Oui, il y a des durées supérieures à 4 heures. Il y a des études qui ont été faites sur toute la durée de vie de certains animaux. Mais on ne l'a pas fait sur des durées de vie humaine, pas encore. Cela pourra se faire mais il faudra des moyens importants. Sur des durées de vie animale on a observé une petite augmentation des paramètres biochimiques au bout de 3 mois et au bout de 6 mois cela avait diminué et puis après 12 mois, c'était passé dans l'autre sens mais rien de consistant. C'est-à-dire qu'il y a des effets biologiques quand, sur deux groupes d'animaux exposés et non exposés à des niveaux de champs radio fréquences faibles, on peut voir de petits effets qu'on appelle statistiquement significatifs. C'est-à-dire des différences qui ne sont pas plus importantes que les variations biologiques spontanées. Entre le jour et la nuit vous avez une différence de sécrétion d'hormones, entre l'été et l'hiver vous avez des différences de sécrétion d'hormone, entre 5 minutes avant et 5 minutes plus tard vous avez des cellules qui ne fonctionnent pas tout à fait de la même façon. C'est ce que j'appelle des variations biologiques spontanées et tant que ces phénomènes, tels

qu'ils sont observés ici ne dépassent pas les variations biologiques spontanées, ils ne constituent pas, de mon point de vue de médecin, un risque pour la santé. Je ne dis pas que ça ne peut pas se produire, je dis que ce que l'on a observé ne constitue pas un risque pour la santé. Par ailleurs, si c'était le cas, ça permettrait d'améliorer les sources de financement pour faire de la recherche sur les mécanismes qui en sont à l'origine et ça m'intéresserait beaucoup. Il y a donc eu des études sur des durées de vie d'animaux et pas sur des durées de vie humaines mais pour les études chez l'homme, ce sont les études épidémiologiques qui sont en cours. Ceci dit, on est tout à fait vigilant, c'est ce que l'on fait avec le réseau que l'on a monté avec l'INRS, s'il y a des personnes qui perçoivent des symptômes ou qui présentent des pathologies, on encourage à faire des études de surveillance. C'est-à-dire que pour des personnes particulièrement exposées à longueur d'années, près des antennes etc..., on pousse et on demande que des études de surveillance soient faites sur ces personnes pour voir s'il y a des paramètres qui dérivent de façon à ce que ce soit une alerte.

Une intervenante : Par qui doivent être faites ces études ?

René De Sèze : Je ne sais pas si je suis compétent pour répondre à cette question. Moi je dirais par les organismes de santé publique.

Une intervenante : Mais c'est important de le savoir.

René De Sèze : Je comprends votre demande et je vais y répondre de mon point de vue personnel et non de celui de mon Institut : ça peut être l'Institut de Veille Sanitaire. Mais les épidémiologistes disent qu'il est très difficile d'étudier ça du point de vue épidémiologique parce que la variabilité des sources est trop importante. Je ne suis pas compétent pour donner un avis sur cet argument, Je pense qu'il serait bien de faire une étude de surveillance.

Je vais continuer un peu si vous le voulez bien : les **effets thermiques** des radio-fréquences : on en a observé. Des accidents, il y en a eu une douzaine qui ont été décrits dans la littérature et qui se traduisent systématiquement par des brûlures c'est-à-dire qu'il n'y a jamais de lésion des organes internes qui ait été observée sans qu'il n'y ait un érythème, une brûlure cutanée. On a imaginé longtemps que ça pouvait exister mais le recensement des cas montre que ça n'existe pas. L'exposition est toujours maximale en superficie même si du point de vue théorique il pourrait y avoir des points chauds à l'intérieur. Au niveau de l'œil on a suspecté longtemps qu'il pourrait y avoir un risque de cataracte mais il faut des doses ou des

expositions extrêmement prolongées pour provoquer une cataracte et il n'y a jamais eu au niveau épidémiologique de cataracte même chez les travailleurs qui utilisent des radars ou chez les militaires .

Pour ce qui est des effets non thermiques qui nous intéressent plus dans le cadre de la téléphonie mobile :

Des études sur le cancer il y en a eu plusieurs dizaines. Elles sont négatives, sauf à des niveaux thermiques. Adey a montré que, chez des rats ayant reçu une molécule provoquant un cancer du cerveau, et exposés deux ans aux radio-fréquences, une diminution du nombre de tumeurs du cerveau était observée chez les rats exposés par rapport aux rats non exposés. Il y a une étude positive, celle de Repacholi et c'est encore des modèles un peu compliqués parce que ce sont des souris chez lesquelles un gène a été modifié pour qu'elles développent des leucémies plus facilement. Dans son étude, il a montré un doublement des leucémies chez les animaux exposés par rapport aux animaux non exposés. Alors quand on voit des résultats comme ça, il est absolument impératif de reproduire ces études et de les vérifier. Il y a actuellement deux laboratoires, un en Italie et un en Australie qui sont en train de répliquer l'étude.

Du point de vue **neurophysiologique**, des effets ont été observés. On a beaucoup entendu parler de Lai qui a démontré plusieurs effets sur le système nerveux, sur la mémoire, sur le comportement. Mais encore une fois les effets qu'il a montré sont de faible amplitude, ils sont positifs au bout de 20 minutes, négatifs au bout de 45 minutes, donc ce sont des effets variables dans le temps et si ces variations ne dépassent pas les capacités de régulation physiologiques, ils n'ont pas de conséquences envisageables.

J'ai cherché des effets sur le système **immunitaire** des micro-ondes de faible intensité, j'ai vu des effets, je les ai publiés, j'ai montré une augmentation de 30 à 50% du taux d'anticorps fabriqués après immunisation. Est-ce que vous savez comment varie la concentration du taux d'anticorps lors d'une bronchite ou d'une rhino-pharyngite ? C'est un facteur 1000 à 10000. Donc j'ai passé 4 ans à essayer d'augmenter un effet qui était de l'ordre de 30 à 50% du taux d'anticorps. J'ai modifié la puissance, j'ai modifié la durée des impulsions, j'ai modifié la fréquence de modulation et ça restait toujours 30 – 50%, je n'ai jamais dépassé ce seuil. Je vous parle de mon expérience, je ne vous dis pas ce que je crois ou ce que j'ai lu ou tout ce que je n'ai pas lu, je vous parle seulement de mon expérience. Alors je n'ai peut-être pas trouvé les bons paramètres mais j'espère qu'ils existent et que je les

trouverai un jour. Mais pour l'instant je n'ai pas trouvé les bons paramètres qui me permettent de penser qu'on peut produire des effets importants au niveau de la cellule ou de l'organisme.

