

**afis**  
**SCIENCE**

N° 285 avril - juin 2009  
Trimestriel. 5 €

# **... et pseudo-sciences**

Revue de l'Association Française pour l'Information Scientifique

## **Ondes électromagnétiques : mythes, peurs et réalités**

**Téléphones mobiles**

**Antennes-relais**

**Wi-Fi**

**Lignes THT**

**Lampes  
basse consommation**

**RFID**

**Lanceurs d'alerte ou service public de l'expertise scientifique ?**  
**Électrosensibilité : vraie pathologie et fausses causes**  
**Ondes et croyances paranormales**

**Faux souvenirs : les ravages  
des "thérapies de la mémoire"**

## SCIENCE

### ... et pseudo-sciences

#### Comité de rédaction

**Jean-Paul Krivine**, *rédacteur en chef*,  
**Pierre Blavin**, **Martin Brunschwig**,  
**Nicolas Gauvrit**, **Jean Günther**, **Philippe Le Vigouroux**, **José Tricot**, **Nadine de Vos**.

*Relectures* : Brigitte Axelrad, Bertrand Baumeister, Martin Brunschwig, Nadine de Vos.

*Mise en page* : Jean-Paul Krivine

*Montages photos et iconographie* : Bertrand Baumeister.

Imprimeur : Bialec S.A. Nancy..

N° commission paritaire : 0411 G 87957

ISSN 0982-4022. Dépôt légal : à parution

Directeur de la publication : Michel Naud

**afis** *Association Française  
pour l'Information Scientifique*

#### Anciens présidents :

Michel Rouzé, fondateur (1969-1999)

Jean-Claude Pecker (1999-2001)

Jean Bricmont (2001-2006)

#### Conseil d'administration

**Président d'honneur : Jean Bricmont**

**Président : Michel Naud**

**Vice-président : Élie Volf**

**Secrétaire général : Sébastien Colmerauer**

**Trésorier : Roger Lepeix**

Stéphane Adrover, Pierre Blavin, Yvette Dattée, Michel Grossmann, Élie Nicolas, Hervé Nifenecker, Jacques Poustis, Raymond Roze des Ordon.

#### AFIS, Science et pseudo-sciences

14, rue de l'École Polytechnique, 75005 Paris

Les articles signés n'engagent pas nécessairement le point de vue de la rédaction.

### Conseil scientifique et comité de parrainage

**Jean-Pierre Adam** (archéologue, CNRS, Paris). **Jean Bricmont** (professeur de physique théorique, Université de Louvain-la-Neuve, Belgique). **Henri Broch** (professeur de physique et de zététique, Nice). **Marc Fellous** (professeur de médecine, Institut Cochin de Génétique Moléculaire). **Louis-Marie Houdebine** (biologiste et directeur de recherche au centre de l'INRA de Jouy-en-Josas). **Bertrand Jordan** (biologiste moléculaire, directeur de recherche émérite au CNRS, Marseille). **Philippe Joudrier** (biologiste, directeur de recherche à l'INRA). **Jean-Pierre Kahane** (professeur de mathématiques, membre de l'Académie des Sciences). **Jean de Kervasdoué** (professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers, membre de l'Académie des Technologies). **Marcel Kuntz** (biologiste, directeur de recherche au CNRS). **Gilbert Lagrue** (professeur honoraire à l'Hôpital Albert Chenevier de Créteil). **Hélène Langevin-Joliot** (physicienne nucléaire, directrice de recherche émérite au CNRS). **Guillaume Lecointre** (Systématicien, professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle, directeur du département Systématique et Évolution). **Jean-Marie Lehn** (professeur au Collège de France, membre de l'Académie des Sciences, Prix Nobel de chimie). **Jean-Claude Pecker** (professeur honoraire d'astrophysique théorique au Collège de France, membre de l'Académie des Sciences). **Arkan Simaan** (professeur agrégé de physique, historien des sciences). **Alan Sokal** (professeur de physique à l'Université de New York et professeur de mathématiques à l'University College de Londres). **Jacques Van Rillaer** (professeur de psychologie, Belgique).

## Esprit critique, où es-tu ?

Au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, face au développement du chemin de fer, le député Arago (par ailleurs physicien) annonçait que le transport en wagon efféminerait les soldats, en leur faisant perdre l'habitude des grandes marches. Peu avant déjà, il mettait en garde contre les fluxions de poitrine, pleurésies, catarrhes, que les usagers ne manqueraient pas d'attraper ou contre une hypothétique explosion de la locomotive<sup>1</sup>...

Vous souriez ? Et pourtant, à certains égards, les mentalités n'ont pas vraiment changé.

Toutes ces alertes et mises en garde d'Arago se sont faites dans un contexte politique de prise de décision : le choix d'un tracé pour la ligne de chemin de fer de Paris à Versailles en 1836 puis en 1837, le choix entre l'État et les compagnies privées pour la construction des grandes lignes de chemin de fer. On ignore si

## Éditorial

Arago était lui-même convaincu par les préventions « médicales » qu'il assénait à ses collègues parlementaires, mais aujourd'hui, comme hier, on constate que la culture de la peur

s'empare de nos élites politiques. Toute nouveauté présente une part d'incertitudes qu'il est rarement possible de complètement éliminer, et toute nouvelle technologie suscite des inquiétudes, justifiées ou non. Mais la différence est grande entre les attitudes du 19<sup>e</sup> siècle et celles d'aujourd'hui : malgré quelques accidents ferroviaires, personne n'a suggéré à l'époque d'abandonner le rail (ou de faire un « moratoire »...) alors qu'aujourd'hui, sur simple rumeur et sans danger réellement avéré, on cherche très vite à « revenir au cheval »... Et pourtant, les méthodes et outils en santé publique ont largement progressé, permettant de mieux maîtriser l'introduction de nouvelles technologies.

Ce qui a changé, c'est le caractère non tangible de certains dangers allégués : rayonnements divers, génétique, produits chimiques, nanoparticules. En comparaison le chemin de fer était, au moins, directement perceptible par chacun.

Ce qui a changé aussi, c'est l'amplitude et la vitesse de diffusion de l'information. Autrefois transmises lentement de proche en proche, les peurs, des plus crédibles aux plus extravagantes, sont aujourd'hui amplifiées instantanément par le bouche

à oreille électronique et les débats qui s'ensuivent sont lourdement parasités par une information trop souvent dénaturée. Sous prétexte d'avertir et de protéger, l'inflation médiatique finit par angoisser, voire déstabiliser, jusqu'aux moins crédules qui baignent à leurs dépens dans un abus de sensationnel incompatible avec une bonne information !

Les scénarios catastrophe, les formules alarmistes – sans oublier les canulars et légendes urbaines – se répandent comme la varicelle, sur le Web et dans la presse, tout comme les théories et pratiques occultes, divinatoires, pseudo-médicales et parascientifiques qui ont déjà une très large place dans les médias. Si quelques journalistes et auteurs s'en inquiètent et s'appliquent à démystifier les impostures et la désinformation, un grand nombre répond à la demande créée par leurs bons soins car c'est elle, la bonne fée, qui fait vendre et exploser l'audimat. L'esprit critique, ainsi lesté par des peurs irraisonnées voire irrationnelles, a de plus en plus de mal à surnager dans la mer de l'information.

La lucidité est la qualité principale de la personne dotée d'esprit critique. Et cet esprit-là ne se cache pas dans le petit bout de la queue du chat<sup>1</sup>.

*Science et pseudo-sciences*

<sup>1</sup> Voir Œuvres complètes de François Arago, Volume 5 Tome 2 (1855) p. 238 et suivantes et Histoire de la Monarchie de Juillet Tome 5 de P. Thureau-Dangin (1911) p. 64-65.

<sup>2</sup> « La queue du chat », paroles et musique de Robert Marcy, 1948. Un succès des Frères Jacques.

**Samedi 16 mai 2009 à 14 h 30**

**conférence publique organisée par l'AFIS. *Entrée libre et gratuite***

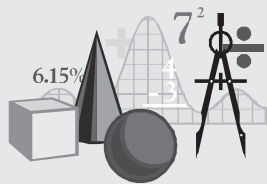
avec **Jean de Kervasdoué**, auteur du livre ***Les précheurs de l'apocalypse***, professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM), membre de l'Académie des technologies et membre du comité scientifique et de parrainage de l'AFIS.

**Le matin du même jour, au même endroit, se tiendra l'assemblée générale de l'AFis** (ouverte à tous les adhérents de l'AFIS). Début de la réunion à 9 heures.

**Amphithéâtre Jules Ferry à l'École Normale Supérieure**  
29 rue d'Ulm, 75005 Paris



# Du côté de la science



## Barack Obama et les cellules-souches : *yes he can !*

Les premières décisions du Président Obama à destination de la recherche scientifique américaine ne devraient pas tarder à être annoncées. À peine installé à la Maison Blanche, Obama a déjà marqué sa différence face aux mouvements « pro-life » en levant l'interdiction faite au gouvernement de financer publiquement les ONG qui soutiennent le droit à l'IVG. Il pourrait bien lever prochainement le veto sur le financement public de la recherche en thérapie génique imposé par son prédécesseur, G.W. Bush.

La déclaration du Président Bush en juillet 2006 [1] avait fait grand bruit dans le milieu scientifique. Lors d'une allocution depuis son bureau de la Maison Blanche, entouré d'enfants issus d'embryons surnuméraires ayant fait l'objet d'une implantation chez des mères infertiles, Bush s'était fermement opposé à la recherche publique sur les cellules souches d'origine embryonnaire. Son veto gelait ainsi tout financement par des fonds fédéraux des recherches effectuées sur des lignées de cellules souches cultivées après août 2001.



La thérapie génique soulève de grands espoirs de guérison en médecine. Le veto de Bush, perçu comme un argument en faveur de la droite ultra-conservatrice et des mouvements religieux militants « pro-life », avait donc été vécu comme une défaite par les scientifiques américains. Les élections présidentielles de 2008 ont fait l'objet d'un nouvel épisode dans cette guerre idéologique, et le candidat démocrate est rapidement devenu le défenseur de la communauté

scientifique, face à un conservatisme religieux fort bien incarné par la candidate à la vice-présidence Sarah Palin. Pendant sa campagne, Barack Obama avait ainsi annoncé son intention de lever l'interdiction sur le financement par le gouvernement fédéral des recherches sur les cellules souches. Mais

afin que ce débat soit définitivement clos, le Congrès devra légiférer sur la question.

Pendant ce temps, la FDA a donné son feu vert à Genron, une société californienne de biotechnologies, pour lancer les premiers essais cliniques de thérapie génique humaine [2]. Cette société souhaite développer les transplantations de cellules souches cultivées à partir d'embryons humains chez des

patients atteints de lésions de la moelle épinière. Cette technique, qui a fait ses preuves chez le rat [3], est source d'espoir pour de nombreuses personnes quadriplégiques. Il s'agit également d'un pied de nez fait par la FDA aux mouvements religieux et créationnistes, qui après le veto de Bush, rêvaient d'une interdiction totale, sur fonds privés comme publics.

Cette décision de la FDA s'inscrit donc pleinement dans la politique scientifique et sociale de Barack Obama. S'il n'est pas le décisionnaire dans cette affaire, il est cependant permis d'espérer que le nouveau Président soutienne encore plus la recherche scientifique et s'oppose à la croisade « anti-sciences » menée par les mouvements conservateurs et religieux outre-Atlantique.

[1] USA : le premier veto du Président Bush concerne les cellules souches embryonnaires. (2006).

<http://www.spectrosciences.com/spip.php?br eve142>

[2] Wadman M. Human embryonic stem cell trial wins approval. *News@Nature* 24 janvier 2009.

[3] Keirstead, H. et al. J. (2005). *Neuroscience* 25, 4694.

*Guillaume Calu*

## **Téléportation quantique à grande distance entre deux atomes**

Pour les physiciens du Joint Quantum Institut de l'université du Maryland, la téléportation n'est pas seulement de la science-fiction. Ces chercheurs sont en effet parvenus à téléporter un état quantique entre deux atomes séparés par une distance de un mètre. Cette expérience avait déjà été réalisée à l'échelle

macroscopique entre des photons, mais c'est la première fois qu'elle réussit entre deux atomes.

Les physiciens du Joint Quantum Institut se sont servis du phénomène d'intrication quantique pour téléporter de l'information quantique entre deux ions d'ytterbium, piégés dans deux cavités séparées de 1 mètre. Ainsi, après avoir intriqué les deux ions, ils ont pu téléporter un « quantum bit » d'information du premier atome vers le deuxième.

Le travail fourni par les chercheurs constitue à ce jour une nouvelle percée dans le domaine de la téléportation quantique de l'information. Ces recherches ouvrent la voie à une forme innovante de technologie qui devrait révolutionner le domaine des télécommunications dans les années à venir, et permettre, entre autre la mise en place d'un Internet quantique.

*Pour en savoir plus :*

Olmschenk, S. et al. (2009). Quantum Teleportation Between Distant Matter Qubits. *Science* 323(5913): 486 – 489. DOI: 10.1126/science.1167209

*Guillaume Calu*

## **L'opération de fertilisation des océans LOHA-FEX autorisée**

Le Polarstern, navire de recherche et brise-glace allemand, a atteint les mers australes mi-janvier afin d'y réaliser une expérience de fertilisation des océans. Cette technique consiste à déverser en grandes quantités du sulfate de fer sur une large zone d'essai afin de favoriser la prolifération du phytoplancton. Le ministère allemand des sciences

a dans un premier temps suspendu cette mission avant même qu'elle ne débute, plaidant le risque environnemental de ces essais de géo-ingénierie [1]. Le 26 janvier dernier, le même ministère est revenu sur sa décision et l'expérience LOHAFEX a pu débuter [2].

Le phytoplancton marin est l'un des principaux acteurs de la « pompe biologique » séquestrant le CO<sub>2</sub> atmosphérique. L'idée de provoquer de massives efflorescences afin de stocker le CO<sub>2</sub> sous forme de biomasse et de le laisser précipiter dans les eaux profondes est donc rapidement venue aux océanographes. Cependant, les données scientifiques laissent sceptique sur le bien-fondé d'une telle opération. La quantité de carbone organique entraînée dans les eaux profondes reste modeste, tandis que la prolifération phytoplanctonique peut perturber l'écosystème marin [3]. En effet, l'accumulation de biomasse en décomposition peut entraîner un appauvrissement des eaux en dioxygène. De plus, certaines micro-algues peuvent rejeter des gaz à effet de serre, mais également produire des halogénures de méthyle, précurseurs chimiques d'halogènes réactifs dégradant l'ozone stratosphérique, et du sulfure de diméthyle régulant la condensation de la vapeur d'eau au-dessus des océans !

Le ministère allemand s'est dans un premier temps appuyé sur la Convention de Londres, qui appelle à un moratoire sur toute fertilisation à but commercial des océans (moyennant paiement en crédits carbone). Cependant, le Polarstern ne réalise pas une cam-

pagne privée mais participe à la campagne LOHAFEX, une vaste expérience scientifique menée depuis 1993. Les résultats de cette étude répondent justement à un besoin urgent d'évaluation de cette technique de géo-ingénierie : dernièrement, l'étude internationale Crozex [4] a ainsi donné des résultats favorables à la séquestration du CO<sub>2</sub> fixé dans les eaux profondes. Certains océanographes ont donc manifesté leur déception face à la première décision ministérielle allemande, qui entravait une recherche internationale et non une activité mercantile.

Mais dans un second temps, le ministère allemand de la Recherche aurait pris connaissance d'un rapport scientifique et juridique indépendant, plaidant pour la reprise de l'expérience LOHAFEX. Ce document aurait fait basculer la décision gouvernementale finale. Le Dr. Karin Lochte, Directeur de l'Alfred Wegener Institute, s'est déclarée ravie de cette décision et a souligné une fois de plus le besoin d'évaluation des techniques controversées de fertilisation des océans.

[1] Schiermeier Q. Ocean fertilization experiment suspended . News@Nature 14 janvier 2009.

[2] Alfred Wegener Institute. Polarstern expedition "LOHAFEX" can be conducted. 26 janvier 2009.

[3] Fertiliser les océans contre le changement climatique : vrai ou fausse « bonne idée » ? (2007)

[4] Morgan J. Ocean climate fix remains afloat. BBC News 29 janvier 2009.