L'épidémiologie des radiofréquences n'est pas très démonstrative donc je n'en parle pas plus. Mon opinion et je ne vous oblige pas à la partager, je ne cherche pas à vous convaincre, je cherche simplement à vous donner des éléments parce que tout ce que je vous ai dit auparavant, vous pouvez le trouver dans des bouquins de physique. Vous pouvez aller voir des professeurs de physique, de chimie et leur demander leur avis sur ce que je vous ai dit et vous vous ferez votre opinion après. A mon avis, il n'a pas été montré d'effets graves. Les études animales sont, en très grande majorité, négatives. Négatives ça ne veut pas dire qu'il ne se passe rien, mais les effets que l'on a observés ne traduisent pas des effets pathologiques. Du point de vue de l'épidémiologie, on a actuellement 4 études pour les **téléphones mobiles** qui sont négatives dans les conclusions des auteurs et si on va bien chercher, on trouve qu'il y a un petit paramètre qui est augmenté, c'est pas significatif. On peut toujours trouver des choses mais globalement elles sont négatives et je crois que l'étude la plus intéressante sera celle du CIRC puisque les études précédentes peuvent être contestées. Elles disent simplement, s'il y a un risque, il n'est pas très important parce qu'autrement il aurait été montré par ces études. Alors cela ne veut pas dire qu'il n'y a pas de risque, mais s'il y en a un, il est d'un niveau inférieur à celui de ces études. D'où l'idée de faire une étude de plus grande envergure et là je suis tout à fait d'accord avec cela et je ne peux qu'encourager l'aboutissement de ces études.

Du point de vue des pathologies provoquées par les **téléphones mobiles**, plusieurs personnes ont décrit des symptômes (maux de tête, irritation, échauffement) et je pense que c'est tout à fait réel.

En tant que médecin j'ai fait des **études sur des volontaires sains**. On a fait écouter des téléphones à des volontaires pendant des heures, deux heures par jour tous les jours pendant un mois, ce n'est pas encore des années mais c'est le maximum que je peux faire en milieu hospitalier parce que je ne trouve pas de volontaire pour venir plus longtemps. Certains volontaires m'ont dit qu'ils avaient plus facilement des maux de tête lorsqu'ils étaient exposés à des téléphones mobiles. L'an dernier, on a fait une étude : on a mesuré la température cutanée sous les téléphones au cours d'exposition. La température cutanée monte de façon importante. Avec un téléphone éteint, complètement éteint, la température s'équilibre à 36,5° alors que la température normale cutanée est à 30 – 32° suivant la température extérieure

puisque'il y a un refroidissement par l'air ambiant. Si vous mettez simplement votre main sur la joue, la température va monter à 37°, c'est normal, c'est la température physiologique. Si vous mettez un téléphone éteint, il a tendance à refroidir un petit peu votre joue, vous êtes à 36,5°. Si on met un téléphone avec simplement la batterie allumée sans émission, la température monte à 37,5°. Ceci veut dire que simplement le fonctionnement de la batterie fait chauffer le téléphone et cet échauffement se transmet à la joue. Le téléphone allumé, au bout d'une demi-heure, la température monte à 38 – 38,5°. On comprend que les gens puissent avoir chaud, être irrités s'ils utilisent le téléphone pendant longtemps. Mais ce ne sont pas les champs électromagnétiques. Quand on fait une étude de l'absorption des champs électromagnétiques, le maximum d'échauffement que l'on peut calculer, mesurer, vérifier, c'est 3/10^{ème} de degrés par les champs électromagnétiques produits par les radiofréquences. Le téléphone chauffe parce qu'il fonctionne, c'est l'échauffement des circuits électroniques et cette chaleur se transmet et effectivement peut produire une irritation, un dessèchement de la peau, des maux de tête parce que ça entraîne des remaniements vasculaires etc. Donc là je crois qu'il y a vraiment quelque chose à étudier. Je ne dis pas que les champs électromagnétiques n'y sont pour rien, je dis simplement que quand il y a un facteur qui est 5 fois plus important que les champs électromagnétiques, il faut d'abord étudier ce que fait ce facteur avant de regarder ce que font les champs électromagnétiques. On est obligé de regarder les différents éléments.

Jean-Claude Murat : Je voudrais intervenir rapidement parce qu'il me semble qu'il y a un élément que la biologie ou la recherche apporte au débat, c'est le problème des très basses expositions, des expositions très faibles et de très longue durée. Pendant longtemps, en parlant de la radio activité on disait « on ne peut pas fixer de seuil inférieur ». Mais à partir de quand est-on exposé à un seuil négligeable ? On n'arrivait pas à trouver de seuil. Alors il y a un élément supplémentaire maintenant qui permet de modifier le débat et qui répond peut être à ce que vous avez dit tout à l'heure. Premièrement, les cellules se renouvellent, c'est-à-dire qu'assez souvent nous avons des cellules neuves. Deuxième élément, les cellules se défendent ce qui veut dire que dans les conditions les plus naturelles possibles, les plus anciennes possibles, les gens étaient soumis à de la radioactivité ambiante, à la présence de mercure dans l'eau, de chrome s'ils habitent l'Auvergne, de radioactivité s'ils habitent les Causses ou la Bretagne etc... Donc, depuis toujours, les cellules sont habituées à recevoir des agressions souvent compatibles avec la vie puisque les espèces animales existent depuis un milliard cinq cent millions d'années et l'homme depuis deux cent mille ans. Alors que ce passe-t-il au