*Guillaume Calu*

**Guillaume Calu** est l'un des initiateurs du site <http://www.spectrosciences.com>

## Des mammouths dans les zoos ?

Le clonage des animaux à partir de cellules d'adultes fait rêver et chacun imagine plus ou moins quels clones il aimerait bien pouvoir contempler ou posséder. La fiction décrite dans le livre et le film *Jurassic Park* a contribué à nourrir ce rêve. Le séquençage complet du génome d'un nombre croissant d'animaux rend encore plus vraisemblable la possibilité de ressusciter des espèces disparues *via* le clonage par transfert d'ADN de l'espèce disparue dans des ovocytes énucléés d'une espèce voisine encore vivante. Un vieux rêve est de rendre la vie aux mammouths que l'on retrouve de temps à autre congelés dans le sol de la toundra sibérienne. Ces restes exceptionnellement bien conservés permettent actuellement d'établir la séquence d'une bonne partie du génome de mammouth. Cela a poussé certains

à tenir des propos bien imprudents en considérant comme tout à fait possible d'appliquer aux mammouths, en vrai grandeur, le scénario de *Jurassic Park* et de faire renaître ainsi cette espèce disparue au temps de la préhistoire. La réalité est infiniment plus complexe que ce qu'imaginent ceux qui pensent que la science peut (et qu'elle doit) résoudre tous les problèmes, y compris techniques, qu'elle se pose directement ou non.

Le séquençage de l'ADN de mammouth est incontestablement intéressant d'un point de vue évolutif, mais il faut réaliser que l'ADN en question est en partie dégradé. Il est en tout cas fragmenté, ce qui probablement ne permettra pas de reconstituer la séquence complète *in silico*, en raboutant virtuellement, à l'aide de programmes informatiques, les fragments dont la structure a pu être déterminée. Ce que nous a appris ce travail en





cours est que le mammoth est aussi proche de l'éléphant que le laissait supposer les similitudes morphologiques des deux espèces qui ont dû diverger il y a 7,6 millions d'années.

Connaître la séquence de l'ADN d'une espèce et avoir cet ADN sous une forme fonctionnelle dans un tube sont deux choses bien différentes. Des travaux récents assez spectaculaires ont prouvé qu'il était possible de reconstituer fidèlement le génome complet d'une bactérie en assemblant dans le bon ordre tous les fragments d'ADN qui le composent, obtenus par synthèse chimique. Reconstituer un génome de mammifère est une tout autre aventure car la longueur totale de son ADN est de 1,5 mètre, et celle d'un génome de bactérie n'est que de 1,5 millimètre. Le génome de mammoth doit contenir 4,7 milliards de paires de bases et l'accrochage d'une base à une autre par synthèse chimique coûte au mieux un demi-dollar. Le coût de la synthèse du génome de mammoth est donc totalement dissuasif.

Il faut par ailleurs bien prendre en considération le fait que le clonage d'un animal ne consiste pas à introduire de l'ADN de cet animal dans un ovocyte énucléé provenant de la même espèce. L'ADN brut dans un tube est comme un tas de bandes magnétiques dans le coin d'une pièce où se trouvent un écran et un haut-parleur. On ne peut connaître le contenu des messages enregistrés que s'ils sont décodés dans un ordre précis par un décodeur spécifique. En pratique, le clonage consiste à introduire un noyau contenant tout l'ADN nucléaire d'un animal dans

un ovocyte énucléé. Le noyau est déjà un ensemble extraordinairement organisé que l'on ne sait pas (encore) reconstituer à partir de ses éléments constitutifs. Ce schéma n'est vrai, pour des raisons inconnues, que chez la souris. Chez les autres espèces la situation est encore plus complexe. C'est en effet la cellule somatique entière donneuse de noyau qui doit être introduite dans un ovocyte énucléé. L'isolement du noyau, aussi doux soit-il, perturbe sa structure jusqu'à le rendre non fonctionnel et le clonage ne peut plus avoir lieu. Le fait qu'on ait pu récemment obtenir des clones de souris à partir de noyaux de cellules conservées à l'état congelé depuis 16 ans ne change pas grand-chose à l'affaire. La structure du noyau est en effet bien conservée par congélation. Les cellules des mammoths sont mortes. Leurs noyaux sont de ce fait trop altérés pour permettre un clonage chez le mammoth. Il est important de mentionner que le clonage des souris à partir de cellules congelées depuis longtemps a nécessité un protocole très sophistiqué, inapplicable actuellement à des espèces autres que la souris : transfert de noyau, établissement de cellules souches embryonnaires, obtention de souris chimères (souris qui posséderont deux génotypes distincts) par transfert des cellules souches dans un embryon adoptif et reconstitution des clones souris par reproduction sexuée des chimères.

Manipuler un seul génome est par ailleurs un véritable défi. La quantité d'ADN que contient chaque cellule de mammifère est de 7 pg (1pg=un millième de milliardième

de gramme). Une si faible quantité manipulée doit être contenue dans un volume ne dépassant pas 1nl (1 milliardième de litre). On pourrait imaginer manipuler de plus grandes quantités d'ADN et de n'en injecter que 7pg dans un ovocyte énucléé. Cette opération serait à coup sûr un échec car les 7pg en question devraient contenir strictement les deux versions de chaque chromosome, ce qui, en pratique, ne peut se produire statistiquement. L'ovocyte recevrait donc au hasard de multiples copies d'un chromosome et aucune copie d'un autre.

Le problème suivant et qui n'est pas le moindre concerne les ovocytes receveurs qui ne pourraient provenir au mieux que d'éléphants. La reproduction de cette espèce n'est pas bien maîtrisée et les éléphants ne se reproduisent pas efficacement en captivité. La collecte d'ovocytes et le transfert des embryons provenant du clonage chez des femelles adoptives hormonalement préparées ne seraient possibles qu'après un apprentissage aussi long et difficile que coûteux et douloureux pour les animaux. L'éléphante a en effet des cycles de 16 semaines, elle ne produit qu'un petit nombre d'ovocy-

tes suffisant pour assurer la naissance d'un seul éléphanteau par portée. La gestation dure environ 2 ans et 5 ans s'écoulent entre deux gestations.

Ces considérations très proches des réalités sont puissamment briseuses de rêve. Et que penser du rêve lui-même ? Cette aventure ne nous apprendrait à peu près rien et elle ne servirait pas à grand-chose. Pourquoi tenter de ressusciter une espèce disparue alors que tant d'autres disparaissent chaque jour ? L'espèce humaine cherche-t-elle à oublier qu'elle est celle qui est, plus que jamais, le plus grand massacreur d'espèces de l'histoire de la terre ? Le caractère ludique de l'opération ne justifie rien. Contempler un éléphant qui a des poils plus longs que ceux que nous connaissons est un projet assez insignifiant. Il est aisé de trouver d'autres raisons de dépenser de l'argent ne serait-ce que celle visant à freiner la disparition massive d'espèces dont nous humains sommes responsables.

*Louis-Marie Houdebine*

#### *Référence :*

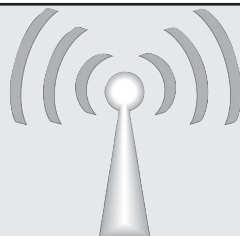
Nicolls H. Let's make a mammoth. *Nature* (2008) 456: 310-314.

### **Aidez-nous en vous abonnant**

Vous lisez pour la première fois *Science et pseudo-sciences*. Vous avez sans doute trouvé notre revue dans l'un des quelques centaines de points de vente en France où nous sommes distribués.

La manière la plus sûre pour nous retrouver le trimestre prochain est de s'abonner. En effet, le plan de diffusion n'est pas encore bien fixé et le nombre d'exemplaires mis en vente reste encore limité. Et en vous abonnant, vous nous aidez également à assurer notre équilibre financier et vous nous permettez d'améliorer la présentation de la revue (passage en quadrichromie, pagination, etc.). Vous trouverez un formulaire d'abonnement en fin de ce numéro. Abonnement possible également sur notre site Internet : <http://www.pseudo-sciences.org>

# **Dossier : Les ondes électromagnétiques : peurs, mythes et réalités**



## **Sommaire**

<b>Comment se retrouver dans l'information ? (Anne Perrin) .....</b>	<b>10</b>
<b>Ondes et champs électromagnétiques (Alain Azoulay) .....</b>	<b>17</b>
<b>Comment les animaux perçoivent-ils les champs magnétiques ? (Henri Brugère) ..</b>	<b>25</b>
<b>Faut-il avoir peur des champs magnétiques liés à l'électricité ? (Martine Souques) ..</b>	<b>32</b>
<b>Les leucémies de l'enfant et les champs basse-fréquences (Jacqueline Clavel) ...</b>	<b>41</b>
<b>Les animaux de ferme sont-ils le révélateur d'un danger pour l'homme ? (Henri Brugère) .....</b>	<b>46</b>
<b>Expertise scientifique et concertation pour les élevages agricoles (François Gallouin) .....</b>	<b>54</b>
<b>Les effets sanitaires éventuels des téléphones mobiles (Bernard Veyret et Isabelle Lagroye) .....</b>	<b>57</b>
<b>Les lampes basse-consommation (Martine Souques) .....</b>	<b>63</b>
<b>Après les jugements des tribunaux de Carpentras et de Tassin-la-Demi-Lune (Communiqué de l'Académie nationale de Médecine) .....</b>	<b>65</b>
<b>L'étude Interphone (André Aurengo) .....</b>	<b>67</b>
<b>L'étude Biolnitiative, ou l'apparence de sérieux scientifique (Jean-Paul Krivine) ..</b>	<b>69</b>
<b>Les étiquettes intelligentes à radiofréquence (RFID) (Jean-Claude Debouzy, David Crouzier et Anne Perrin) .....</b>	<b>73</b>
<b>Les feux de Moirans-en-Montagne, ou l'expertise en situation de crise (Marc Poumadère) .....</b>	<b>78</b>
<b>Ondes et croyances paranormales (Henri Brugère) .....</b>	<b>82</b>
<b>Sornettes sur Internet : les « dispositifs protecteurs » (Jean Günther) .....</b>	<b>91</b>
<b>Débat : Les antennes relais rendent schizophrène, c'est prouvé ! (Jean-Paul Oury) .....</b>	<b>95</b>

*Pour réaliser ce dossier, nous avons fait appel à des experts reconnus nationalement ou internationalement, issus de l'industrie ou de la recherche publique. Des références précises et détaillées permettent au lecteur de se reporter aux études.*

*Dossier coordonné par Jean-Paul Krivine*



# Ondes électromagnétiques : comment s'y retrouver dans l'information ?

*Anne Perrin*

**Anne Perrin** est docteur en biologie, spécialisée en biophysique, responsable de projets de recherches sur les effets biologiques des rayonnements non ionisants au Centre de Recherches du Service de Santé des Armées (CRSSA – Département de Radiobiologie), vice-Présidente de la section Rayonnements non ionisants de la Société Française de Radioprotection (SFRP) et vice-Présidente de la commission Bioélectromagnétisme et médecine de l'Union Radio Scientifique Internationale (section France : URSI-France).



L'utilisation des ondes électromagnétiques au quotidien s'est développée de façon continue depuis la mise en place du réseau de distribution électrique au début du siècle dernier. Il s'en est suivi l'apparition d'une quantité d'appareils d'usage courant branchés sur secteur. Les ondes électromagnétiques ont été mises à profit pour la radiodiffusion, puis la télévision. Plus tard le four à micro-ondes est apparu comme une curiosité dont certains se méfient encore, mais son emploi est entré dans les mœurs, et maintenant la cuisine continue à tirer parti des ondes avec les plaques à induction. Au cours des dernières décennies, une véritable révolution a eu lieu dans le domaine des technologies sans fil (téléphonie, Wifi, Bluetooth, étiquettes RFID) avec l'explosion de leur usage dans la vie de tous les jours. Pour la téléphonie mobile, les chiffres mondiaux sont étonnants : d'un peu plus de 750 000 abonnements en 1985 à 2,5 millions en 1987, le nombre total d'abonnements aux téléphones portables

a dépassé les 11 millions en 1990, et le milliard en 2002. Malgré un ralentissement, le chiffre a tout de même dépassé les 3,3 milliards en 2007. Il y a maintenant plus de téléphones portables en Afrique qu'au Japon, selon un rapport de l'Union Internationale des Télécommunications [1].

## Risque et perception du risque

Parallèlement, la notion de risque a évolué dans les pays industrialisés où elle occupe une place de plus en plus importante. En dépit d'une hygiène de vie et de conditions de sécurité en amélioration constante allant de pair avec un accroissement notable de la longévité, la catastrophe sanitaire est redoutée. La perception du risque peut sembler non rationnelle si l'on considère que la connaissance d'un danger avéré, même grave n'est pas forcément corrélée avec une conduite prudente : l'acceptabilité du risque n'est pas inver-

sement proportionnelle à la gravité du danger encouru. Cependant, le développement exponentiel de la technologie dont nous sommes maintenant totalement tributaires suscite des inquiétudes et des réactions de méfiance, voire de refus, pouvant aller bien au-delà de la simple attitude de prudence. Si depuis un peu plus d'un siècle la technologie a d'abord fasciné la population, de simple, elle est devenue de plus en plus complexe et tout le monde s'en est servi sans se soucier du principe de fonctionnement, pourvu que ça marche. Nous sommes en train de passer à une autre approche, non pas liée à une envie plus forte de comprendre comment ça marche mais plutôt en lien avec une perception contemporaine de la santé, du risque et de l'environnement : pourvu que ça marche et que cette technologie soit saine. Voilà un créneau qui alimente bien des débats : les scientifiques sont mis au défi de prouver le risque zéro, c'est à dire l'absence d'effet, ce qui est impossible.

La santé est devenue un droit, la santé parfaite est en passe de devenir un but en soi, et pourquoi pas la vie éternelle... sur terre, bien sûr ! Paradoxalement, cette utopie se traduit par un retour à la nature, éventuellement assorti d'une conception du monde où tout ce qui n'est pas d'origine naturelle est à bannir. Dans ce contexte, les ondes électromagnétiques, invisibles et omniprésentes deviennent le candidat idéal à la diabolisation.

## Connaissance scientifique et information

Que sait-on des effets sanitaires des ondes électromagnétiques, en particulier en ce qui concerne les communications sans fil et les lignes à haute tension ? À ce jour, le bilan des données scientifiques ne justifie pas d'envisager une remise en cause des recommandations faites par la Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants (ICNIRP), à la base de la recommandation Européenne [2]. Il y a une réelle difficulté à faire passer les informations scientifiques par une vulgarisation qui permettrait de se faire une opinion éclairée. Question de langage, de mode de communication ou de moyen de communication ? La





diffusion de la connaissance scientifique fait sans doute les frais des impératifs actuels d'immédiateté et de messages ultra raccourcis.

L'information à destination de la population est véhiculée essentiellement par les médias, mais également par quelques associations de type ONG. La nécessité de faire vendre un journal ou monter l'audimat introduit un biais dans le choix des titres et des nouvelles à transmettre. À la télévision surtout, l'émotion, la peur, le suspense doivent être au rendez-vous. Nombre d'informations alarmistes sont consacrées aux risques de l'exposition aux ondes électromagnétiques et certains comptent sur la jurisprudence pour faire office de preuve scientifique. Dans la presse écrite et audio-visuelle, sur Internet, voire dans des revues d'information médicale, la notion de danger est mise en avant. Des « conclusions », souvent issues d'une interprétation abusive de certains résultats, sont établies à partir de productions scientifiques choisies, publiées ou non, éventuellement sorties de leur contexte, déformées, ou à partir de cas particuliers. Parallèlement, des travaux non scientifiques sont réalisés, dont les lacunes méthodologiques permettent d'atteindre le but visé par l'étude, à savoir « démontrer » les effets nocifs des ondes<sup>1</sup>.

L'émotion est au cœur du débat et l'ensemble est trop souvent traité de façon pseudo-scientifique pour servir des thèses préétablies. Une méconnaissance du sujet, des raccourcis fâcheux, l'amalgame avec les risques du tabac ou de l'amiante sont fréquents et rendent discutable une bonne part de l'information fournie au public. On assiste à des initiatives conduites par des experts auto-proclamés n'hésitant pas à utiliser leur autorité médicale ou charismatique pour se draper dans la cape du lanceur d'alerte à grand renfort de médias. C'est ainsi qu'en juin dernier, l'« appel des 20 experts » initié par le psychiatre David Servan-Schreiber pour mettre en garde contre les dangers du téléphone mobile a fait l'objet d'un rappel à l'ordre par l'Académie Nationale de Médecine<sup>2</sup> ainsi que d'une mise au point sur les risques des téléphones portables. Les contre-experts « indépendants » d'origines diverses aux titres éminemment rassurants ou au profil sympathique du « citoyen comme tout le monde », sont bien plus populaires que les spécialistes du domaine travaillant effectivement sur le sujet. L'idée est répandue que la recherche française est assujettie à la pression des lobbys qui empêchent la vérité d'apparaître au grand jour en contrôlant les publications avec la complicité des institutions publiques. Le chercheur est systématiquement suspecté, comme s'il ne pouvait pas être capable d'intégrité et d'autonomie. Pourtant, personne parmi ceux qui parlent sans cesse de l'indépendance ne semble s'émouvoir du fait que le rapport *BioInitiative*, cité en référence, ait été orchestré par une personne qui vend des systèmes de protection anti-ondes pour l'habitat. Mais manipuler habilement le mot indépendance fait recette, c'est l'arme absolue qui permet à l'occasion de masquer des compétences douteuses. L'indépendance totale ouvre la porte à toutes les élucubrations.

<sup>1</sup> Voir l'article sur le rapport *BioInitiative* dans ce dossier (Ndlr).

<sup>2</sup> Voir *SPS* n°282, juillet 2008.

## Contribution inattendue de scientifiques

Pour couronner le tout, des chercheurs contribuent eux-mêmes à la confusion et à la montée de l'inquiétude. Certains sont incités à donner des conclusions avant la fin des études lors d'interviews ou se laissent aller à des extrapolations des résultats qui leur valent une notoriété instantanée. C'est ainsi que le stress des tomates est apparu comme un bon indicateur de danger des téléphones portables pour l'humain<sup>3</sup>. Cela n'est pas sans nous rappeler les expériences, très médiatisées, du Pr. Bastide qui avait placé des œufs sous un téléphone portable il y a une dizaine d'années, expériences directement interprétées comme le signe d'un danger pour le fœtus. Ou encore les travaux réalisés dans le cadre d'un programme de recherche français (COMOBIO<sup>4</sup>) par le Pr. Aubineau, spécialiste de la barrière hémato-encéphalique. Jamais publiés, ces derniers servent, encore aujourd'hui, à l'appui de théories expliquant les effets nocifs des ondes sur le cerveau humain (non démontrés eux non plus). En 2008, les deux études autrichiennes ayant mis en évidence des cassures d'ADN induites par ce type d'onde ont dû être retirées de revues à comité de lecture pour cause de fraude scientifique [3].

D'autres chercheurs cèdent à la pression de publication pour des motifs carriéristes ou contractuels en faisant tout simplement l'impasse sur la dosimétrie et/ou la puissance statistique. Enfin, bien qu'en nette amélioration, le système d'exposition ne permet pas toujours un contrôle satisfaisant des conditions d'expositions, or c'est l'élément essentiel dont dépendra la fiabilité du résultat. Le nombre de résultats non reproductibles publiés devrait inciter à plus de rigueur scientifique et de responsabilité, aussi bien de la part des éditeurs, des comités de lecture des revues que des chercheurs car il jette un discrédit sur l'ensemble de la profession. Tout cela ne facilite guère la synthèse de l'état des connaissances dans un domaine de recherche où la difficulté expérimentale est, non seulement déjà à la base, inhérente à toute problématique relevant des faibles doses, mais se trouve amplifiée par multidisciplinarité du sujet.

Par ailleurs, les résultats d'études en cours peuvent aussi générer une anxiété significative avant même leur achèvement. Nous pouvons prendre comme exemple le cas de la désormais célèbre étude épidémiologique *Interphone*, dimensionnée pour avoir une puissance statistique suffisante avec les données de treize pays mais disséminée par morceaux, du fait que chaque équipe participante publie ses propres résultats avant que l'ensemble ne soit analysé.

<sup>3</sup> L'université Blaise Pascal à Clermont-Ferrand, où ont été menés ces travaux a d'ailleurs publié un communiqué (13/02/2008) précisant qu'elle et les chercheurs travaillant sur les effets d'une exposition de tomates aux rayonnements électromagnétiques « se désolidarisent des déclarations de M. Gérard Lledo concernant les extrapolations des résultats de ces tests à la santé humaine. Ces recherches montrent l'existence, chez les plantes, d'un effet biologique dont la généralisation à d'autres êtres vivants (et en particulier à l'homme) n'est pour l'heure pas démontrée. »

<sup>4</sup> « COmmunications MObiles et BIOlogie », projet de recherche, soutenu par le RNRT (Réseaux de recherche et d'innovation technologique), s'est déroulé de mai 1999 à fin 2002.

## Opérations d'information ponctuelles

Il est toujours possible d'assister à des conférences organisées çà et là au cours de cafés-sciences ou d'autres initiatives isolées. Pas toujours facile de savoir quelle seront la teneur et la qualité de l'intervention même si l'annonce est alléchante, il convient de faire preuve de vigilance à l'égard de ce que l'on entend et de s'y rendre avec l'esprit critique grand ouvert. L'année dernière, un autre mode d'information original a été inauguré en Bretagne à l'initiative de la Fondation Santé Radiofréquence et de l'association bretonne pour la recherche et la technologie (ABRET) qui ont monté une exposition pédagogique et ludique itinérante, installée dans un camion<sup>5</sup>. Annuellement, la section Rayonnements Non-Ionisants de la Société Française de Radio Protection organise, couplée à un colloque, une session de conférences à destination des médecins et des personnels de la santé en collaboration avec les observatoires régionaux de la santé (ORS). De leur côté les industriels font de la communication et de l'information locale, notamment auprès des autorités de tutelle (DRIRE, DDASS), des élus et des communes. Ils s'en tiennent à l'état actuel des connaissances, d'autant qu'il n'a rien en leur défaveur et mettent bien sûr en avant les bénéfices liés à l'usage de ces nouvelles technologies.

### Que penser de tout cela ?

Finalement, beaucoup d'éléments d'information disparates concourent à troubler la population qui ne sait qui croire. Le sentiment d'être informé est une variable complexe qui relève des connaissances autant que du contexte social et de la personnalité d'un individu. Récemment, le baromètre santé 2007 de l'institut national de prévention et d'éducation pour la santé (INPES) indiquait que des inquiétudes persistaient dans l'opinion vis-à-vis de la téléphonie mobile [4]. En termes de perception, le risque apparaît plutôt faible pour la moitié de la population. La majorité de la population (61 %) se dit plutôt bien informée, mais les connaissances sont très médiocres, 36 % se sentent mal informés. Parmi les personnes interrogées, 13 % ont déclaré avoir entendu parler du DAS (valeur de la puissance absorbée par le corps en watt/kg, mentionnée pour chaque téléphone), pour celles-ci des définitions ont été proposées : 71 % ont répondu qu'il s'agissait de la « quantité d'ondes reçues par l'utilisateur lorsqu'il téléphone », 3 % « la vitesse à laquelle circule l'information », 3 % « l'autonomie du téléphone » et 8 % « la capacité du téléphone à capter le réseau » ; 15 % ne se sont pas prononcés. En définitive, 10 % de la totalité des utilisateurs (71% des 13%) ont pu donner une bonne définition. Les individus ne distinguent pas le téléphone portable en lui-même des antennes relais pour lesquelles l'hypothèse d'un risque n'est pas retenue par les experts, ils utilisent l'oreillette pour des raisons d'ordre pratique (70 % ne l'utilisent jamais). La perception d'un risque de tumeur au cerveau est plus forte chez les personnes les moins bien informées. Il y a un manque de confiance à l'égard des autorités et moins de la moitié des personnes interrogées font confiance aux experts scientifiques.

<sup>5</sup> « Un monde sans fil : les ondes en question », <http://www.sante-radiofrequences.org>



## Marchands de peur et information

Des polémiques arrivent régulièrement sur le devant de la scène au sujet des lignes électriques à haute tension et des communications sans fil. Finalement, les alertes récurrentes ont du mal à se détacher du bruit de fond et n'empêchent pas les technologies sans fil de connaître un franc succès. Environ 83 % de la population des 18-75 ans possède un téléphone portable. Néanmoins, l'incertitude renforcée par des affirmations plus ou moins radicales est anxiogène. Si certaines personnes trouvent dans les ondes la cause de leurs maux jusque-là dépourvus de sens, d'autres peuvent développer des pathologies qu'ils attribuent à une hypersensibilité aux ondes électro-

magnétiques. Le tableau clinique rassemble une série de symptômes atypiques, divers et variés. Des troubles semblables sont observés dans le syndrome du bâtiment malsain (Sick Building Syndrome – SBS) ou l'hypersensibilité chimique. Les études réalisées à ce jour, en double aveugle, concluent à une absence de relation causale entre les symptômes observés et l'exposition au champ électromagnétique. On peut légitimement se demander si ces patients sont victimes d'un effet *nocebo* et se tourner vers l'hypothèse du rôle de l'information anxiogène comme facteur de stress dans le déclenchement d'un tel phénomène. L'OMS englobe ce syndrome sous le terme plus général d'intolérance environnementale idiopathique (IEI) du fait de son absence de spécificité à un agent [5]. Dans le meilleur des cas, la personne souffrante va se tourner vers son médecin traitant pour obtenir des précisions sur ce risque ou chercher celui qui voudra bien confirmer que sa maladie est due à l'exposition aux champs électromagnétiques. « J'ai vu à la télé que ... Qu'est ce que vous en pensez Docteur ? ». Souvent, le médecin sera bien en peine de répondre car il dispose, ni plus ni moins, de la même information que son patient.

## Quid de l'information purement scientifique ?

Elle est par nature non sensationnelle. Il existe une littérature abondante sur le sujet disponible dans les bases de données internationales (*Pubmed*, *Medline*...). De nombreux rapports d'expertise scientifique, basés sur une analyse critique des données publiées, sont disponibles en ligne [4-8] en anglais et même en français [9-13]. Ils sont pratiquement tous détournés

et jugés « corrompus » par les associations anti-ondes qui ne jurent que par le rapport *BioInitiative* (voir l'article sur *BioInitiative* dans ce dossier). Parallèlement, de plus en plus de recherches sont conduites dans le domaine des sciences humaines sur cette thématique où les sociologues, notamment, trouvent un substrat de choix pour étudier l'amplification sociale du risque, la perception ou la politique du risque [14].

En conclusion, le sujet est particulièrement complexe, le public mais aussi les médecins, les politiques et les scientifiques non familiers de l'interdisciplinarité inhérente au sujet ont du mal à faire la part des choses. Les scientifiques ne sont pas là pour clamer « il n'y a rien et il n'y aura jamais rien », car la science procède par touches successives et n'a pas vocation à prédire l'avenir. On peut simplement retenir que, en dépit de nombreuses recherches, aucun risque pour la santé n'a encore été mis en évidence dans les conditions conformes aux limites d'expositions en vigueur. Les recherches se poursuivent. Tenons-nous en aux faits, aux effets scientifiquement avérés et reproductibles. C'est aux politiques et aux élus locaux de faire la part des choses pour décider de l'attitude à adopter face à l'absence de certitude et aux inquiétudes des citoyens. ■

### Références

- [1] « L'OCDE en chiffres 2008 », 2008, OCDE ; Paris
- [2] Conseil des Communautés européennes, Recommandation du Conseil du 12 juillet 1999 relative à la limitation du public aux champs électromagnétiques (de 0 Hz à 300 GHz). *Journal officiel des Communautés européennes*, 1999. L199 (30 juillet 1999) : p. 59-70.
- [3] Gretchen V., « Fraud charges cast doubt on claims of DNA damage from cell phone fields ». 2008, *Science*, 321, p. 1144-1145.
- [4] Menard C., Girard D., Léon C., Beck F. (dir), *Baromètre santé environnement 2007*. 2008, Saint Denis : INPES, coll. Baromètre santé, 420 p.
- [5] Organisation mondiale pour la santé (OMS), « Champs électromagnétiques et santé publique, Hypersensibilité électromagnétique ». 2005, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs296/fr/>.
- [6] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, « Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health ». 2007, European Commission: Bruxelles.
- [7] World health organization, « Extremely low frequency fields ». *Environmental health criteria* Vol. 238. 2007, Geneva: World health organization.
- [8] Challis L., « Mobile communication and health research program ». Report 2007. 2007, Health protection agency for the mobile telecommunications and research programme management committee. Royaume-uni.
- [9] Conseil supérieur d'hygiène publique de France, « Avis relatif aux champs magnétiques d'extrêmement basse fréquence ». 2005, Conseil supérieur d'hygiène publique de France ; Paris.
- [10] Hours M., « Téléphonie mobile et santé ». 2005, Agence française de sécurité sanitaire environnementale ; Maisons Alfort.
- [11] Etude « RLAN et Champs électromagnétiques » - Synthèse des études conduites par Supélec. 2006, Supélec ; Gif sur Yvette.
- [12] Institut national du cancer, « Téléphone portable et risque de cancer : l'état des connaissances (juin 2008) ». 2008, Institut national du cancer ; Paris.
- [13] Institut national du cancer, « Téléphones portables et santé : que savons-nous ? », 2008, Institut national du cancer ; Paris.
- [14] Borraz O., *Les politiques du risque*, 2008, Gouvernances, Éditions SciencePo, Les presses, pp 54-255.



# Ondes et champs électromagnétiques



*Alain Azoulay*

**Alain Azoulay** est professeur au Département Électromagnétisme de l'École Supérieure d'Électricité (Supelec) à Gif sur Yvette. Il est Senior Member de l'IEEE et membre des sociétés Compatibilité électromagnétique (EMC) et Antennes et Propagation (AP) de l'IEEE. Son activité s'est principalement consacrée à la compatibilité électromagnétique des systèmes de télécommunications, à la caractérisation des champs électromagnétiques rayonnés par de nombreux dispositifs électroniques.

La préoccupation relative à l'exposition des personnes à différentes sources d'émissions électromagnétiques a mis en exergue le besoin de mieux comprendre les phénomènes associés et en particulier, la notion de champ électromagnétique et de propagation des ondes.

Nous allons le voir : les conducteurs parcourus par des courants variant en fonction du temps rayonnent un champ électromagnétique. Ce rayonnement peut être intentionnel (on s'en sert pour établir des communications sans fil), ou non intentionnel (il est la conséquence du transport d'énergie électrique).

On s'intéressera ici essentiellement aux définitions ainsi qu'aux phénomènes physiques de l'électromagnétisme (en excluant les considérations relatives au magnétisme naturel et en se limitant aux phénomènes à très basse fréquence et radioélectriques).

Si l'on revient à des notions de base, il est possible de définir un champ électrique et un champ magnétique à partir de la présence ou de la circulation de charges électriques ou de courant sur des conducteurs.

## Le champ électrique

Au plan statique la présence d'une charge électrique dans l'espace ou sur un corps isolant immobile (domaine de l'électrostatique) induit un **champ électrique** tout autour de cette charge. Ce champ électrique est mis en évidence par la force qu'il induit si une charge se trouve au voisinage. On a alors une force électrique d'attraction ou de répulsion selon les signes respectifs des deux charges, positif ou négatif : deux charges de même signe se repoussent, deux charges de signe opposé s'attirent. Le champ électrique induit par une charge en un point donné s'exprime en fonction de la charge électrique et de la distance du point à la charge. Son amplitude est proportionnelle à la charge et inversement proportionnelle au carré de la distance (voir encadré).

## Le champ magnétique

Que se passe-t-il au plan dynamique, c'est-à-dire si, au lieu d'une charge statique, on considère la circulation d'un courant (charges électriques en

## La « décroissance en $1/r^2$ »

Les personnes travaillant à l'installation ou à la réparation des antennes relais ont pour consigne de ne pas rester face à l'antenne plus de quelques dizaines de secondes d'affilées si l'antenne est branchée. Cette consigne est motivée par des arguments de sécurité pour l'ouvrier.

En apprenant cela, beaucoup de personnes en déduisent qu'il y a donc un danger reconnu des antennes relais, et que le principe de précaution devrait donc conduire à les interdire. Cette conclusion repose pourtant sur une erreur d'estimation : il est effectivement dangereux de se tenir à 1 cm ou 10 cm de l'antenne relais... mais pas à 10 m. La puissance des ondes que l'on reçoit en provenance des antennes décroît en effet en raison du carré de la distance, si bien qu'en passant de 10 cm à 10 m, par exemple, on diminue cette puissance d'un facteur 10 000 ( $100^2$ ).

Comme l'intuition a peu de prise sur ces nombres, une image est sans doute préférable : imaginez donc un feu de cheminée. Si vous placez votre main à 1 cm des flammes pendant une minute, le risque est énorme. À 10 cm, vous risquez encore une brûlure importante. Mais à 2 mètres du foyer il n'existe plus aucun risque. Et à 10 mètres, il vous sera impossible de détecter la présence des flammes.

La réduction rapide de la puissance avec la distance à l'émetteur permet ainsi de comprendre comment il peut être très dangereux à quelques centimètres, et pas du tout à quelques mètres.

D'autre part, exactement comme pour le feu, les effets de l'énergie que l'on reçoit ne s'accumule pas : ainsi, passer 10 000 minutes (environ une semaine) à un mètre du feu n'est pas du tout équivalent – bien que la quantité d'énergie totale soit la même – que de passer 1 minute à un centimètre du feu. De la même manière, on ne peut pas considérer *a priori* que la durée pendant laquelle nous recevons les ondes des antennes relais compense la distance.

C'est peut-être pourquoi les études soupçonnant un effet nocif des téléphones portables ne citent que l'utilisation du portable lui-même, qui émet des ondes très faibles, mais à proximité immédiate de l'oreille.

Nicolas Gauvrit

mouvement) ? Que se passe-t-il au voisinage de ce courant, par exemple sur une autre charge électrique ponctuelle ?

Une particule électrique en mouvement produit autour d'elle un **champ magnétique**. Une autre force va alors venir s'ajouter à la force décrite précédemment, force qui va dépendre de la vitesse des charges en mouvement et appelée force magnétique.