niveau des cellules ? Et ça c'est démontré, c'est que les cellules lorsqu'elles sont agressées ou lésées par quelque chose, n'importe quoi comme l'élévation de la température, la présence de mercure, la présence à faible dose bien sûr puisque les cellules ne meurent pas, lorsque qu'elles sont soumises à ces choses là, elles vont réagir en fabriquant des « pansements moléculaires ». C'est un terme assez imagé qui explique que lorsqu'il y a réellement des lésions provoquées par de faibles expositions, des toxiques, des rayonnements, de la radioactivité, des infrarouges, des rayonnements électromagnétiques, les cellules savent faire des pansements qui vont savoir les soigner. Si les lésions sont trop importantes, la cellule, dans la plupart des cas, va avoir une autre option : elle va se suicider. C'est-à-dire que si la cellule a été réellement trop abîmée, et qu'elle n'arrive pas à se réparer, elle se suicide et elle va être remplacée par une autre cellule. C'est notamment le cas des cellules digestives, des muqueuses pulmonaires, digestives etc. Ces phénomènes sont très intéressants parce que ça prouve que lorsqu'il y a un faible niveau d'exposition, c'est un phénomène très connu. La vie est apparue sur la planète il y a 3 ou 4 milliards d'années dans ces conditions d'agressions permanentes par le milieu et donc toutes les cellules, animales, végétales et humaines ont toujours existé avec un dispositif de réparation, un dispositif de protection automatique pour les faibles niveaux d'agression. Voilà, c'est un point que je peux expliquer un petit peu plus. Quelle est la durée de protection donnée par ces pansements moléculaires ? Alors quand une cellule a été agressée un peu anormalement, un peu trop, il va y avoir des lésions cellulaires sur des protéines, sur un certain nombre de structures et il va y avoir automatiquement fabrication de ces pansements que l'on appelle « protéines de stress » maintenant et qui vont venir colmater tout ça. Cela va durer environ 48 heures. 48 heures après les agressions, les cellules vont être tentées de se réparer et elles vont aussi se protéger. Si elles n'ont pas pu se réparer, elles se suicident.

Une intervenante : Pourriez-vous s'il vous plaît vous présenter ?

Jean-Claude Murat : Pardon, excusez-moi, je suis professeur de biologie cellulaire à l'Université Paul Sabatier. J'ai beaucoup travaillé sur les protéines de stress. Je pense que c'est un élément important pour le débat et c'est pour cela que j'ai tenu à en parler. L'ADN se répare aussi et c'est connu depuis plus longtemps. Le rôle des protéines de stress est lui connu depuis peu de temps, quelques années.

Un intervenant : Une question sur les protéines de stress. Elles réagissent à une agression, mais cette agression est-elle ponctuelle ou permanente ?

Jean-Claude Murat : Il peut s'agir de n'importe quel type d'agression.

Un intervenant : C'est parce que vous disiez qu'au bout de 48 heures, elles se réparent ...

Jean-Claude Murat : Les expériences que nous avons faites l'ont été sur des expositions à un mois et des expositions à 6 mois. Des expositions permanentes, c'est-à-dire que ce sont des cellules nues qui ne disposent d'aucun dispositif de défense autre qu'elles mêmes et on les met en présence de toxiques. Soit des génotoxiques qui attaquent les structures génétiques, soit de mercure, de traces d'éléments qui ne tuent pas les cellules. Ce qui se passe la plupart du temps, c'est qu'au bout de 24 h on voit qu'elles ont mis en place des pansements moléculaires et ensuite ceux-ci vont être maintenus dans la plupart des cas tout le temps de l'exposition et les cellules continuent à pousser, à vivre avec cette protection permanente de pansements moléculaires qui sont ré-induits. Dans un nombre non négligeable de cas, on voit que les cellules mettent en place d'autres dispositifs que l'on ne connaît pas qui permettent de ne plus utiliser les pansements moléculaires et les cellules vont survivre sans exprimer les systèmes de réparation. Donc, il y a une sorte d'adaptation des cellules.

Un intervenant : La personne de l'INERIS a parlé à mon avis de problèmes limites au niveau énergétique en parlant des téléphones portables, mais qu'en est-il des relais hertziens dont les stations sont importantes dans certaines localités et pour les personnels qui sont soumis en permanence à une exposition à ces flux ?

René De Sèze : Pour ce qui est des expositions aux antennes relais, dans toutes les études qui sont pratiquées en laboratoire, on fait toujours des relations que l'on appelle « effet/dose » c'est-à-dire que l'on prend différentes doses, on prend des doses qui sont nettement supérieures à celles du téléphone, des doses de l'ordre des téléphones et des doses qui sont inférieures à celles des téléphones qui sont censées représenter l'exposition aux antennes relais. Après il y a différents types d'études. Il y a des études soit proches de la source comme on est près d'un téléphone, soit d'autres études où l'on met des antennes au-dessus et à distance des animaux où ils sont exposés à long terme, pendant des semaines ou des mois à des champs magnétiques qui représentent les antennes. On fait les deux types d'études. Pour

les résultats, je peux vous donner ceux d'une étude qui a été faite à Bordeaux. Une première étude a montré une augmentation des cancers à 4 watts par kilo qui est assez supérieure au niveau des téléphones portables, pas d'effet à des doses en dessous : 1 watt par kilo au moins. Une deuxième étude faite six mois plus tard dans les mêmes conditions avec les mêmes paramètres a montré des résultats inverses, c'est-à-dire qu'à 4 watts par kilo il ne se passait rien et à des niveaux inférieurs il se passait un niveau de protection. Donc suivant les études, aux incertitudes près, il y a des petits effets mais qui ne sont pas consistants c'est-à-dire que l'on ne retrouve pas systématiquement des effets dans un sens ou dans l'autre. Il n'y a pas d'effets vraiment démonstratifs.

Toutes les possibilités sont permises au niveau des individus et au niveau des organismes biologiques, des tissus ou des organes. C'est-à-dire que quel que soit le système, il y a toujours des oscillations : ou le système ne voit pas l'agent extérieur et à ce moment là il ne se passe rien ou alors il le voit et il réagit. Il peut alors réagir dans un sens ou dans l'autre et il y a des phénomènes de compensation, de réparation. Par exemple, si on n'a pas mangé depuis un moment on est en hypoglycémie : on n'a pas de sucre dans le sang on va manger un morceau, il y a sécrétion d'insuline. Il y a donc des phénomènes d'entraînement et de rebond et les choses tendent à se stabiliser pour permettre la vie et l'évolution avec une dérive au cours du temps qui est le vieillissement ou l'épuisement des systèmes et la maladie arrive quand on dépasse les capacités de l'organisme.

Les effets qui peuvent se produire lorsqu'il y a un facteur persistant : soit tout revient à la normale, c'est ce qui se passe avec les protéines, vous pouvez avoir une stimulation, elles peuvent être fabriquées et se stabiliser, revenir à la normale, même si le facteur extérieur est toujours là. Ou bien cela peut atteindre un certain niveau, se stabiliser, ne plus bouger ou cela peut continuer à augmenter, c'est ce que l'on appelle les effets cumulatifs et, à ce moment là, il y a vraiment des effets de dose, des effets cumulatifs à long terme. On dépasse les capacités de régulation de l'individu et on tombe malade. Pour l'instant on n'a pas observé de phénomènes de ce type qui soient cumulatifs et qui dépassent les capacités de régulation de l'individu.