## Les ondes électromagnétiques

Le champ électrique et le champ magnétique constituent un ensemble appelé **champ électromagnétique** (ou **onde électromagnétique**) dont les vecteurs sont liés par les équations de Maxwell au plan microscopique.

La résolution de ces équations en fonction des structures rayonnantes, des

répartitions de courant sur les structures et de la connaissance de l'environnement permet d'établir les conditions de propagation des ondes en tout point de l'espace.

Si le courant circulant sur le conducteur varie en fonction du temps et est sinusoïdal, l'amplitude des champs électrique et magnétique induits variera de la même façon à la même fréquence. La résolution des équations de Maxwell montre que le champ électromagnétique se propage en ondes sphériques (comme les ronds dans l'eau) autour de la structure conductrice avec une vitesse finie, la vitesse de la lumière lorsque le circuit est dans l'air. On va ainsi définir la longueur d'onde d'un champ électromagnétique.

## Différents types d'ondes électromagnétiques

Les conducteurs parcourus par des courants variant en fonction du temps rayonnent donc un champ électromagnétique, intentionnellement ou non intentionnellement.

- Dans le premier cas, ces conducteurs sont des antennes qui émettent de l'énergie électromagnétique afin d'établir des communications sans fil avec des récepteurs radioélectriques. Les antennes ont diverses formes suivant les fréquences utilisées et les applications associées (radiodiffusion, télévision, communications avec les mobiles, faisceaux hertziens, stations de réception par satellite, réseaux locaux radio comme Wifi ou Wimax, antennes de radioamateurs, téléphones domestiques sans fil etc.).
- Dans le second cas, ce sont des conducteurs parcourus par des courants alimentant des circuits électriques ou électroniques. Pratiquement, tout conducteur ou appareil électrique ou électronique actuel est une source de rayonnement électromagnétique non intentionnel dès lors que circule un courant variable dans le temps.

On fait beaucoup de cas des lignes à très haute tension qui produisent des champs électromagnétiques à 50 Hz. Mais ce sont loin d'être les seules sources de champ électromagnétique non intentionnel, car il suffit de prendre des appareils électroménagers ou électroniques, ou un moteur de voiture, pour se rendre compte que ceux-ci peuvent produire des champs électromagnétiques, non seulement à 50 Hz mais parfois dans d'autres bandes de fréquences. Toutefois, les niveaux de champs rayonnés sont extrêmement variables suivant les types ou les marques d'appareils, en général assez faibles en regard des questions d'exposition des personnes, mais dans certains cas suffisants pour brouiller des récepteurs radioélectriques (four à micro-ondes, lampes à basse consommation, aspirateurs etc.).

Quoi qu'il en soit, il faut bien distinguer les fréquences mises en jeu, et c'est parfois une question particulièrement délicate lorsqu'il y a à la fois de très basses fréquences (50 Hz et ses harmoniques) et des fréquences plus élevées, dans le spectre radioélectrique, qu'on ne peut distinguer qu'avec des appareils spécialisés comme l'analyseur de spectre ou de signaux.

## Propriétés des champs électromagnétiques

De façon générale, les propriétés du champ électromagnétique diffèrent beaucoup en fonction de la distance à la source de rayonnement, de la longueur d'onde, des caractéristiques de la structure rayonnante et de l'environnement.

On distingue trois zones autour d'une source d'émission ou d'une structure rayonnante :

- La zone de champ très proche réactif (située à une fraction de la longueur d'onde de la source, généralement entourant immédiatement la source ou la structure rayonnante) appelée zone d'évanescence ou de Rayleigh. L'onde électromagnétique n'est pas formée dans cette région. Il n'y a pas de relation simple entre les deux champs électrique et magnétique. Le seul cas de proximité en zone de champ très proche pour les personnes est le téléphone portable où l'antenne se trouve à très faible distance de la tête ou du corps. C'est un cas où la mesure du débit d'absorption spécifique est plus pertinente que la seule mesure du champ électromagnétique extérieur.
- La zone de transition, ou région de Fresnel, qui assure la transition entre la zone de Rayleigh et la zone suivante, appelée zone de champ lointain. Dans cet espace, situé un peu plus loin autour de la structure rayonnante, le phénomène de propagation commence à apparaître mais on dit que l'onde n'est pas encore formée.
- Enfin, la zone de champ lointain, ou région de Fraunhofer, où les propriétés du champ électromagnétique sont bien établies et où apparais-

### Rayonnements ionisants et rayonnements non ionisants

La longueur d'onde et la fréquence déterminent une autre caractéristique importante des champs électromagnétiques, à savoir que les ondes électromagnétiques sont transportées par des « particules » (ou « grains d'énergie ») appelées quanta. Les quanta associés aux ondes de haute fréquence (ou de courte longueur d'onde) véhiculent davantage d'énergie que ceux qui sont associés aux ondes de basse fréquence (ou de grande longueur d'onde). Pour certains rayonnements électromagnétiques, le quantum d'énergie est tellement élevé que ces ondes sont capables de briser les liaisons intra et intermoléculaires. Parmi les rayonnements qui composent le spectre électromagnétique, les rayons gamma émis par les substances radioactives, les rayons cosmiques et les rayons X possèdent cette propriété et sont appelés « rayonnements ionisants ». Les rayonnements qui ne sont pas suffisamment énergétiques pour rompre les liaisons intramoléculaires sont dits « non ionisants ». Les champs électromagnétiques d'origine humaine qui résultent, pour une part importante, de l'activité industrielle (électricité, hyperfréquences et radiofréquences) engendrent des rayonnements qui correspondent à la région du spectre électromagnétique où la fréquence est relativement basse, c'est-à-dire du côté des grandes longueurs d'onde et les quanta d'énergie qu'ils transportent sont incapables de provoquer la rupture des liaisons chimiques.

Source : site de l'OMS. <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatIsEMF/fr/>

sent les phénomènes classiques de propagation des ondes électromagnétiques. Cette région se situe généralement à plusieurs longueurs d'onde du périmètre de la structure avec un champ électromagnétique dont l'amplitude des vecteurs champ électrique et magnétique diminue lorsque la distance à l'antenne augmente, et s'annule à l'infini.

## La réglementation des ondes électromagnétiques

Lorsqu'il y a émission intentionnelle de signaux à fréquence radioélectrique, cette émission ne peut se faire que dans un cadre réglementaire bien défini et dépend très fortement du service radioélectrique concerné. Au plan international, c'est l'Union Internationale des Télécommunications (U.I.T.) qui assure la réglementation mondiale à travers un document fondamental appelé *Règlement des Radiocommunications* applicable comme référence au plan international.

Au préalable et par convention, l'U.I.T. a défini le spectre radioélectrique comme l'ensemble des fréquences utilisables entre 9 kHz et 3000 GHz et les ondes hertziennes comme des ondes électromagnétiques utilisant ces fréquences et se propageant dans l'espace.

Le spectre radioélectrique est un sous-ensemble du spectre électromagnétique qui couvre toutes les fréquences jusqu'aux fréquences des rayons gamma en passant par le rayonnement infrarouge, le rayonnement visible, et les rayons X. Dans le spectre radioélectrique, des bandes de fréquences sont affectées à des services, soit au plan mondial (par exemple, dans l'aéronautique, pour les radiocommunications ou la radio navigation), soit au plan régional (Europe, Amérique du Nord ou du Sud, Asie, Afrique, Océanie), parfois spécifiquement au plan national.

On distingue un assez grand nombre de services radioélectriques comme par exemple, le service de radiodiffusion qui comprend la radiodiffusion sonore et télévisuelle, le service mobile qui se décline en services mobiles aéronautique, terrestre, maritime, par satellite etc., le service fixe qui correspond à des liaisons de radiocommunications entre points fixes (exemple : faisceaux hertziens), le service de radiolocalisation, le service de radionavigation, le service de radioastronomie, le service de recherche spatiale, le service de radioamateur etc.

En France, ces services sont liés à des « affectataires » du spectre radioélectrique qui ont en charge de gérer les affectations de bandes de fréquences sous leur responsabilité, comme l'Autorité de Régulation des Communications Électroniques et de la Poste (ARCEP) qui a, entre autres, la responsabilité des principales bandes de fréquences dédiées aux opérateurs de réseaux de téléphonie cellulaire (GSM, UMTS, Wimax, Wifi etc.), le Conseil Supérieur de l'Audiovisuel (CSA) qui gère les bandes de fréquences pour l'audiovisuel (Radiodiffusion et TV), le Ministère de la Défense pour toutes les bandes de fréquences utilisées par les armées, le Ministère de l'Intérieur pour les bandes de fréquences des réseaux de la police et des réseaux des pompiers, etc.





La majorité des utilisations classiques des radiocommunications se situent entre 150 kHz et 100 GHz, avec une très forte concentration entre 150 kHz et quelques dizaines de GHz. L'Agence Nationale des Fréquences<sup>1</sup> (ANFR) publie le « Tableau National de répartition des bandes de fréquences » qui présente la répartition des fréquences par service radioélectrique de fréquence et les affectataires en charge des bandes de fréquences.

On trouve donc un nombre très important de sites d'émission/réception radioélectrique relevant des différents services. Aujourd'hui, les sites de radiotéléphonie mobile (GSM, UMTS) et de réseaux locaux radioélectriques (WiFi, Wimax) soulèvent des interrogations dans le public alors que les niveaux d'exposition de la population induits par ces sites sont généralement plus faibles que ceux induits par la proximité des terminaux mobiles ou ceux d'autres services radioélectriques. En réalité, c'est un calcul de densité surfacique de puissance ou du champ électromagnétique en zone de Fraunhofer qui devrait permettre l'évaluation de l'exposition par service radioélectrique ou par source d'émission radiofréquence. L'ANFR par son protocole mis en place en 2001, basé sur des mesures de champ et encore amélioré depuis, tend à faire réaliser des évaluations aussi précises que possible de l'exposition du public à des sources d'émission radioélectriques fixes malgré les difficultés multiples liées à la fois aux techniques de mesure de champ électromagnétique et à la variété des signaux complexes rayonnés par les nouvelles technologies radioélectriques.

Ces mesures sont extrapolées afin de prévoir les maxima possibles en termes d'exposition du public. L'existence d'une norme européenne (NF EN 50492. – Norme de base pour la mesure du champ électromagnétique sur site, en relation avec l'exposition du corps humain à proximité des stations de base) homologuée par l'Union Technique de l'Électricité (UTE) depuis le 17 janvier 2009, applicable fin 2009, issue de compromis au plan européen, n'enlève rien à la qualité du protocole ANFR actuel qui permet une détermination de l'exposition par service ou même par site d'émission (GSM, UMTS) avec une extrapolation au maximum de trafic. ■

<sup>1</sup> <http://www.anfr.fr/>

## Champs électromagnétiques pulsés

Les émissions radioélectriques intentionnelles servent soit à transmettre de l'information (radiocommunications), soit à la radiodétection (radar par exemple). Elles s'appuient en général sur une fréquence fondamentale ou fréquence centrale autorisée réglementairement (appelée porteuse radioélectrique).

Historiquement, la radiodétection classique consiste à effectuer une émission *tout ou rien*, c'est-à-dire qu'on émet pendant un temps très bref de quelques microsecondes cette porteuse, puis qu'on arrête cette émission pendant un temps assez long de plusieurs millisecondes pour écouter des signaux en retour sur la même fréquence, permettant d'identifier la présence et la distance d'un objet réfléchissant, avant de recommencer à émettre. Il y a donc création de champs radioélectriques pulsés issus des antennes radars de radiodétection classique.

Pour les radiocommunications, l'information fait partie du signal radiofréquence par la technique de modulation associée à la technique d'accès, c'est-à-dire à la façon dont l'utilisateur va avoir accès à la ressource radioélectrique. Les techniques fondamentales de modulation sont la modulation d'amplitude, la modulation de fréquence et la modulation de phase. La combinaison de ces modulations est utilisée pour les communications numériques où l'on définit des états de phase et/ou d'amplitude. Les techniques d'accès ont pour but d'optimiser l'utilisation des fréquences radioélectriques compte tenu des aspects réglementaires contraignants en terme d'utilisation du spectre radioélectrique.

Une des techniques d'accès classique est celle relative au GSM appelée TDMA en anglais ou AMRT en français (Accès Multiple par Répartition dans le Temps), ce qui signifie que la fréquence d'émission est utilisée en temps partagé entre les utilisateurs d'une même cellule. Le téléphone n'émet donc que pendant une certaine laps de temps (577 microsecondes) et ne réémet en général au plus tôt que 4,6 millisecondes plus tard ce même intervalle de temps, la voix étant numérisée. On a donc dans ce cas une émission non permanente et répétitive pendant la durée de la communication.

## Champs électromagnétiques directionnels

On parle d'antennes directionnelles ou directives par opposition à des antennes omnidirectionnelles ou isotropes. Une antenne isotrope est une antenne rayonnant le champ électromagnétique de la même façon dans toutes les directions de l'espace (rayonnement à symétrie sphérique). Bien que servant de référence à de nombreux calculs, une antenne isotrope parfaite n'a malheureusement pas de réalité physique.

Par contre, une antenne omnidirectionnelle a une réalité physique et rayonne de façon identique dans un plan perpendiculaire à son axe. Son rayonnement est donc à symétrie cylindrique ou axiale. Une antenne de téléphone portable est souvent omnidirectionnelle.

Enfin, on dit qu'une antenne est directive lorsqu'elle rayonne de façon privilégiée dans une direction ou un secteur de l'espace. Les antennes de stations de base GSM ou UMTS sont souvent directives dans le plan horizontal (antennes tri-sectorielles) et systématiquement directives et légèrement inclinées (on dit souvent « tiltées ») dans le plan vertical de façon à ne pas générer de champ important sous les antennes à faible distance mais de pouvoir porter correctement dans la cellule qu'elles desservent.

## Les différentes classes de rayonnement

Sont regroupées sous le terme rayonnements non ionisants (RNI) toutes les ondes dont l'énergie n'est pas suffisante pour rompre les liaisons moléculaires par un phénomène d'ionisation à l'origine notamment d'effets mutagènes et cancérogènes. Notons que les rayons UV sont classés dans ce groupe mais se trouvent à la limite ionisant/non ionisant.

On parle communément en fréquence (Hz, kilohertz, mégahertz, gigahertz...) jusqu'aux micro-ondes les plus élevées (environ 300 GHz) puis ensuite en longueur d'onde (km, mètre, cm, mm). La longueur d'onde et la fréquence sont inversement proportionnelles.

Désignation	Fréquence	Longueur d'onde	Exemples
Fréquences extrêmement basses (ELF)	0 - 300 Hz	$10^5 - 10^3$ km	Réseau électrique 50 Hz, électroménager...
Fréquences audio (VF)	0,3 - 3 kHz	1000 - 100 m	Transmission de données vocales, métallurgie, chauffage par induction...
Très basses fréquences (VLF)	3 - 30 kHz	100 - 10 km	Radio communications...
Basses fréquences (LF)	30 - 300 kHz	10 - 1 km	Radio diffusion GO, Fours à induction...
Fréquences moyennes (MF)	0,3 - 3 MHz	1 km - 100 m	Radio diffusion MO, PO, diathermie médicale...
Hautes fréquences (HF)	3 - 30 MHz	100 - 10 m	CB (Citizen Band), soudage, collage...
Très hautes fréquences (VHF)	30 - 300 MHz	10 - 1 m	Télévision, radio FM...
Fréquences ultra hautes (UHF)	0,3 - 3 GHz	1 - 0,1 m	Télévision, radars, téléphones mobiles, fours à micro-ondes, hyperthermie médicale...
Fréquences super hautes (SHF)	3 - 30 GHz	0,1 - 0,01 m	Radars, alarmes anti-intrusion
Fréquences extrêmement hautes (EHF)	30 - 300 GHz	0,01 - 0,001 m	Radars, communications par satellite...
Infrarouge (IR)	0,3 - 385 THz	1 mm - 780 nm	Spectrométrie IR, chauffage...
Lumière visible	385 - 750 THz	780 - 400 nm	Vision humaine, photosynthèse...
Ultraviolet (UV)	750 THz - 3 PHz	400 - 100 nm	Spectrométrie, lampes germicides, solarium...

Préfixes utilisés : k = kilo =  $10^3$ , M = méga =  $10^6$ , G = giga =  $10^9$ , T = téra =  $10^{12}$ , P = péta =  $10^{15}$ , E = exa =  $10^{18}$ , m = milli =  $10^{-3}$ ,  $\mu$  = micro =  $10^{-6}$ , n = nano =  $10^{-9}$ , p = pico =  $10^{-12}$ .

Les rayonnements électromagnétiques dont la longueur d'onde est comprise entre 400 et 750 nm sont perceptibles par l'œil humain. Si l'intensité énergétique est suffisante, les différentes longueurs d'onde sont perçues comme des couleurs différentes, du rouge (600-750 nm) au violet (400-450 nm).



# Comment les animaux perçoivent les champs magnétiques

*Henri Brugère*

**Henri Brugère** est vétérinaire, Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Maisons-Alfort, Unité de Physiologie-Thérapeutique, membre de l'Académie Vétérinaire.



De longue date on a fait l'hypothèse que les animaux pourraient percevoir le champ magnétique terrestre (CMT) afin de diriger leurs déplacements, en particulier les migrations. Bien que l'existence d'une magnétoréception ne soit pas le seul mécanisme explicatif possible, l'hypothèse d'une telle aptitude sensorielle a donné lieu à une activité de recherche soutenue au cours de ces deux dernières décennies, et récemment, plusieurs groupes ont apporté des éléments qui permettent une compréhension cohérente en termes de mécanismes.

## Le comportement animal et les manifestations révélatrices d'une magnétoréception

Les migrations, par exemple celles des oiseaux, présentent généralement une direction dans l'axe Nord-Sud et sont associées à l'adaptation des espèces aux changements climatiques dépendant des saisons. Ce ne peut suffire à prouver que cette migration est dirigée par la perception du champ magnétique terrestre, car elle peut être conduite par beaucoup d'autres facteurs, tels que la température, l'évolution du couvert végétal, la durée respective des jours et des nuits, les mouvements du soleil, les astres visibles dans le ciel. L'hypothèse de la magnétoréception, peut sans autre élément de preuve, conduire à des conceptions discutables. Ainsi on invoque régulièrement la magnétoréception comme cause de l'échouage des baleines « trompées » par une anomalie du champ magnétique terrestre sans que la magnétoréception n'ait réellement été démontrée pour ces espèces. C'est pour cela qu'il faut se convaincre qu'il existe un fossé entre le « possible » et le « probable » et un gouffre entre le « probable » et le « démontré ».

La migration n'est pas qu'un déplacement sur une longue distance. C'est un bouleversement de l'ensemble de l'organisme, qui comporte des phénomènes préparatoires, en particulier d'ordre métabolique (constitution de réserves). Les oiseaux présentent ensuite une agitation et lorsqu'ils sont gardés en captivité, ils recherchent systématiquement la direction qu'ils prendraient s'ils étaient libres de s'envoler. Ce phénomène a été très largement utilisé pour étudier la magnétoréception.



Les migrations ne sont pas les seuls déplacements pour lesquels une orientation est nécessaire. Chez les oiseaux, des déplacements non migratoires, quelquefois sur de longues distances, sont induits par des situations temporaires (climat, nourriture). De même, chaque jour, des oiseaux quittent leur nid à la recherche de nourriture et reviennent à leur point de départ (« homing »). Cette aptitude est particulièrement développée chez le pigeon. Des pigeons déplacés de plus de 1000 kilomètres peuvent revenir au colombier après un voyage de 24 à 48 heures. La magnétoréception a été considérée indispensable pour accomplir ce voyage, et le pigeon a été l'une des espèces modèles dans cette recherche. Mais en réalité, le « homing » met en cause plusieurs mécanismes d'orientation (voir plus loin).

Les oiseaux ne sont pas le seul groupe animal susceptible de se déplacer en utilisant éventuellement la perception du champ magnétique terrestre : le fait est reconnu pour certaines espèces de poissons, d'amphibiens, et même de mammifères.

## Électroréception et magnétoréception

L'électroréception est une modalité sensorielle bien établie dans certains groupes animaux, tout particulièrement chez certains poissons<sup>1</sup>. La très grande sensibilité de leurs électrorécepteurs (quelques micro-Ampères) [5] conduit à l'hypothèse que chez les élasmobranches (les raies et les requins), les courants induits par le déplacement dans le champ magnétique terrestre seraient à l'origine d'une magnétoréception indirecte<sup>2</sup>. Cette hypothèse est parfaitement plausible et compatible avec les ordres de grandeur des paramètres en cause. Elle n'a pas pu donner lieu à vérification expérimentale.

<sup>1</sup> Les électrorécepteurs se trouvent soit dans la région céphalique, soit sur la ligne latérale, et sont fonctionnellement associés aux comportements sociaux et à la prédation.

<sup>2</sup> Un conducteur électrique placé dans un champ magnétique sera le siège d'un « courant induit » lors de toute variation de la force du champ ou de tout déplacement de ce conducteur dans le champ.



Cette magnétoréception peut donc être considérée comme indirecte. Mais pour parler de magnétoréception directe, il faut montrer l'existence de récepteurs directement sensibles au champ magnétique, ce qui implique qu'ils possèdent des matériaux mobilisés par le champ. Deux types de matériaux ont été reconnus comme le permettant : la magnétite et les radicaux libres formés à partir de certaines molécules.

## Magnétoréception à magnétite

On peut imaginer qu'un récepteur de champ magnétique puisse être constitué par une particule ou fragment de matériau magnétique qui, tel un petit aimant, serait soumis à un couple de rotation en fonction du champ ambiant ou de ses variations. L'intérêt pour la magnétite a commencé avec l'étude des bactéries magnétotactiques [1,2]. Ces bactéries flagellées des milieux aquatiques se déplacent en suivant la direction du vecteur du champ magnétique terrestre. Elles contiennent une chaîne de cristaux de magnétite qui les conduit à se comporter comme l'aiguille d'une boussole. Le mécanisme d'orientation est donc ici purement passif : les bactéries se placent dans la direction du vecteur du champ magnétique terrestre, qui comporte une inclinaison, et pour cela elles tendent à s'enfoncer dans les sédiments.

La magnétite (oxyde salin  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) a été retrouvée dans de nombreux milieux biologiques. Elle a été isolée *in vitro*, et les études physiques ont montré qu'elle possède les caractéristiques requises pour remplir la fonction d'un détecteur du champ magnétique terrestre.

Placés dans un champ magnétique de 50 microTeslas (ordre de grandeur du champ électromagnétique terrestre), les cristaux de taille élevée peuvent subir un couple de rotation susceptible de développer une force de quelques piconewtons, ce qui est compatible, à l'échelle cellulaire, avec la possibilité d'entraîner une mobilisation de certains éléments (cils), qui pourrait être suivie de l'émission d'un influx nerveux [13].

Chez les animaux, des cristaux de magnétite ont été observés en microscopie électronique, puis en utilisant la méthodologie des magnétomètres SQUID (qui permettent la mesure de champs magnétiques de très faible valeur, seuil : 1 femtoTesla). En l'espace de quelques années, de la magnétite a ainsi été détectée dans de nombreuses espèces animales, migratrices ou non [6]. Des chaînes de magnétite présentant de grandes analogies avec celles des bactéries magnétotactiques ont été retrouvées chez le saumon, dans la région de l'ethmoïde. Une autre espèce de salmonidé, la truite arc-en-ciel, a montré son aptitude à répondre en frappant une cible lorsqu'elle détecte la présence d'un champ appliqué de manière aléatoire. Dans sa muqueuse olfactive, des cristaux de magnétite semblables à ceux décrits chez le saumon ont été mis en évidence [14].

Le « homing » du pigeon a suscité des expériences utilisant la possibilité de lui faire porter de petits aimants perturbant l'éventuelle réception du champ magnétique terrestre. En dépit des conditions apparemment favo-

rables offertes par ce modèle expérimental et d'un nombre conséquent d'études, les résultats ont été pendant longtemps difficiles à interpréter pour ne pas dire incohérents. Une clarification a été apportée en montrant que les aimants ne perturbent pas l'orientation des pigeons par temps clair, mais la perturbent par temps couvert. De plus, les pigeons qui n'ont pas pu repérer la position du soleil avant midi [15] et qui s'orientent correctement sont perturbés si on leur fait porter des aimants. Ceci montre que le pigeon a plusieurs moyens d'orientation à sa disposition, le « compas solaire » étant le mécanisme prépondérant. Lorsque le soleil est caché, le seul moyen d'orientation est le « compas magnétique » et sa modification par des aimants perturbe le retour au nid. Le sens magnétique du pigeon a aussi été étudié au laboratoire [9]. Il a ainsi été montré que le pigeon peut détecter la présence d'un champ de 70 microTeslas, aptitude qui disparaît après section du rameau ophtalmique du nerf trijumeau. La recherche de magnétite dans la région de distribution des fibres nerveuses de ce rameau nerveux met en évidence des particules à la base du bec et surtout dans la partie charnue située à la limite de la partie cornée et de la partie emplumée, désignée sous le nom de « cire ».

Des potentiels évoqués ont été recherchés [8] dans le nerf ophtalmique supérieur et dans le ganglion du trijumeau d'un passereau migrateur, le Goglu des prés. Des décharges neuronales unitaires de fréquence croissante avec la valeur du champ appliqué ont été caractérisées dans la gamme de 200 nanoTeslas à 50 microTeslas. À elle seule, cette constatation valide l'existence d'une magnétoréception cohérente avec une fonction de perception du champ magnétique terrestre.

### Êtres vivants probablement dotés de magnétoréception reposant sur un détecteur à magnétite



**Non-animaux :** bactéries magnétotactiques, algues eucaryotes.

**Mollusques :** chitons.

**Poissons :** requins et raies (élasmodontes), anguilles, saumons Sockeye, truites, thons.

**Amphibiens :** salamandres et tritons.

**Oiseaux :** pigeons, oiseaux migrateurs.

**Monotrèmes** (mammifères très particuliers, mi-oiseaux, mi-mammifères) : ornithorynques.

**Cétacés :** dauphins, baleines.

**Rongeurs :** mulots Sylvestre.



## Magnétoréception impliquant des systèmes radicalaires

Le premier fait qui conduit à la conception actuelle d'une magnétoréception reposant sur des radicaux libres est que l'orientation en fonction du champ magnétique terrestre est influencée par la couleur de la lumière<sup>3</sup>.

Des tritons d'Amérique du Nord, semi-aquatiques, utilisent le champ magnétique terrestre pour guider leurs déplacements entre l'eau et le milieu terrestre. Soumis à des éclairages variables en longueur d'onde, ils prennent des directions différentes, ce qui indique un lien entre la magnétoréception et la lumière. Sous lumière bleue, la direction prise est la même que pour un spectre lumineux complet. En revanche, sous lumière orange, la direction prise est à 90° de celle prise sous lumière blanche [11].

L'existence d'une interaction entre la longueur d'onde de la lumière et la réception du champ magnétique terrestre a été retrouvée chez les oiseaux : chez le rouge-gorge, migrateur nocturne, la direction choisie est la même sous lumière verte ou bleue, que sous lumière blanche. En revanche, sous lumière rouge, ces oiseaux sont incapables de choisir une direction [17, 18]. Comme chez les tritons, la réception du champ magnétique terrestre paraît nécessiter les longueurs d'ondes les plus courtes du spectre visible. Chez le rouge-gorge, il a été montré que l'organe sensible au champ magnétique est l'œil. De plus, la magnétoréception est latéralisée : si la vision par l'œil droit est empêchée par la pose d'un bandeau, l'oiseau est incapable de déterminer la direction de la migration, alors qu'il est capable de le faire si c'est l'œil gauche qui est occulté [16]. Cette constatation confirme de manière formelle qu'il existe une magnétoréception dont l'œil est le récepteur.

Les cryptochromes ont été découverts initialement chez les végétaux. Leur fonction physiologique a été très vite associée à la liaison entre le niveau d'éclairement et la croissance des plantes. Ces pigments sont présents dans tout le règne végétal et dans le règne animal, mais les molécules en cause peuvent varier en nombre et en nature selon les espèces. Chez les vertébrés, le ou les cryptochromes<sup>4</sup> sont présents principalement dans les cellules ganglionnaires de la rétine [12]. La base moléculaire de leur mécanisme d'action est celui d'une réaction photochimique<sup>5</sup>.

Chez les oiseaux, il a été montré qu'un des types de cryptochromes présents chez la fauvette des jardins (un passereau migrateur) absorbe la lumière bleue et donne naissance à des paires radicalaires dont la durée de

<sup>3</sup> On a montré que la lumière peut affecter certaines molécules par photo-excitation en créant des radicaux libres. On a également montré qu'un champ magnétique peut affecter *in vitro* certaines réactions chimiques impliquant des radicaux libres.

<sup>4</sup> Chimiquement, les cryptochromes sont des flavoprotéines comportant 3 tryptophanes.

<sup>5</sup> Sous l'influence de la lumière se produit un transfert d'électrons dont le spin peut passer de l'état S (singlet) à l'état T (triplet), ces transitions étant sensibles à l'action du champ magnétique ambiant. Ces transferts d'électrons, qui sont la première étape du mécanisme de réception, dépendent des tryptophanes.



vie couvre largement le temps nécessaire à ce que puisse s'effectuer la réception [7]. On s'est également rendu compte que le cryptochrome impliqué est exprimé la nuit, en période de migration, dans les cellules ganglionnaires de la rétine, alors qu'une autre espèce de passereau, non migrateur (le diamant mandarin) n'exprime jamais ce cryptochrome, montrant ainsi son rôle dans la magnétoréception [10].

C'est néanmoins chez les insectes que l'on a apporté la preuve la plus convaincante de ce qu'un cryptochrome est l'élément responsable de la magnétoréception : la drosophile

(mouche du vinaigre) peut être conditionnée à répondre à la présence d'un champ magnétique en choisissant un tube auquel est appliqué un champ magnétique de l'ordre de 500 microTeslas. La réponse dépend de la longueur d'onde de la lumière utilisée. La réponse obtenue sous spectre lumineux complet ne se produit pas chez les drosophiles génétiquement déficientes en cryptochrome, ce qui montre le caractère indispensable à la magnétoréception de ce photopigment [3].

## Conclusion

On voit qu'il existe chez les animaux deux mécanismes de magnétoréception directe, l'un reposant sur des détecteurs à magnétite, l'autre dépendant de la lumière et de mécanismes radicalaires. Cela pose inévitablement la question de la signification de ce qui pourrait apparaître comme des dispositifs redondants. Une possibilité est que l'un des systèmes, associé à la vue, soit développé en rapport avec la migration, en particulier chez les migrateurs nocturnes, et que l'autre, reposant sur des détecteurs à magnétite soit associé plus à la constitution de cartes, éventuellement à la détection d'irrégularités du magnétisme terrestre, dans des activités telles que la navigation locale ou le retour au nid. Chez l'homme, de la magnétite a été mise en évidence dans les tissus et des cryptochromes ont été trouvés dans la rétine. La présence de ces éléments ne signifie pas obligatoirement qu'ils sont les agents d'une magnétoréception, car si cette aptitude existait, elle aurait été caractérisée depuis longtemps, alors que les essais réalisés ont abouti à des résultats conflictuels, conduisant à la considérer comme « insaisissable » [4]. Concernant les cryptochromes, présents dans tout le règne vivant, avec des fonctions variables selon les groupes ou les espèces, il est probable que chez les mammifères supérieurs leurs fonctions soient plus en relation avec la perception de la photopériode et éventuellement avec les réflexes oculaires n'impliquant pas la vision [12]. ■

## Références

- [1] Blackmore RP, « Magnetotactic bacteria », *Science*. 1975, 190 : 377-379.
- [2] Franckel RB et Blackmore RP, « Magnetite and magnetotaxis in microorganisms », *Bioelectromagnetics*, 1989, 10: 223-237.
- [3] Gegebar RJ, Casselman A, Waddell S et Reppert SM, « Cryptochrome mediates light-dependent magnetosensitivity in *Drosophila* », *Nature* 2008, 454: 1014-1018 et 1038.
- [4] Gould JL et Alble KP, « Human homing: an elusive phenomenon », *Science*, 1981, 212: 1061-1063.
- [5] Kalmijn AD, « Electric and magnetic field detection in Elasmobranch Fishes », *Science*, 1982, 218: 616-618.
- [6] Kirschvink JL, « Magnetite biomineralization and geomagnetic sensitivity in higher animals: an update and recommendations for future studies », *Bioelectromagnetics*, 1989,10: 239-259.
- [7] Liedvogel et al., « Chemical magnetoreception: bird cryptochrome-1a is excited by blue light and forms long lived radical pairs », *PLoS ONE*, 2007, 2, (31 oct), e1106.
- [8] Lohmann KJ et Johnsen S, « The neurobiology of magnetoreception in vertebrate animals », *Trends Neurosci*, 2000, 23:153-159.
- [9] Mora CV, Davison M, Wild JM and Walker MM, « Magnetoreception and its trigeminal mediation in the homing pigeon », *Nature*, 2004, 432: 508-11
- [10] Mouritsen H & al., « Cryptochromes and neuronal activity markers colocalize in the retina of migratory birds during magnetic orientation », *Proc.Natl.Acad. Sci.*, 2004, 101: 14294-14299.
- [11] Phillips JB & Borland SC, 1992. « Behavioral evidence for use of a light-dependent magnetoreception mechanism by a vertebrate », *Nature*, 35:142-144.
- [12] – Thompson CL et al., « Expression of the blue-light receptor cryptochrome in the human retina. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 2003, 44: 4515-4520.
- [13] Valberg PA, Kavet R et Rafferty CN, « Can low-level 50/60 Hz electric and magnetic fields cause biological effects », *Radiation Research*, 1997, 148: 2-21.
- [14] Walker MM et al., « Structure and function of the vertebrate magnetic sense », *Nature*, 1997, 390:371-376.
- [15] Wiltschko R, Nohr D et Wiltschko W, « Pigeons with a deficient sun compass use the magnetic compass », *Science*, 1981, 214: 343-345
- [16] Wiltschko W & al., « Lateralization of magnetic compass orientation in a migratory bird », *Nature*, 2002, 419: 467-470.
- [17] Wiltschko W, Munro U, Ford H et Wiltschko R, « Red light disrupts magnetic orientation of migratory birds », *Nature*, 1993, 364:525- 527.
- [18] Wiltschko W et Wiltschko R, « Light-dependent magnetoreception in birds: the behavior of European robins, *Erithacus rubecula*, under monochromatic light of various wavelengths and intensities », *J Exp Biol*, 2001, 204: 3295-3302.