Les études que l'on a faites dans notre laboratoire : chez des volontaires exposé à un téléphone deux heures par jour, tous les jours pendant un mois, on a regardé les sécrétions d'hormones hypophysaires, sécrétions d'hormones thyroïdiennes, on a regardé la sécrétion de mélatonine. Sur la sécrétion d'hormones thyroïdiennes, on a vu au bout de deux semaines une petite augmentation et après c'est revenu à la normale et ça ne bouge plus. Au bout de quatre

semaines il n'y avait pas d'effet par rapport à l'état initial et deux semaines après la fin de l'exposition, il n'y avait toujours rien. Il n'y a pas d'effet cumulatif qui augmente. Au niveau de la mélatonine, il n'y a eu aucun effet observé. On a regardé l'effet sur le système auditif, une heure d'exposition à un téléphone pour voir si on modifiait l'audition, on n'a rien trouvé. On est en train de recommencer cette manipulation avec deux heures pendant un mois. On essaie d'optimiser les conditions dans lesquelles on pourrait trouver des effets.

On a observé un effet sur l'électroencéphalogramme, on a vu une modification de l'activité de l'électroencéphalogramme. On s'est demandé ce que ça voulait dire, ce que ça représentait ? Est-ce que ça traduit un dysfonctionnement ou est-ce que c'est juste une mesure parasite, interférente ? S'il y a un effet sur la santé, ça va se porter sur quoi ? Est-ce qu'on peut perturber le sommeil ? Une étude a été publiée en 96 qui a dit « oui, ça modifie le sommeil, ça diminue le temps d'endormissement ». Ce n'est pas forcément un effet défavorable.

Mais ça diminue la période de rêve. Alors qu'est-ce que ça veut dire ? Je vais vous donner deux interprétations qui ont été faites et vous allez choisir la votre. On sait que la période de rêve est une période de sommeil réparateur. Si vous diminuez la période de rêve, vous pouvez interpréter en disant que ça diminue le temps de réparation et donc que c'est nocif pour la santé. Mais vous pouvez dire aussi : s'il y a moins de temps de sommeil de rêve c'est que l'organisme a moins besoin de sommeil réparateur donc il est en meilleure santé. Donc vous choisissez votre interprétation.

Ce qui est important, ce n'est pas ce qui va se passer à ce moment là mais ce qui va se passer dans un mois. Est-ce que, vraiment, dans un mois, il va y avoir une dérive ou une perturbation du sommeil plus importante que deux minutes de délai d'endormissement ou que quelques minutes de sommeil de rêve ? On a fait une étude préliminaire dans ce sens là parce qu'on ne savait pas trop où on allait, pour voir sur huit volontaires ce que ça donnait. On a vu des petits effets qui ne sont évidemment pas significatifs parce que le groupe n'est pas suffisamment important, mais après on peut faire des calculs de puissance. On sait que pour pouvoir voir cet effet, même petit mais significatif, il nous faudrait 60 volontaires. Il nous est impossible d'étudier 60 volontaires pendant 2 mois dans un laboratoire. Ceci veut dire que s'il y a un effet, il n'est pas possible de l'étudier en laboratoire. On a aussi fait des études pour voir si ça modifie la mémoire, les temps de réaction. Une étude faite en Angleterre a montré que les temps de réaction étaient diminués. Est-ce que c'est positif ou négatif ?

Alain Ciekanski (Amis de la Terre, Midi-Pyrénées) : Des études ont aussi montré que les facultés d'apprentissage étaient réduites en particulier chez les enfants parce que des antennes relais étaient mises à proximité des écoles. A vous entendre, le parallèle a été fait tout à l'heure avec le nucléaire, moi j'entends, minorer, minorer, minorer, tempérer le problème des risques de ces antennes relais. Mais comment se fait-il, s'il n'y a aucun risque ou si ces risques sont tellement négligeables, comment se fait-il que tant de pays sur la planète ont appliqué le principe de précaution ? Pas en France. En France, on n'applique aucun principe. On met les antennes sur les écoles, sur les immeubles. Nous sommes nous une association de défense de l'environnement et nous avons fait une conférence et des gens sont venus nous parler. Nous avons recueilli des témoignages qui disent « on nous met l'antenne, on ne savait pas ce que c'était et d'un seul coup on n'arrive plus à dormir. On s'aperçoit qu'on est énervé » Il s'agit de personnes censées, à la retraite, des jeunes, des personnes de tout niveau social. Comment se fait-il que vous, ici, en tant que scientifique, passiez votre temps à minorer ces problèmes sans nous parler une seule fois du principe de précaution ? Ce qui serait la moindre des choses. Monsieur Santini de l'INSA, c'est peut-être le dernier des Charlots mais, enfin, c'est un scientifique, il est à Lyon, je suppose que l'INSA est une école sérieuse, il y a Madame Bastide qui est à Montpellier qui a fait des études aussi. Toutes ces personnes sont dénigrées par une partie du corps scientifique qui dit qu'il n'y a aucun problème. Alors nous on est étonné. Pourquoi les Anglais mettent des antennes relais à 500 mètres ? Pourquoi les Belges dans certains cas disent : « il faut qu'elles soient à un kilomètre ? » Pourquoi les Suisses à 60 mètres des habitations ?

René De Sèze : Les Belges ne les mettent pas à un kilomètre, les Anglais ne les mettent pas à 500 mètres.

Alain Ciekanski : Si dans certains cas par arrêté. Et actuellement il y a des maires qui prennent des arrêtés municipaux exigeant que les antennes soient mises à 300 mètres des habitations.

René De Sèze : Je ne sais pas pourquoi ces mesures sont prises, je ne vous parle pas trop du principe de précaution parce que je ne sais pas trop bien comment il est défini, qu'est-ce qu'on entend par là. C'est un principe qui est quand même plus politique que scientifique et je suis désolé si j'ai minoré. Mon intention n'est pas de minorer. Mon intention c'était simplement, avec les connaissances que j'ai et avec mon expérience, de relativiser les phénomènes et c'est ce que j'ai fait. Je vous place les phénomènes par rapport à d'autres

phénomènes que je connais et j'essaie de remettre les choses à leur juste niveau. Si ce n'est pas le juste niveau, vous pouvez prendre ce que je vous ai dit et aller contrôler. Si j'ai dit des choses fausses, faites-le moi savoir j'essaierai de corriger mon énoncé. Mais j'essaie juste à partir de mon expérience, à partir de mon ressenti de médecin et de mon expérience de scientifique, de vous dire comment je perçois les choses. Je ne cherche pas à vous convaincre. Je suis radiologue de formation comme je vous l'ai dit, je n'ai pas besoin des champs électromagnétiques pour vivre, encore que les rayons X sont aussi des champs électromagnétiques, mais j'ai renoncé à la radiologie pour faire de la recherche parce que c'est ma passion et non pas parce que j'ai fait des contrats avec des industriels. J'ai fait des contrats avec des industriels parce que j'ai travaillé sur ce domaine et que eux étaient intéressés que je fasse des études pour voir les effets. J'ai été sponsorisé. Il n'y a pas plus d'indépendance dans mon discours que dans celui de Monsieur Santini ou de Madame Bastide.