# Faut-il avoir peur des champs magnétiques liés à l'électricité ?

*Martine Souques*

**Martine Souques** est médecin de santé publique et épidémiologiste, en charge de l'évaluation des risques sanitaires et environnementaux liés aux champs électriques et magnétiques 50 Hz au Service des Études Médicales d'EDF. Elle est également Présidente de la section Rayonnements non ionisants de la Société Française de Radioprotection.



L'électricité fait partie de la vie de tous les jours, c'est une évidence telle qu'on ne se rend plus compte de la prouesse technologique qui fait que dès que l'on appuie sur un interrupteur, la lumière s'allume, l'appareil fonctionne... Ce que l'on voit en revanche, ce sont les lignes à haute tension, mal bien nécessaire à notre confort de vie moderne. Qui dit électricité dit champ électrique et champ magnétique et depuis les années 70, la question d'une possible nocivité du champ magnétique lié à l'électricité a été posée dans la communauté scientifique. Dès 1996, l'OMS (Organisation mondiale de la santé) s'est occupée de la question, en créant un projet de recherche international, dont le point d'orgue, pour les fré-

quences liées à l'électricité, a été en 2007 la publication d'un important travail de revue scientifique<sup>1</sup>. D'autres experts ont travaillé sous l'égide de l'ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection) dont le dernier rapport<sup>2</sup> a été publié en 2003.

En France, le réseau électrique opère à la fréquence de 50 Hz et tous les appareils électriques directement branchés sur une prise fonctionnent avec un courant de même fréquence. Le champ électrique, mesuré en volt par mètre (V/m) est lié à une différence de potentiel entre 2 conducteurs. On pourrait donc théoriquement mesurer un champ électrique 50 Hz à côté de tout appareil branché, mais du fait de l'isolation électrique des conducteurs, ce champ est annulé. Les principales sources de champ électrique 50 Hz sont les lignes à haute tension.

Le champ magnétique, mesuré en tesla ou plutôt en micro tesla ( $\mu\text{T}$ ), est lié à la circulation d'un courant. Si un appareil électrique est en fonctionnement, on peut mesurer autour un champ magnétique 50 Hz (voir tableau).

<sup>1</sup> *Environmental Health Criteria Monograph* n° 238, en ligne sur le site de l'OMS : [http://www.who.int/peh-emf/publications/elf\\_ehc/en/index.html](http://www.who.int/peh-emf/publications/elf_ehc/en/index.html)

<sup>2</sup> Bernhardt JH, Matthes R, McKinlay A, Vecchia P, Veyret B. « Exposure to static and low frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (0-100 kHz) - Review of the scientific evidence and health consequence ». ICNIRP 2003.

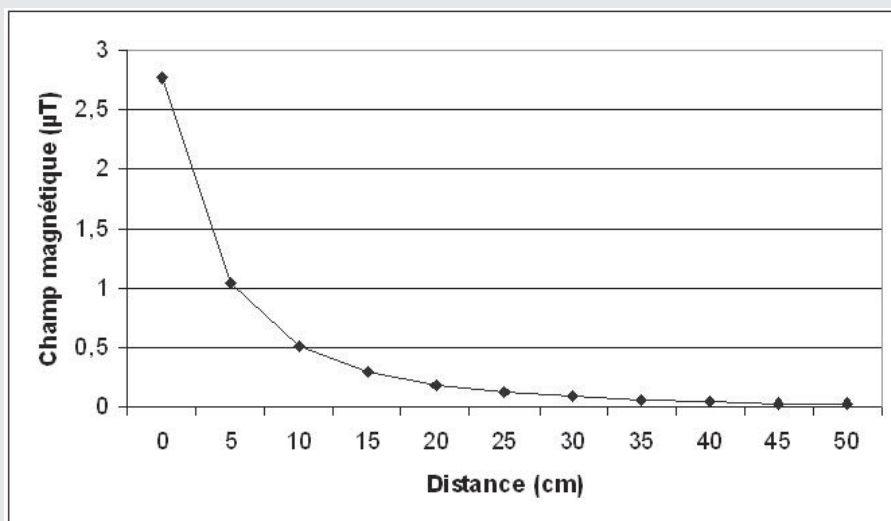


	Valeur maximale	Valeur moyenne
Réfrigérateur	0,3 $\mu$ T à 30 cm	0,3 $\mu$ T à 30 cm
Chaine Hi-fi	1 $\mu$ T à 30 cm	1 $\mu$ T à 30 cm
Ordinateur	1,4 $\mu$ T à 30 cm	1,4 $\mu$ T à 30 cm
Télévision	2 $\mu$ T à 30 cm	2 $\mu$ T à 30 cm
Couverture chauffante	3,6 $\mu$ T au contact	3,6 $\mu$ T au contact
Radio réveil	1 à 10 $\mu$ T au contact	1 à 10 $\mu$ T au contact
Fer à souder	100 $\mu$ T au contact	100 $\mu$ T au contact
Rasoir	500 $\mu$ T au contact	500 $\mu$ T au contact

*Valeurs de champ magnétique 50 Hz dans l'environnement résidentiel : la valeur maximale est égale à la valeur moyenne car l'appareil fonctionne toujours à la même puissance, en 220 V, donc avec la même intensité de courant ( $P = U \cdot I$ )*

	Valeur maximale	Valeur moyenne
Ligne 400 000 volts	30 $\mu$ T sous la ligne 12 $\mu$ T à 30 m 1,2 $\mu$ T à 100 m	6 $\mu$ T sous la ligne 1,6 $\mu$ T à 30 m 0,16 $\mu$ T à 100 m
Ligne 225 000 volts	20 $\mu$ T sous la ligne 3 $\mu$ T à 30 m 0,3 $\mu$ T à 100 m	4,3 $\mu$ T sous la ligne 0,6 $\mu$ T à 30 m 0,06 $\mu$ T à 100 m
Ligne 63/90 000 volts	10 $\mu$ T sous la ligne 1 $\mu$ T à 30 m 0,1 $\mu$ T à 100 m	2,1 $\mu$ T sous la ligne 0,1 $\mu$ T à 30 m 0,01 $\mu$ T à 100 m
Ligne 230 volts (basse tension)	0,4 $\mu$ T sous la ligne	

*Valeurs maximale et moyenne de champ magnétique 50 Hz à proximité des lignes électriques : la valeur maximale est celle mesurée moins de 5 % du temps. Elle est différente de la valeur moyenne car la demande en courant varie sans arrêt au cours de la journée, au cours de l'année.*



*Figure 1 : courbe de décroissance du champ magnétique avec la distance - exemple d'un radio réveil.*

Le groupe d'experts de l'OMS mentionné plus haut, après avoir revu et analysé l'ensemble des études épidémiologiques et expérimentales publiées, a conclu qu'il n'existe pas de problèmes de santé liés aux champs électriques 50 Hz aux intensités généralement rencontrées par le grand public<sup>3</sup>.

## Effets de l'exposition à un champ magnétique 50 Hz

Concernant les expositions aiguës (courtes), des effets sur le fonctionnement du système nerveux peuvent se produire, pour des valeurs de l'ordre de 5 000 à 10 000  $\mu\text{T}$  à 50 Hz (bien supérieures à ce que l'on peut rencontrer dans l'environnement). En dessous, il n'existe pas d'effet biologique établi. Les limites d'exposition recommandées par l'ICNIRP<sup>4</sup> et reprises par le Conseil de l'Europe dans une recommandation de juillet 1999 pour le public<sup>5</sup> et dans une directive d'avril 2004 pour les travailleurs<sup>6</sup> (voir tableau) protègent de ces effets sur le système nerveux.

Population	Texte législatif et date d'application	Champ électrique (limites mesurables)	Champ magnétique (limites mesurables)
Public	Recommandation 1999/519/CE	5 kV/m	100 $\mu\text{T}$
Travailleurs	Directive 2004/40/CE Applicable au 30 avril 2012	10 kV/m	500 $\mu\text{T}$

*Limites d'exposition en champ 50 Hz*

Dans le cas des expositions prolongées, la plupart des recherches scientifiques ont porté sur le risque de leucémie de l'enfant, mais de nombreuses autres pathologies ont également été abordées. Les premières études épidémiologiques ont été publiées dans les années 70 : à la demande d'EDF, la consommation sanitaire (nombre de consultations, d'hospitalisations, de médicaments achetés, etc.) de la population des agents de l'entreprise et de leur famille vivant à proximité des lignes de transport a été analysée en

<sup>3</sup> La partie « résumé et recommandations » de l'étude est disponible en langue française : <http://www.who.int/entity/peh-emf/publications/Chapter%201%20french.pdf>

<sup>4</sup> ICNIRP : Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants. L'ICNIRP est une organisation non gouvernementale émanant de l'Association internationale de radioprotection (IRPA), officiellement reconnue par l'OMS et l'Organisation internationale du Travail (OIT) dans le domaine des rayonnements non ionisants (RNI). Elle émet des avis et des recommandations d'ordre scientifique au sujet de la protection contre l'exposition aux RNI, formule en toute indépendance et sur la base des données scientifiques, des principes généraux et des limites d'exposition aux RNI de portée internationale. <http://www.icnirp.org/>

<sup>5</sup> Conseil des Communautés européennes. Recommandation 1999/519/CE du Conseil du 12 juillet 1999 relative à la limitation du public aux champs électromagnétiques (de 0 Hz à 300 GHz). *Journal officiel des Communautés européennes*. 1999;L199(30 juillet 1999):59-70.

<sup>6</sup> Conseil des Communautés européennes. Directive 2004/40/CE du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relative à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques) (dix-huitième directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CEE). *Journal officiel des Communautés européennes*. 2004;L159(30 avril 2004):1-26.

1971, sans révéler de surconsommation de cette population par rapport à la population générale<sup>7</sup>. C'est une publication de 1979 qui va lancer le débat<sup>8</sup>, encore ouvert aujourd'hui : les résultats de cette étude suggèrent que les enfants vivant à proximité de lignes électriques présentent un risque accru de cancer et de leucémie. Cette étude va initier un effort de recherche international sans précédent en santé environnementale. En effet, la question posée est inquiétante puisqu'il s'agit d'une exposition invisible et d'une maladie qui touche les jeunes enfants. Les compagnies d'électricité comme les agences gouvernementales se sont donné les moyens de répondre à la question posée en finançant et en développant des programmes de recherche conduits par des scientifiques, qui se sont engagés à publier leurs résultats en toute indépendance vis-à-vis de leurs bailleurs de fond. Ainsi, début 2009, plus de 250 études épidémiologiques, chez l'adulte ou chez l'enfant, et plusieurs milliers d'études expérimentales ont déjà été publiées. Ces études ont fait l'objet d'expertises collectives pluridisciplinaires et régulièrement révisées notamment aux États-Unis, en France, en Grande-Bretagne, en Suède, au Canada mais aussi par des organismes internationaux tels que l'ICNIRP, le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer) à Lyon et l'OMS à Genève (voir encadré sur les références des expertises collectives).

En 2002, le CIRC<sup>9</sup> a classé les champs magnétiques – pour l'exposition résidentielle des enfants et le risque de leucémie – dans la catégorie 2B, « peut être cancérigène », au même titre que le café ou les fumées de soudure. Ceci signifie que le classement n'est, dans l'ordre des preuves de cancérigénicité, ni dans la catégorie 1 (« cancérigène avéré »), comme le tabac ou l'alcool, ni dans la catégorie 2A (« cancérigène probable ») comme le trichloréthylène ou les fumées des moteurs diesel, mais à un niveau inférieur : c'est possible mais pas prouvé ! (voir encadré). En fait, les experts du CIRC ont jugé que les preuves scientifiques (pour conclure à la cancérigénicité) fournies par les études épidémiologiques étaient limitées et celles apportées par les études animales insuffisantes. Cette classification est basée sur des analyses groupées d'études épidémiologiques, montrant un phénomène régulier de multiplication par deux du nombre de leucémies infantiles associées à une exposition moyenne à un champ supérieur à 0,4  $\mu$ T par 24 h. Cette classification n'a pas été remise en cause par les experts de l'OMS en 2007 suite à un nouvel examen des données scientifiques publiées.

Toutefois, les éléments épidémiologiques perdent de leur force à cause de problèmes méthodologiques.

<sup>7</sup> Strumza MV. « Influence sur la santé humaine de la proximité des conducteurs d'électricité à haute tension ». *Arch Mal Prof*, 1970, 31(6):269-76.

<sup>8</sup> Wertheimer N, Leeper E. « Electrical wiring configurations and childhood cancer ». *Am J Epidemiol*. 1979, 109(3):273-84.

<sup>9</sup> Le CIRC fait partie de l'Organisation mondiale de la santé, qui est une institution spécialisée des Nations Unies. Le CIRC coordonne et réalise des travaux de recherche sur les causes du cancer chez l'homme et sur les mécanismes de la cancérogenèse, et élabore des stratégies scientifiques de lutte contre le cancer. Il participe à des recherches épidémiologiques et de laboratoire, et diffuse des informations scientifiques au moyen de publications, de réunions, de cours et de bourses. <http://www.iarc.fr/>

## La classification du CIRC

Le CIRC a pour vocation d'identifier les causes des cancers, d'élucider les mécanismes de cancérogénèse et de développer des stratégies scientifiques pour contrôler le développement de la maladie cancéreuse. Le CIRC édite des documents de référence, appelés « monographies », sur l'évaluation des risques de cancer pour l'homme. Depuis le lancement de la collection en 1972, cette série a permis de faire le point sur 935 agents (fin 2008).

En plus de ces travaux d'expertise, le CIRC a pour vocation de classer, de façon qualitative uniquement, selon une échelle pré-définie (« cancérogène », « probablement cancérogène », « peut-être cancérogène », « inclassable » ou « non cancérogène »), le caractère cancérogène d'un produit. Ce classement est fait en fonction des connaissances du moment, et est susceptible d'être revu par la suite. Pour arriver à ce classement, on passe les données publiées au crible d'une grille « d'indications de cancérogénicité », dites « suffisantes », « limitées », « insuffisantes » ou suggérant « l'absence de cancérogénicité ».

Lorsqu'il y a clairement une relation de cause à effet entre l'exposition à un produit et une maladie, on dit que les indications de cancérogénicité sont **suffisantes**. Quand une association statistique a été établie, et qu'une interprétation causale en est concevable, mais que des biais ou des facteurs de confusions sont possibles, les indications sont **limitées**. À partir du moment où les études réalisées ne sont pas d'une qualité, d'une concordance ou d'une puissance statistique suffisantes pour permettre de conclure, ou quand aucune donnée sur le cancer chez l'homme n'est disponible, les indications sont **insuffisantes**. Enfin, il y a des indications d'une absence de cancérogénicité lorsqu'on dispose d'un nombre d'études suffisantes, couvrant la totalité des niveaux d'exposition et dont les résultats, concordants, ne font pas ressortir d'association positive entre l'exposition et le cancer étudié – et ce, quel que soit le niveau d'exposition examiné. Il y a alors **absence de preuve**.