Quand Monsieur Santini va faire des mesures chez des particuliers pour dire vous dépassez tant de micro teslas c'est dangereux pour votre santé, en tant que médecin ça me fait mal et c'est pour ça que j'ai décidé d'intervenir en public. Non pas parce que je crois qu'il y a des effets ou qu'il n'y en a pas mais parce que, aujourd'hui, je suis convaincu que les angoisses produites chez ces gens là sont plus nocives que les champs électromagnétiques qu'ils reçoivent. Voilà mon point de vue. Je suis désolé, je vous donne mon point de vue. Je ne dis pas que c'est le cas pour tout le monde. Je ne dis pas qu'il n'y a pas des individus qui peuvent être particulièrement sensibles. Je suis tout à fait prêt à accepter ce discours et je suis tout à fait prêt à ce que ce soit étudié. Ce n'est pas vraiment mon domaine. Je travaille plutôt sur des volontaires sains, je regarde ce que ça fait. Je ne suis peut être pas tombé sur des individus rares qui sont particulièrement sensibles aux champs électromagnétiques.

Pierrette Thirriot (Les Amis de la Terre Midi-Pyrénées) : Monsieur le Professeur, j'ai admiré votre exposé, il est très brillant. On voit que vous êtes un passionné de recherche et je vous en félicite mais vous répondez en fait au communiqué de l'OMS de juin 2000 qui demandait aux signataires du rapport qu'à demandé Madame Guigou et le Ministère de la Santé de faire des communications destinées à dissiper la méfiance et les craintes. C'est ce que vous avez fait et la plupart des gens vous en remercient. Mais pas moi. Parce que moi je crois que ce que vous dites actuellement est très important pour vous-même, pour votre avenir parce que le Docteur Garretta quand il vendait du sang contaminé, il pensait que ce n'était pas grave et que ça allait passer par pertes et profit. Le Professeur qui s'est occupé de France Transplant, il disait aussi

« donnez des hormones de croissance à vos enfants trop petits, il n'y a pas de risques, il n'y a aucun risque ». Cette semaine, il va être mis en examen et il va passer en jugement. Alors moi je crois que c'est une très grande responsabilité que vous portez parce que nous, nous connaissons des gens qui sont déjà malades : tumeur au cerveau après 4 années d'abus de téléphone portable. Voilà la réalité. Nous connaissons quelqu'un qui a travaillé sur les radars et qui a une leucémie et quelqu'un dont un collègue militaire a une cataracte. Ils ont 30 ans. Alors, moi je ne sais pas. C'est une très grosse responsabilité. Aujourd'hui, 4 avril 2001, on peut prendre acte de ce que vous dites. Nous, nous avons d'autres études. Nous avons des voisins d'antennes qui sont malades depuis que l'antenne est placée à côté de chez eux. Il y a 30% de la population qui est sensible ou hypersensible. C'est une étude faite par l'armée de l'air que j'ai trouvée dans le livret de l'INRS et qui dit que 30% de la population sont plus sensibles que d'autres. Alors va-t-on continuer à sacrifier 30% de la population sans leur demander leur avis, en implantant du jour au lendemain des antennes sur leur toit ou devant leur fenêtre. Est-ce qu'on va continuer longtemps ?

René De Sèze : Est-ce que les personnes qui sont dans cette pièce sont représentatives de la population de certains quartiers de Toulouse ? Combien de personnes dans cette salle sont malades à cause des antennes qui sont les environs, qui sont malades avec les antennes de station de base ? On est loin des 30%. 30% n'est pas un chiffre réaliste.

Pierrette Thirriot : C'est l'INRS qui le dit, ce n'est pas moi.

René De Sèze : Non, l'INRS cite des documents dans lesquels c'est dit. Cela ne veut pas dire que c'est l'INRS qui le dit. Il est tout à fait important de prendre en charge les personnes qui ressentent des symptômes et d'étudier vraiment pourquoi elles sont malades. Si c'est à cause des champs électromagnétiques, il faut effectivement faire quelque chose.

Pierrette Thirriot : Ce que je vous reproche, vous, Docteur, et vos collègues du rapport Zmirou, c'est que vous dites « il n'y a pas de principe de précaution à appliquer » et ça c'est très grave. Parce qu'au moins, appliquer le principe de précaution, s'il y a des gens malades dans quelques années vous serez mis au tribunal.

René De Sèze : On peut appliquer le principe de précaution. Je vais vous dire ma perception du principe de précaution. Bien sûr, il ne faut pas attendre que les gens soient malades pour

l'appliquer. Mais il faut quand même qu'il y ait des indications fortes, c'est-à-dire des indications qui soient démontrées, vérifiables par tout un chacun pour que le principe de précaution soit appliqué. Il faut qu'il y ait des risques pour la santé ou qu'il y ait des risques de dépassement des capacités de fonctionnement de la cellule. Autant je suis d'accord : il faut prendre en compte le cas des personnes qui sont malades et trouver des solutions, des indicateurs, s'arranger pour qu'elles ne soient pas près des antennes, des choses comme ça ; autant je ne peux pas vous dire aujourd'hui que j'ai des éléments dans mon expérience. Vous me dites que vous avez des articles et des effets, mais c'est de la littérature sélectionnée. Si vous regardez l'ensemble de la littérature, ce sont des études ponctuelles parmi un ensemble d'études. En fait l'ensemble des études n'apporte pas d'élément convaincant pour dire qu'il y a un risque pour la santé.

Une intervenante : C'est juste un sentiment personnel. Je suis surprise du manque de bon sens qu'il peut y avoir parmi la communauté scientifique, parmi vos collègues chercheurs. Le bon sens, c'est à la population elle-même d'en faire preuve parce que sinon on est vraiment mal parti.