Classification	Indications	Exemples
<b>1 : Cancérogènes pour l'homme</b>	Suffisantes chez l'homme	Dont le tabac, l'amiante, l'arsenic, l'alcool, les œstrogènes
<b>2A : Probablement cancérogènes pour l'homme</b>	Limitées chez l'homme et suffisantes chez l'animal <i>ou (dans certains cas) :</i> Insuffisantes chez l'homme et suffisantes chez l'animal, avec un mécanisme biologique plausible chez l'homme	Dont le trichloréthylène, les fumées des moteurs diesel
<b>2B : Peut-être cancérogènes pour l'homme</b>	Limitées chez l'homme et insuffisantes chez l'animal <i>ou :</i> Insuffisantes chez l'homme et suffisantes chez l'animal <i>ou (dans certains cas) :</i> Insuffisantes chez l'homme et limitées chez l'animal avec des éléments forts venant des tests in vitro	Dont le café, les légumes au vinaigre, la fougère arborescente, le nickel, les champs magnétiques extrêmement basse fréquence
<b>3 : Inclassables quant à leur cancérogénicité pour l'Homme</b>	Insuffisantes chez l'homme et insuffisantes ou limitées chez l'animal <i>ou :</i> Ne rentrent dans aucune autre catégorie	Dont le dioxyde de soufre, les fibres acryliques, le thé
<b>4 : Probablement non cancérogène</b>	Suggérant l'absence d'effet chez l'homme et l'animal <i>ou :</i> Suggérant absence d'effet chez l'animal avec des éléments forts venant des tests in vitro	Caprolactame ( <i>seul produit de cette catégorie</i> )

- De nombreux biais existent notamment dans la sélection des sujets et leur taux de participation, ou dans l'évaluation de l'exposition. Tantôt il s'agit d'un calcul du champ magnétique dû à la proximité d'une ligne haute tension par rapport à l'habitation, tantôt il s'agit d'une mesure ponctuelle dans l'habitation, tantôt il s'agit d'une mesure de 24 h dans la chambre à coucher. Rares sont les études où l'exposition personnelle<sup>10</sup> a été mesurée. De plus, toute personne résidant à distance d'une ligne haute tension a été considérée comme non exposée, ce qui n'est pas certain. Une grande partie des expositions est due aux transports motorisés (voitures trains, etc.) et aux petits appareils électriques proches du corps (par exemple, une lampe halogène sur la table de travail où l'enfant fait ses devoirs).
- En outre, il n'existe aucun mécanisme biophysique démontré qui laisserait à penser que les expositions à faible intensité jouent un rôle dans le développement d'un cancer. Ainsi, s'il y avait des effets des expositions à ces champs de faible intensité, ce devrait être par le biais d'un mécanisme biologique jusqu'ici inconnu.
- De plus, la majorité des études animales sont négatives, en particulier celles conduites sur la vie entière de rats ou de souris, exposés à plusieurs milliers de  $\mu\text{T}^{11}$ .

Ainsi, « *tout bien considéré, les éléments de preuve en rapport avec la leucémie infantile ne sont pas suffisamment probants pour établir une relation de cause à effet entre l'exposition au champ magnétique 50 Hz et la leucémie de l'enfant* »<sup>12</sup>.

L'OMS a regardé également les autres pathologies étudiées : les autres cancers de l'enfant (dont les tumeurs du cerveau), les cancers de l'adulte (en particulier les cancers du sein), les troubles de l'humeur (dépressions, suicides), les maladies cardiovasculaires, les malformations congénitales, les fausses couches spontanées, etc. Aucune de ces pathologies ne peut être reliée à une exposition au champ magnétique de 50 Hz. L'avis de l'OMS a été publié sous la forme d'un aide-mémoire, consultable en ligne<sup>13</sup>.

<sup>10</sup> Mesurée par le port d'un appareil enregistrant le champ magnétique pendant 24 heures par exemple.

<sup>11</sup> Mandeville R, Franco E, SidracGhali S, et al. « Evaluation of the potential promoting effect of 60 Hz magnetic fields on N-ethyl-N-nitrosourea induced neurogenic tumors in female F344 rats ». *Bioelectromagnetics*. 2000;21:84-93.

Mandeville R, Franco E, Sidrac-Ghali S, et al. « Evaluation of the potential carcinogenicity of 60 Hz linear sinusoidal continuous-wave magnetic fields in Fischer F344 rats ». *Faseb J*. 1997;11:1127-1136.

Yasui M, Kikuchi T, Ogawa M, Otaka Y, Tsuchitani M, Iwata H. « Carcinogenicity test of 50 Hz sinusoidal magnetic fields in rats ». *Bioelectromagnetics*, 1997 ; 18:531-540.

Harris AW, Basten A, Gebiski V, et al. « A test of lymphoma induction by long-term exposure of E mu-Pim1 transgenic mice to 50 Hz magnetic fields ». *Radiat Res*. 1998 ; 149:300-307.

McCormick DL, Boorman GA, Findlay JC, et al. « Chronic toxicity oncogenicity evaluation of 60 Hz (Power frequency) magnetic fields in B6C3F(1) mice ». *Toxicol Pathol*. 1999;27:279-285.

McCormick DL, Ryan BM, Findlay JC, et al. « Exposure to 60 Hz magnetic fields and risk of lymphoma in PIM transgenic and TSG-p53 (p53 knockout) mice ». *Carcinogenesis*, 1998;19:1649-1653.

<sup>12</sup> <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs322/fr/index.html>

<sup>13</sup> Ibid.

## En conclusion

Au total, la question des effets éventuels de l'exposition au champ magnétique de 50 Hz a fait l'objet d'un effort de recherche international majeur. Au terme de 40 années de recherches, la conjonction des études épidémiologiques et biologiques a permis de réduire les incertitudes et d'évaluer le plus précisément possible les risques éventuels. Pour ce qui est des expositions aiguës (expositions courtes), les limites recommandées sont largement en dessous des seuils d'effets possibles et apportent donc un niveau élevé de protection, tant du public que des travailleurs. Vis-à-vis des effets éventuels à long terme il est acquis que l'essentiel des expositions résidentielles des enfants comme des adultes ne conduisent pas à un risque sanitaire.

Une interrogation subsiste pour les expositions résidentielles très élevées (et inhabituelles) chez les enfants, supérieures à 0,4  $\mu$ T en moyenne sur 24 heures. Cependant, étant donné la faiblesse des éléments établissant un lien entre l'exposition au champ magnétique 50 Hz et la leucémie de l'enfant, aucune relation de cause à effet n'a pu être établie. Les avantages que l'on pourrait tirer d'une diminution de l'exposition pour la santé sont difficiles à établir. Pour l'OMS, des politiques basées sur l'adoption de limites d'exposition arbitrairement faibles ne sont pas justifiées. ■

### L'« hypersensibilité électromagnétique »

Une mention spéciale doit être accordée à « l'hypersensibilité électromagnétique » (HSEM) ou « électrohypersensibilité » (EHS). L'OMS s'est penchée sur la question<sup>1</sup>. L'HSEM est caractérisée par divers symptômes que les individus attribuent à l'exposition aux champs électromagnétiques. C'est un syndrome défini par l'individu lui-même et non pas par le médecin. Les personnes souffrant d'HSEM ont des symptômes que l'on retrouve dans la population générale, mais ils les ressentent plus souvent. Parmi les plus fréquemment présentés, on trouve des symptômes dermatologiques (rougeurs, picotements et sensations de brûlure) et des symptômes neurasthéniques et végétatifs (fatigue, lassitude, difficultés de concentration, étourdissements, nausées, palpitations cardiaques et troubles digestifs).

Un certain nombre d'études ont été publiées dans lesquelles on exposait des individus présentant une HSEM à des champs similaires à ceux auxquels ils attribuaient leurs symptômes. L'objectif de ces études était de provoquer l'apparition de ces symptômes en conditions contrôlées de laboratoire. Les études menées en double aveugle – c'est-à-dire que ni la personne volontaire, ni le médecin examinateur ne sait si le champ est présent ou non – ont montré que les symptômes n'étaient pas corrélés à la présence du champ. De plus, ni les personnes se plaignant d'HSEM, ni celles ne s'en plaignant pas, ne sont capables de détecter la présence du champ magnétique.

Ainsi, les preuves scientifiques ne permettent pas de soutenir l'hypothèse que les champs électromagnétiques jouent un rôle dans les plaintes associées à l'HSEM. Ce qui est certain, c'est que, quelle qu'en soit la cause, la HSEM peut être un problème handicapant pour l'individu touché, problème qui doit être pris en charge et traité.

<sup>1</sup> <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs322/fr/index.html>



## Expertises collectives : quelques références

**Europe** : Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks. Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health. Bruxelles: European Commission; 2007.

**France** : Conseil supérieur d'hygiène publique de France. Avis relatif aux champs magnétiques d'extrêmement basse fréquence. Paris : Conseil supérieur d'hygiène publique de France ; 2005. [http://www.sante.gouv.fr/hm/dossiers/cshpf/a\\_mv\\_030305\\_champs\\_ebf.pdf](http://www.sante.gouv.fr/hm/dossiers/cshpf/a_mv_030305_champs_ebf.pdf)

**Grande Bretagne** : NRPB. ELF electromagnetic fields and the risk of cancer. Report of an Advisory Group on Non-ionising radiation. Doc NRPB. 2001;12:1. [http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb\\_C/1194947420620](http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1194947420620)

**Grande Bretagne** : Stakeholder Advisory Group on ELF EMFs (SAGE). Precautionary approaches to ELF EMFs. Stakeholder Advisory Group on ELF EMFs. First Interim Assessment, Power Lines and Property, Wiring in Homes, and Electrical Equipment in Homes. Avril 2007.

[http://www.hpa.org.uk/webw/HPAweb&HPAwebStandard/HPAweb\\_C/1204276682532?p=1207897920036](http://www.hpa.org.uk/webw/HPAweb&HPAwebStandard/HPAweb_C/1204276682532?p=1207897920036)

**Suède** : pas disponible en anglais (<http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Allmanhet/>)

**Canada** : Exposition aux champs électromagnétiques : mise à jour des risques pour la santé et pertinence de la mise en œuvre du principe de précaution. Institut national de santé publique du Québec. Décembre 2006. <http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/655-ChampsElectromagnetiques.pdf>

**ICNIRP** : International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys. 1998 ; 74:494-522. <http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf>

**CIRC** : Monographie vol 80, Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. 2002.

<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol80/index.php>

**OMS** : World health organization, Geneva. Extremely low frequency fields, Environmental health criteria 238. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs205/fr/>



## La définition des recommandations d'exposition aux champs basses fréquences



Dans le domaine des extrêmement basses fréquences, comme c'est le cas du courant électrique qui est à la fréquence de 50 Hz en Europe (60 Hz aux États-Unis), les seuls effets biologiques démontrés résultent des courants induits dans le corps, mesurés en milliampère par mètre carré (mA/m<sup>2</sup>). C'est cet effet qui est pris en compte pour l'établissement des recommandations d'exposition, sous forme de restrictions de base à ne pas dépasser. Ces recommandations sont de 2 mA/m<sup>2</sup> pour le public et de 10 mA/m<sup>2</sup> pour les travailleurs.

En pratique, la mesure en mA/m<sup>2</sup> ne peut être réalisée directement, et les champs électrique et magnétique correspondant à ces valeurs s'obtiennent par des calculs, en intégrant de nombreux facteurs de sécurité pour tenir compte des incertitudes quant à la conductivité des tissus humains et les différentes formes et tailles du corps humain. La formule de calcul intègre la fréquence. Ainsi, les limites sont différentes pour le courant à 50 Hz (100 µT pour le public par exemple) et pour le courant à 60 Hz (83 µT pour le public).

Aujourd'hui, les valeurs mesurables en champ électrique et en champ magnétique, calculées par l'ICNIRP<sup>1</sup> et reprises dans la législation européenne, reposent sur des modélisations simples, voire simplistes. Elles ont été calculées à une époque où les modèles de corps humain, comme le *Visible Human*®, n'existaient pas.

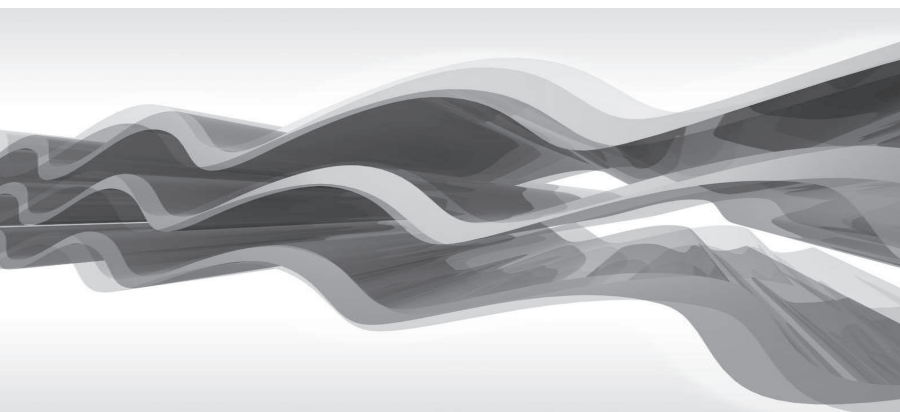
	Définition	Valeur limite	Unité
Recommandation pour l'exposition du public	Champ électrique	5 000 V/m	Volts par mètre
	Champ magnétique	100 µT	micro Tesla
Directive pour l'exposition des travailleurs	Champ électrique	10 000 V/m	Volts par mètre
	Champ magnétique	500 µT	micro Tesla

### *Recommandations de l'ICNIRP et Réglementation européenne à 50 Hz*

La réglementation en France dans le domaine électrique est publiée dans l'arrêté technique du 17 mai 2001 qui reprend les limites de 5 000 V/m et de 100 µT pour tous les nouveaux ouvrages.

M. S.

<sup>1</sup> *International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection*. Pour l'Europe, c'est l'ICNIRP qui définit les restrictions de base servant à établir des recommandations et des directives européennes, elles-mêmes reprises dans chaque pays pour l'élaboration de décrets visant à appliquer la réglementation de façon pratique.



# Les leucémies de l'enfant et les champs électromagnétiques basse fréquence



*Jacqueline Clavel*

**Jacqueline Clavel** est Directeur de Recherche INSERM. Elle est responsable de l'Unité *Épidémiologie environnementale des cancers* de l'INSERM et directrice du Registre National des Hémopathies Malignes de l'Enfant.



Les leucémies sont les cancers les plus fréquents chez l'enfant, avec 470 nouveaux cas par an en France, soit une incidence annuelle d'environ 4 cas par million. Elles sont légèrement plus fréquentes chez les garçons que chez les filles. Dans les pays industrialisés, elles présentent un pic d'incidence très marqué autour de l'âge de 2 ans. Les leucémies de l'enfant, en particulier pendant cette période de pic, sont majoritairement développées à partir des précurseurs des lymphocytes B.

## Quelles causes possibles ?

Les leucémies de l'enfant sont des maladies hétérogènes, d'origines multifactorielles et résultant vraisemblablement d'au moins deux étapes de cancérogenèse. Une étape intra-utérine conduisant à la génération de cellules pré-leucémiques a été mise en évidence dans plusieurs formes de leucémies. Les causes connues des leucémies de l'enfant sont avant tout les radiations ionisantes à forte dose, certaines chimiothérapies anticancéreuses, et un petit nombre de facteurs génétiques comme la trisomie 21 ou des maladies génétiques comme l'ataxie télangiectasie ou certaines neurofibromatoses. Plusieurs expositions environnementales sont soupçonnées d'augmenter le risque de leucémie de l'enfant. Il s'agit principalement des expositions aux radiations ionisantes d'origine naturelle, et notamment au radon, des expositions aux pesticides, des expositions aux hydrocarbures émis par le trafic automobile. Jusqu'à présent, la recherche de virus leucémogènes est restée sans succès. De tels virus ont été mis en évidence dans plusieurs espèces animales. Leur existence dans l'espèce humaine a été suggérée devant les augmentations localisées d'incidence observées dans des régions isolées soumises à un afflux massif de population, comme de gros chantiers de construction, par exemple. C'est notamment ce que l'on a pu observer dans les années 80 près de certains sites nucléaires britanniques : sous l'hypothèse où un virus serait en cause dans les leucémies, ce type de mouvements de population pourrait mettre en contact les porteurs du virus et les individus susceptibles d'être infectés dans des proportions facilitant sa transmission.

Parmi les autres facteurs mis en cause, une réaction inappropriée du système immunitaire à une infection banale est évoquée. L'isolement immunitaire relatif des enfants protégés des infections banales pendant leurs tout premiers mois de vie favoriserait la transformation maligne des cellules préleucémiques lors d'infections ultérieures. Le risque des enfants des pays développés serait ainsi accru, comme celui des enfants uniques ou aînés, et globalement celui des enfants mis plus tardivement en collectivité. L'allaitement prolongé serait un facteur protecteur. Enfin, des facteurs génétiques sont soupçonnés de moduler le rôle carcinogène de certaines expositions comme le tabagisme passif.

## Les champs électromagnétiques

Les champs électromagnétiques à extrêmement basse fréquence (CEM-EBF, produits par des lignes à haute tension, ou par le câblage des installations et appareils domestiques) font également partie des facteurs soupçonnés d'augmenter le risque de leucémie de l'enfant, et les données épidémiologiques ont conduit le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) à les classer dans le groupe 2B des cancérogènes possibles [9]. En l'état actuel des connaissances, les expositions ne semblent pas liées à d'autres tumeurs que les leucémies de l'enfant. Aucun mécanisme biologique n'est susceptible aujourd'hui d'expliquer ce possible doublement du risque de leucémie chez des enfants fortement exposés au CEM-EBF suggéré par l'épidémiologie [9], mais quels autres facteurs pourraient expliquer une telle association ? Quels biais pourraient entraîner ces associations apparentes entre leucémie de l'enfant et CEM-EBF ? Beaucoup de pays contribuent depuis plus de 20 ans à ce débat et les premières données épidémiologiques françaises seront disponibles dans quelques mois.