Une intervenante : Monsieur, je voudrais simplement vous poser une question. En tant que médecin que penseriez vous si on vous disait que dans deux mois on va installer à 25 mètres de votre maison, avec l'autorisation du maire un émetteur récepteur qui va être situé à 100 mètres des écoles, d'une maison de retraite ? Je voudrais savoir comment vous réagiriez. Si vous voulez, je vous offre de venir étudier sur place, dans ma maison les effets sur la population. C'est un cas réel.

Un intervenant : Je vais vous répondre tout de suite. J'habite dans une copropriété et SFR a installé trois antennes juste au-dessus de moi. Des antennes relais et il ne s'est rien passé de spécial.

Une intervenante : Il y a plusieurs types d'antennes relais

Un intervenant : Ce que je voudrais dire c'est que, au niveau du journal officiel de la communauté européenne, il y a quand même une parution du 30 juillet 1999, ce n'est pas récent, qui donne des recommandations concernant les antennes relais (seuils, valeurs limites,

doses, enfin tout ce qu'on veut : il y en a 40 pages). Ce ne sont que des recommandations, la France ne les applique pas d'ailleurs. On est dix fois plus élevé d'ailleurs, semble-t-il.

René De Sèze : Non, on n'est pas dix fois plus élevé. Je vais en profiter pour vous parler des recommandations. Cela va répondre un petit peu à la question. Je vous ai parlé tout à l'heure des valeurs limites indiquées par la Commission Internationale de Radioprotection des Rayonnements non Ionisants qui ont été reprises par la commission européenne qui sont :

* 10 milli ampères.m⁻² pour les personnels en exposition professionnelle,

* 2 milli ampère.m⁻² pour le public.

Ce que je vais dire est important pour comprendre un peu les normes et l'utilisation que l'on peut en faire et les extrapolations. Quelle est la valeur de champ à l'extérieur qui va produire par exemple une intensité de courant de 2 milli ampère.m⁻² ? On a des formules qui sont un peu complexes.

Question de la salle (non saisie)

René se Sèze : On sait calculer la valeur du champ en fonction de la boucle de courant qui se forme dans l'organisme, qui va produire une intensité de courant de 2 milli ampères.m⁻² : c'est un champ de 100 micros tesla. De la même façon pour les radiofréquences, on a ce que l'on appelle les restrictions de base.

* En exposition professionnelle, c'est 0,4 watt/kilo pour l'ensemble du corps et c'est déjà un niveau qui respecte un facteur 10 par rapport à une modification simplement du comportement des animaux, sensation d'évitement, une perturbation de l'apprentissage ou des choses comme ça.

* On prend un facteur 5 supplémentaire pour le public (facteur 5 en puissance) : 0,08 watt/kilo.

(On sait que l'absorption est maximum à 70 mégahertz). Les niveaux de référence de champs électriques qui produisent cette densité de puissance de 0,08 watt/kilo, sont les niveaux qui ont été repris par la recommandation européenne, de 41 et 58 volts.m⁻¹ à 900 et 1800 mégahertz. Il y a des cas particuliers qui sont considérés : les impulsions, les expositions de courte durée et, surtout, il y a des cas particuliers pour une exposition localisée. Celle-ci a moins de répercussions parce qu'il y a la vascularisation sanguine, la diffusion thermique par les tissus, etc. Lors d'une exposition globale, on n'a pas de possibilité de compensation d'un

territoire par un autre (sauf l'évaporation, la transpiration) mais le système sanguin ne peut pas jouer son rôle de radiateur.

Donc ces valeurs en exposition localisée pour la tête sont de :

* 10 watt/kilo en exposition professionnelle,

* 2 watt/kilo pour le public.

Vous voyez donc que c'est un facteur 25 fois supérieur en puissance, soit 5 fois supérieur en champ par rapport aux champs préconisés. Cela veut dire que pour les antennes de station de base, on ne doit pas déposer des niveaux supérieurs à 41 et 58 volts/m en exposition publique ça veut dire à longueur de temps, 24 heures par jour. Ces niveaux existent entre 1 et 2 mètres devant l'antenne. Si on se rapproche de l'antenne, on arrive à ce que l'on appelle le champ proche, le champ est désorganisé et, à ce moment là, ce qui compte, ce n'est plus le champ électrique auquel on est exposé (parce qu'on n'a plus de relation simple entre le champ électrique et le DAS), c'est le DAS. Et quand on fait les calculs en détail, il est préférable, même en se plaçant contre une antenne, de ne pas dépasser la valeur de 2 watt.kg^{-1} .

Les normes, telles qu'elles ont été construites, érigées, je ne dis pas que c'est bien, mais c'est pour garantir la sécurité d'une exposition professionnelle 8 heures par jour. C'est la valeur qu'il ne faut pas dépasser, quand on est dans des temps plus courts on peut augmenter le temps d'exposition. Pour le public, on considère qu'il pourrait être exposé 24 h/24 parce que les sources on ne sait pas d'où elles viennent, on prend donc un facteur de sécurité, on diminue les niveaux. Les valeurs données par la recommandation européenne sont des valeurs pour le public 24h/24 et on peut garantir que les valeurs de champs sont respectées à 2 mètres devant une antenne. Au-delà de 2 mètres vous avez des niveaux inférieurs.

Question d'un intervenant dans la salle (non saisie)

René de Sèze : Qu'appellez-vous réémetteur passif ? Si un opérateur met des structures métalliques autour d'une antenne, il fabrique une cage de Faraday et l'antenne ne sera plus efficace. Est-ce que vous croyez qu'il a intérêt à faire ça ? Est-ce que vous croyez à la génération spontanée d'énergie ? Il n'y a pas de système qui puisse produire plus d'énergie qu'il n'en reçoit sauf s'il a un apport d'énergie extérieur complémentaire. C'est le principe des transformateurs ou des amplificateurs. Mais l'amplificateur va produire plus d'énergie sur un signal parce qu'il reçoit de l'énergie d'ailleurs. Un réémetteur passif peut réfléchir ou diffuser une énergie ou concentrer un peu l'énergie qui arrive mais il ne peut que prendre l'énergie qui lui parvient. Il ne peut pas fabriquer de l'énergie à moins qu'il transforme

l'énergie solaire en rayonnement micro-ondes. Le champ décroît selon le carré de la distance. Si vous avez un émetteur qui donne 20 watt, vous avez un réémetteur passif à 10 mètres qui va recevoir 1 watt, il ne peut pas émettre plus qu'il ne reçoit. Il peut transférer, il peut concentrer un peu les lignes de champs mais c'est un facteur de 30 à 50%, peut-être un facteur 2 mais ça ne va jamais multiplier par 10 la puissance du champ.

Une intervenante : C'est ce qui permet de dire à un représentant de chez Bouygues qu'il faut une antenne relais tous les kilomètres pour pouvoir quadriller tout le territoire.

René De Sèze : Non alors là c'est un autre problème.

Une intervenante : J'ai une étude ici, il s'agit du Département du Service Social de la Santé de Washington, qui a été publiée dans le *New England Journal of Medicine* et qui reporte une étude faite entre 1950 et 1979 sur 438000 décès, soigneusement analysés en fonction des activités professionnelles des sujets. Voilà ce que ça donne : sur 11 professions ayant un rapport avec les champs électriques ou magnétiques 10 présentent un taux d'apparition de leucémie très supérieur à la normale. Alors on peut tout discuter, tout contester, vous avez aussi des études de ce type là. Qu'est-ce qu'on en fait ?

René De Sèze : Mais je sais qu'il existe des études comme ça. Je vous les ai montrées tout à l'heure. Des études qui montrent des effets d'un facteur 6 sur les cancers du cerveau et d'autres d'un facteur 3 sur le cancer du testicule, d'autres d'un facteur tant... Si vous faites 10 études qui vous donnent 10 résultats différents, je ne peux pas les considérer.

Question d'une intervenante (non saisie)

René De Sèze : A quel niveau ont-ils été exposés ? Est-ce que vous connaissez le nombre de noyés qu'il y a dans le monde par an ? Alors, il ne faut pas boire de l'eau.

Une intervenante : Je pense que l'Etat viole l'article 6 de la Convention Européenne des Droits de l'Homme parce que, dans ce cas, il faut prendre toutes les preuves en compte qu'elles soient positives ou négatives.

René De Sèze : Qu'est-ce qu'on appelle des preuves ? Un article parmi 10 ne permet pas de le déterminer.

Thomas Eymond-Laritz : rassurez-vous mon intervention va être très courte. Je travaille au Ministère de l'Environnement, pas du tout sur ce secteur là, et je n'ai d'ailleurs pas à titre personnel, d'opinion dans un sens ou dans l'autre. Je voulais juste revenir dans l'intervention de tout à l'heure sur le principe de précaution et sur la responsabilité potentielle du professeur qui nous fait cet exposé. J'aimerais juste rappeler quelque chose, c'est qu'il faut distinguer l'évaluation du risque de la gestion du risque et le Monsieur qui nous a fait l'exposé est un spécialiste de l'évaluation du risque. C'est à ce titre qu'il travaille à l'INERIS et, pour autant, la gestion du risque est de la responsabilité, en l'occurrence, de l'Etat. Donc, s'il y a des personnes qui sont responsables et qui assument une responsabilité, au même titre que moi j'assume une responsabilité en matière d'environnement pour le contrôle des établissements industriels, ce sont les services de l'Etat et il est très dangereux, et je me permets d'insister là-dessus, de faire une confusion entre les gens qui font de l'évaluation de risque, qui disent « c'est dangereux ou pas, voilà l'importance du risque » et les gens qui prennent la décision sur : « faut-il autoriser ou pas ? ». Sur cette décision il peut y avoir d'autres facteurs que la simple présence du risque, parce que s'il n'y avait que la gestion du risque ça ferait très longtemps que seraient emprisonnés les gens qui fument des cigarettes, compte tenu du risque énorme et monstrueux que ça représente sur la santé. Donc, c'est bien qu'il y a d'autres facteurs qui rentrent en compte et j'aimerais dédouaner l'orateur du principe de précaution qui ne doit pas être de son domaine. Lui, il est là pour faire une évaluation du risque, le principe de précaution est la décision de savoir ce qu'il faut autoriser ou non, c'est une décision politique du gouvernement. J'ai pour ma part un intérêt très fort sur le principe de précaution que j'essaie de mettre en application tous les jours mais en application en tant que responsable du gouvernement et je considère qu'il serait hérétique de demander aux scientifiques de mettre en application le principe de précaution. C'était juste une intervention pour clarifier sur les responsabilités. S'il y a des gens qui ont des responsabilités, je considère que ce sont les gens du gouvernement et à eux de questionner les scientifiques et, naturellement, les sons de cloches vont être différents d'un scientifique à l'autre.

René De Sèze : Merci de cette intervention qui recadre le sujet.

Alain Ciekanski : Je ne vais pas revenir sur la notion de principe de précaution qui malgré tout a été définie depuis 1992. A priori, on sait ce que c'est, et on sait aussi ce qui va se passer dans les années à venir puisque, forcément, il va y avoir des recours en justice et des recours auprès des tribunaux pour manque de prise de décision de la part des responsables. Je voudrais revenir sur les problèmes des réémetteurs. Il se trouve que j'ai réalisé un petit film vidéo où j'ai montré les variations avec un appareil CA 42 (appareil utilisé par les professionnels) et on voit effectivement un champ de 3 – 4 volt par mètre. Si on s'approche d'un poteau métallique, il passe à 12, 13, 14 voire 16 volts par mètre.

René De Sèze : Mais ce n'est pas un réémetteur passif. Il concentre les lignes de champ.

Alain Ciekanski : D'accord mais si les gens passent ou s'ils sont à proximité, il se passe quand même quelque chose. On a été faire des mesures à l'intérieur des habitations et on s'est aperçu que les gens n'étaient pas au courant. Par exemple, la proximité d'un meuble métallique (ne serait-ce qu'un meuble CD) avec une chambre peut exposer les gens à de très hauts champs. Ils dorment mal, ont des maux de tête, sont irritables.

René De Sèze : Mais je suis tout à fait d'accord : s'ils sont malades il faut que des mesures de précaution soient prises. Ce que je veux dire c'est que le poteau va concentrer une ligne de champ mais son influence va être très locale.

Un intervenant : Sauf que dans les constructions, il y a beaucoup de pièces métalliques.

René De Sèze : Et heureusement parce que ces constructions métalliques contribuent à atténuer le champ à l'intérieur des domiciles. L'atténuation du champ entre l'intérieur et l'extérieur représente un facteur 30.

Une intervenante : Je vois que nous passons beaucoup de temps à discuter des uns et les autres mais nous vivons dans un environnement où il y a énormément de choses, on subit beaucoup de pollutions différentes et là est le problème. Il y a eu une augmentation durant les dernières années de différentes sources. Si on cherche un seul responsable, on gaspille notre énergie. Je me demande aussi si notre approche scientifique n'est pas un peu dépassée par les événements ; si le fait qu'on prenne par exemple des cellules isolées ou qu'on travaille sur les rats et les souris n'est pas un peu dépassé. On ne peut pas faire d'extrapolation. L'homme n'a

rien à voir avec un animal. Une personne peut être en contact avec la télévision, le portable, la pollution urbaine et tout cela dans une même journée. Ce n'est pas un seul facteur isolé et malheureusement en laboratoire on étudie un facteur isolé. A ce moment là, on n'étudie pas la situation réelle. La situation réelle, c'est l'ensemble des choses qui se passent à Toulouse.

Un intervenant : Je voudrais poser une question sur la répartition de la puissance au niveau d'une antenne. Concernant une station de téléphonie mobile qui se trouve en terrasse, quel est le danger potentiel qui pourrait exister au niveau des étages supérieurs ou par rapport aux immeubles qui se trouvent en face dans le faisceau ?

René De Sèze : S'il devait y avoir un risque, il serait plus dans le faisceau qu'en dessous parce que le faisceau est extrêmement étroit en hauteur il fait une dizaine de degrés, il est presque à l'horizontale, il atterrit à 200 mètres en face des antennes et donc les étages qui sont en dessous ne sont pas dans le faisceau. Ils reçoivent un champ extrêmement faible qui peut être de l'ordre de 1 à 2 volts par mètre, contrairement à l'étude de « Sciences et Avenir » qui montrait que plus on s'éloignait des antennes, plus le champ était élevé. Quand on regarde les niveaux de champ qu'ils ont donnés en fonction de la distance des antennes dans le faisceau, vous voyez que le champ augmentait, ce qui est contraire aux principes de la physique. Ils ont pris des valeurs mesurées qui étaient de l'ordre à peu près du bruit de fond et ils ont multiplié par un facteur arbitraire en tenant compte du trafic de communication (ce qui aboutit à des valeurs qui n'étaient pas des valeurs mesurées).

Un intervenant : Oui, il s'agit plutôt d'une réaction que d'un commentaire. J'ai commencé à travailler sur les hyperfréquences en 1976 et j'avais fait une bibliographie sur les effets biologiques des hyperfréquences. Je suis allé à un colloque en 1978 à Monaco sur les effets biologiques des hyperfréquences et le discours que j'ai entendu à cette époque là est quasiment le même que celui que j'ai entendu aujourd'hui c'est à dire qu'il y a pas mal d'études, elles sont controversées, on ne sait pas quoi en tirer parce que ce que l'un a dit, l'autre l'a démenti et, en 22 ans, j'ai l'impression que l'on n'a pas avancé. C'est grave parce qu'on a dépensé de l'argent. Moi, la question que je me pose c'est : est-ce que l'on a cherché dans la bonne direction ? Si les études sont financées par des gens qui ont intérêt à ce que l'on ne trouve rien... Je ne sais pas trop. Est-ce que c'est l'Etat qui finance ou est-ce que ce sont les industriels ?

René De Sèze : Les deux se rencontrent. Il y a des études financées par l'Etat et qui donc n'ont pas de support industriel. Il existe un programme national en France qui s'appelle : « Comobio » qui est financé par le Ministère de la recherche et le Ministère de l'Industrie.

Un intervenant : Etes-vous d'accord avec moi pour dire que les choses n'ont pas beaucoup avancé en 22 ans ?

René De Sèze : Je ne sais pas parce qu'il y a 22 ans je débutais dans l'état de la question. Les choses n'ont pas beaucoup changé mais moi, je les connais mieux. Je me suis fait mon expérience.

Un intervenant : Mais au niveau de la gestion du risque, j'ai l'impression que les décideurs n'ont pas plus d'éléments qu'il y a 22 ans.

René De Sèze : Oui, mais parce qu'il y avait déjà pas mal d'études qui avaient été faites à cause des expositions aux radars sur les terrains militaires etc... Ce n'était pas tout à fait le même type d'exposition parce que les radars font des émissions par impulsions avec des fortes puissances crêtes et des faibles puissances moyennes. Il s'agissait d'expositions à distance, maintenant on est plus proche avec les antennes et encore plus proche avec les téléphones. Les études qui ont été faites à cette époque sur les systèmes radars n'étaient pas très concluantes pour ce qui concernait les faibles doses et actuellement on les refait avec des systèmes d'exposition qui sont différents parce qu'adaptés à la configuration actuelle, c'est-à-dire aux antennes de station de base et aux téléphones mobiles. On recommence à faire cette exploration en profondeur mais avec, à mon avis, une méthodologie plus rigoureuse, une dosimétrie nettement plus précise parce qu'on a appris à mesurer, à calculer les champs de façon bien supérieure à ce que l'on faisait avant. J'ai vu plusieurs études et j'ai vécu plusieurs expériences en laboratoire sur des cultures de cellules où l'on s'est aperçu que le contrôle de la température était beaucoup plus critique qu'on ne le pensait et où les effets étaient dus aux effets sur la température et non pas aux champs électromagnétiques. Je crois donc que l'on a quand même progressé dans la connaissance. On n'a pas tellement progressé à mon avis en terme de gestion des risques parce que les effets sanitaires, les effets de santé ne sont pas très concluants. Faire des études si des personnes sont malades, ça peut effectivement apporter quelque chose parce qu'on peut essayer de trouver les paramètres importants.

Une intervenante : Je voudrais conclure sur la chose. Le milieu scientifique fait ce qu'il peut apparemment mais je pense qu'il s'agit d'un gros problème politique et économique.

René De Sèze : Je voudrais juste rebondir sur la question qui m'a été posée tout à l'heure en me disant que je prenais une grosse responsabilité. Personnellement, je ne trouve pas que ce soit une grosse responsabilité dans la mesure où mon expérience me fait penser que s'il existe un risque, il est infinitésimal. Donc, compte tenu de ça, je peux dire ce que j'en pense. Je suis personnellement convaincu que même quand je serai mort on n'aura pas trouvé un risque important et grave.

José Cambou : Je souhaiterais vous dire deux phrases avant qu'on se sépare. La première c'est que l'espace S3PI étant un espace de concertation, notre objectif ce n'est pas qu'il y ait une réponse figée mais c'est permettre à l'ensemble des personnes qui souhaitaient avoir des éléments supplémentaires dans un débat de pouvoir en bénéficier et je remercie le professeur d'être venu à Toulouse pour apporter des éléments sur le dossier.

Thomas Eymond-Laritz : Pour ceux qui souhaitent assister aux réunions du SPPPI vous pouvez vous procurer le programme du SPPPI et vous inscrire pour le recevoir en téléphonant à la DRIRE auprès de Madame Denise Pons.