La littérature épidémiologique rapporte des travaux assez différents les uns des autres. Les études, de type cas-témoins, comparent l'exposition estimée d'enfants atteints de leucémie et d'enfants non malades de la même population. Aucune d'entre elles n'a pu disposer d'une estimation totalement satisfaisante de l'exposition. Idéalement, l'estimation devrait être antérieure à la survenue de la leucémie, mesurer fidèlement l'exposition de l'enfant lui-même, prendre en compte l'ensemble des sources d'exposition de ses différentes habitations et de ses autres lieux de vie, et ce sur toute sa vie depuis sa conception. Les erreurs d'estimation de l'exposition ont des conséquences sur l'estimation du risque qui leur est associé : qu'elles sur- ou sous-estiment l'exposition, des erreurs identiques pour les cas et leurs témoins conduisent à minorer voire masquer un lien réel entre l'exposition et la maladie. À l'inverse, si elles surestiment l'exposition des cas ou sous-estiment celle des témoins, elles peuvent faire apparaître une relation qui n'existe pas.

Une autre faiblesse des études cas-témoins est le possible écart entre le groupe des individus pris comme témoins et la population qu'ils sont censés représenter. Si ce groupe est moins exposé que ne l'est l'ensemble de la population dont les cas sont issus, les cas apparaissent faussement surexposés et l'exposition semble liée à la maladie.



Enfin, il est possible d'imputer à tort aux CEM-EBF l'effet d'une autre exposition responsable de leucémies et qui leur serait corrélée.

Toutes ces erreurs ont deux particularités notables : d'une part, elles ne se corrigent pas par un effectif important, si bien qu'une étude biaisée de grande taille a simplement plus de facilité à conduire significativement à une conclusion erronée. D'autre part elles ont peu de chance de se reproduire à l'identique dans des études suivant des méthodes différentes, réalisées dans des populations différentes à des périodes différentes. Ainsi la convergence de résultats provenant d'études différentes est un argument particulièrement important de l'inférence causale.

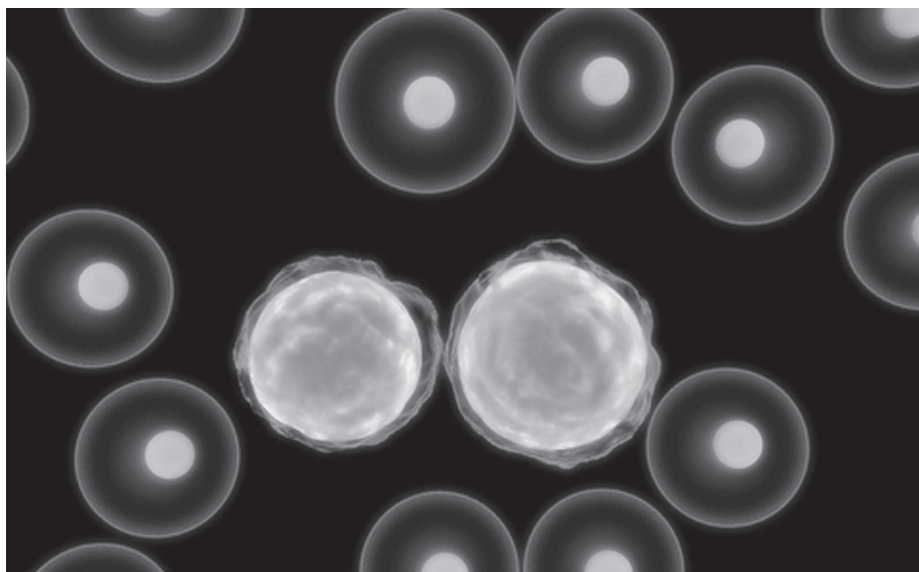
La responsabilité des CEM-EBF dans les leucémies de l'enfant a été évoquée pour la première fois en 1979 à partir d'observations sur la configuration du câblage électrique alimentant le domicile [22]. Par la suite, un petit nombre de travaux a encore concerné le câblage électrique. Les études produites par les pays scandinaves se sont focalisées sur le risque à proximité des lignes à haute tension qui sont des sources d'exposition élevée. L'exposition « vie entière » a été estimée par un calcul qui fait intervenir la distance aux lignes à haute tension proches des habitations et leurs caractéristiques techniques. Chaque pays avait une taille insuffisante pour détecter une augmentation de risque, mais prises ensemble, ces études ont estimé un doublement de risque pour les expositions les plus fortes aux CEM-EBF. D'autres études, notamment deux études de grande taille réalisées aux États-Unis et en Grande-Bretagne ont utilisé des dosimètres placés au domicile de l'enfant au moment de l'enquête, et des études canadiennes ont utilisé des dosimètres individuels intégrant l'ensemble des expositions. Les associations rapportées étaient globalement faibles ou très modérées. En 2000, deux analyses regroupant les données de plusieurs enquêtes ont été publiées. La première [1] a sélectionné neuf études basées sur le calcul [6, 16, 19, 21] ou des mesures [3, 11, 14, 15, 20] et

a conclu à un risque doublé de leucémies de l'enfant pour des expositions estimées à 0,4  $\mu$ Tesla ou plus, que cette exposition soit calculée ou mesurée. Il n'y avait pas de relation dose-risque : les expositions intermédiaires n'étaient pas associées aux leucémies. La seconde [8], moins sélective, a inclu quinze études, dont 11 avec une estimation quantitative de l'exposition [2, 3, 6, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 21] et estimé à 1,7 le risque relatif à 0,3  $\mu$ Tesla ou plus. Là non plus, il n'y avait pas de relation dose-risque. Ces deux analyses convergentes ont conduit les experts réunis par le CIRC à classer les CEM-EBF parmi les cancérrogènes possibles en dépit de l'absence d'arguments expérimentaux. En particulier, ces experts n'ont pas pu imputer les résultats publiés à des problèmes méthodologiques

Plus récemment, un risque relatif de 1,7 a été rapporté en Grande-Bretagne chez les enfants résidant à la naissance à moins de 200 m de lignes à haute tension, ce qui correspond à des champs plus faibles que ceux qui étaient pointés par les analyses poolées [4]. Environ 1% des cas britanniques pourraient être attribuables à ces expositions. Une étude japonaise basée sur des mesures [10] et une étude iranienne basée sur des champs calculés [5] ont fourni des estimations du même ordre que dans les analyses poolées.

## Conclusion

Aujourd'hui, l'état des connaissances suggère un doublement du risque de leucémie de l'enfant pour des expositions élevées aux CEM-EBF telles qu'on peut les rencontrer à très faible distance (moins de 50 mètres) des lignes à haute tension ou tout près des postes de transformation. Les travaux en cours dans plusieurs pays, notamment en France, et la nouvelle analyse internationale prévue dans quelques mois apporteront de nouveaux éclairages sur cette relation et, le cas échéant, sur les autres facteurs qui pourraient l'expliquer. ■





## Références

- [1] Ahlbom A, Day N, Feychting M, Roman E, Skinner J, Dockerty J et al. (2000). A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer* 83: 692-698.
- [2] Coghill RW, Steward J and Philips A (1996). Extra low frequency electric and magnetic fields in the bedplace of children diagnosed with leukaemia: a case-control study. *Eur J Cancer Prev* 5: 153-158.
- [3] Dockerty JD, Elwood JM, Skegg DC and Herbison GP (1999). Electromagnetic field exposures and childhood leukaemia in New-Zealand. *Lancet* 354: 1967-1968.
- [4] Draper G, Vincent T, Kroll ME and Swanson J (2005). Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study. *BMJ* 330: 1290.
- [5] Feizi AAHP and Arabi MAA (2007). Acute childhood leukemias and exposure to magnetic fields generated by high voltage overhead power lines - a risk factor in Iran. *Asian Pac J Cancer Prev* 8: 69-72.
- [6] Feychting M and Ahlbom A (1993). Magnetic fields and cancer in children residing near swedish high-voltage power lines. *Am J Epidemiol* 138: 467-481.
- [7] Green LM, Miller AB, Agnew DA, Greenberg ML, Li J, Villeneuve PJ et al. (1999). Childhood leukemia and personal monitoring of residential exposures to electric and magnetic fields in Ontario, Canada. *Cancer Causes Control* 10:233.
- [8] Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, Poole C and Kelsh MA (2000). A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. childhood leukemia-emf study group. *Epidemiology* 11: 624-634.
- [9] IARC. Non-Ionizing radiation, part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. Lyon: IARC; 2002.
- [10] Kabuto M, Nitta H, Yamamoto S, Yamaguchi N, Akiba S, Honda Y et al. (2006). Childhood leukemia and magnetic fields in Japan: a case-control study of childhood leukemia and residential power-frequency magnetic fields in Japan. *Int J Cancer* 119: 643-650.
- [11] Linet MS, Hatch EE, Kleinerman RA, Robison LL, Kaune WT, Friedman DR et al. (1997). Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children. *N Engl J Med* 337: 1-7.
- [12] London SJ, Thomas DC, Bowman JD, Sobel E, Cheng TC and Peters JM (1991). Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia. *Am J Epidemiol* 134: 923-937.
- [13] Maslanyj M, Simpson J, Roman E and Schüz J (2008). Power frequency magnetic fields and risk of childhood leukaemia: misclassification of exposure from the use of the 'distance from power line' exposure surrogate. *Bioelectromagnetics*.
- [14] McBride ML, Gallagher RP, Thériault G, Armstrong BG, Tamaro S, Spinelli JJ et al. (1999). Power-frequency electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia in Canada. *Am J Epidemiol* 149: 831-842.
- [15] Michaelis J, Schüz J, Meinert R, Zemann E, Grigat JP, Kaatsch P et al. (1998). Combined risk estimates for two German population-based case-control studies on residential magnetic fields and childhood acute leukemia. *Epidemiology* 9: 92-94.
- [16] Olsen JH, Nielsen A and Schulgen G (1993). Residence near high voltage facilities and risk of cancer in children. *BMJ* 307: 891-895
- [17] Savitz DA, Wachtel H, Barnes FA, John EM and Tverdik JG (1988). Case-control study of childhood cancer and exposure to 60-hz magnetic fields. *Am J Epidemiol* 128: 21-38.
- [18] Tomenius L (1986). 50-hz electromagnetic environment and the incidence of childhood tumors in Stockholm county. *Bioelectromagnetics* 7: 191-207.
- [19] Tynes T and Haldorsen T (1997). Electromagnetic fields and cancer in children residing near Norwegian high-voltage power lines. *Am J Epidemiol* 145: 219-226.
- [20] UK Childhood Cancer Study Investigators (1999) Exposure to power frequency magnetic fields and the risk of childhood cancer: a case/control study. *Lancet* 354: 1925-1931;
- [21] Verkasalo PK, Pukkala E, Hongisto MY, Valjus JE, Järvinen PJ, Heikkilä KV et al. (1993). Risk of cancer in Finnish children living close to power lines. *BMJ* 307: 895-899.
- [22] Wertheimer N and Leeper E (1979). Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidemiol* 109: 273-284.

# Les animaux de ferme sont-ils le révélateur d'un danger pour l'homme ?



*Henri Brugère*

La question de l'éventualité d'effets néfastes pour l'homme pouvant être produits par les lignes à haute tension est posée depuis au moins une quarantaine d'années et a été fortement stimulée à partir de la publication de Wertheimer et Leeper en 1989 [37]. Les innombrables études épidémiologiques conduites à ce propos n'aboutissent pas, pour l'instant, à apporter une réponse définitive, bien que la participation des CEM (champs électromagnétiques) aux processus pathogènes n'ait pas été confirmée pour de très nombreuses entités pathologiques pour lesquelles des hypothèses avaient été formulées. Dans ce contexte, le fait que des éleveurs de différents pays du monde et de France allèguent les CEM comme cause des troubles sanitaires dans leur exploitation paraît apporter un argument de poids pour confirmer la nocivité de ces champs. De ce fait, il est légitime de chercher à savoir si les animaux pourraient être des sentinelles révélatrices de facteurs pathogènes chez l'homme, et si les maladies observées chez les animaux pourraient être des modèles de celles pour lesquelles des questions restent sans réponse.

Que sait-on, au juste, de l'interaction des animaux d'élevage à des CEM ? Les troubles observés peuvent-ils aider à résoudre les interrogations persistantes à propos de la santé humaine ? Comment expliquer que ces pathologies d'élevage entretiennent une vive agitation dans les milieux agricoles et que des éleveurs en soient réduits à demander le secours de la justice ? Répondre à ces questions n'est pas aussi simple que certains voudraient bien le croire et ne consiste pas à montrer que l'aiguille d'un mesureur de champ dévie quand on passe sous une ligne à haute tension.



## Que risquent les vaches dans les... champs ?

Contrairement aux proclamations fracassantes qui affirment qu'il est contraire au principe de précaution de faire passer des lignes à des endroits où peuvent se trouver des animaux car « il n'y a pas eu d'études sur les effets des CEM », il faut bien se rendre à l'évidence que de telles études ont été conduites à travers le monde et que ce dossier est étayé suffisamment pour que l'on puisse se faire une opinion. Au premier abord, on constatera que, très logiquement, ces études ont été réalisées dans des pays où les centrales sont souvent hydrauliques (sites ne pouvant être déplacés) d'où des distances considérables à parcourir pour relier les zones de consommation. Ceci a nécessité de placer dans l'espace rural des lignes de transport du courant sous des valeurs élevées de tension<sup>1</sup>.

Ces pays, les USA, la Suède et le Canada, ont mené des études répondant à des démarches variées (questionnaires aux éleveurs [3, 19, 24] suivis d'enquêtes de terrain [7,8], études épidémiologiques [24, 30] ou expérimentales, ces dernières pouvant être faites soit en milieu naturel en utilisant des lignes existantes [1, 4, 5, 6, 29] ou des lignes à l'essai [9, 20, 30, 35], soit dans une station spécialement conçue pour l'étude, laboratoire installé sous des lignes [21, 22, 28, 36] ou laboratoire comportant son propre dispositif d'exposition [23, 10-18, 31-34]).

Aux USA, les premières études conduites au début des années 80 visaient à apprécier l'éventuelle nocivité des champs produits par des lignes de 765 kV-60Hz dont les premières avaient été installées en 1968 [19], puis à tester les effets de lignes répondant à des caractéristiques techniques moins classiques : un essai de ligne "prototype" à 1 100 kV alternatifs [35] (assurant une augmentation du rendement du transport et réduisant l'emprise au sol) et une ligne à courant continu en 400 kV puis en 500 kV<sup>2</sup>. Il n'est pas ressorti de ces travaux de conclusion mettant en évidence des effets défavorables qui auraient pu conduire à l'abandon des projets. L'expérimentation de lignes à 1 100 kV, visant à juger d'effets possibles pour l'environnement, était centrée, pour la partie animale, sur l'étude du comportement de vaches. Elle n'a pas permis de noter de troubles chez les bovins des exploitations concernées. La technologie du transport sous 1 100 kV ne s'est pas développée car les projets de générateurs auxquels elle était associée n'ont jamais vu le jour et la valeur de 765 kV a été généralisée.

Les lignes de courant THT-DC (courant continu) ont donné lieu initialement à une étude de type épidémiologique [30] au cours de laquelle les responsables de 516 élevages situés dans la bande des 10 miles autour d'une ligne de 400 kV-DC ont été interrogés. Ces élevages ont été classés en 6 catégories selon la distance à la ligne, dont 3 pour la bande de 1 mile. Les données accumulées sur 6 années comportaient 24 000 vaches laitières. L'analyse a porté sur la production laitière, la reproduction, et les motifs

<sup>1</sup> Le transport d'électricité sur de très longues distances se fait à des tensions élevées pour minimiser les pertes par effet joule.

<sup>2</sup> En France, les lignes à très haute tension (THT) sont de 225 kV ou de 400 kV sur une fréquence de 50 Hz (1 kV = 1000 volts).

de réforme. Il n'a pas été mis en évidence d'effet défavorable de la présence de la ligne. Une autre ligne, de 500 kV-DC, a suscité une étude [9] de la production et de la santé de vaches laitières et de veaux (croissance, fertilité, morbidité, mortalité, condition corporelle et classement des carcasses à l'abattoir). Elle a été suivie d'une seconde étude [20] portant sur le comportement (temps passé dans les différentes parties des enclos, activités (fractions du temps consacré aux soins aux jeunes, à l'abreuvement, à l'ingestion alimentaire, à la marche, à la station, au coucher). Il n'a pas été noté d'effet défavorable. Les lignes à courant continu présentent à la fois des avantages et des inconvénients par comparaison aux lignes de courant alternatif de même valeur nominale. C'est pourquoi leur usage est peu fréquent, même s'il est facilité maintenant par les progrès techniques qui permettent la conversion AC-DC aux fortes puissances. Elles trouvent une application pour des transports à courte distance, en particulier pour les lignes THT sous-marines.

À propos des études faites aux USA, on soulignera que les éleveurs de ce pays ont été souvent en conflit avec les compagnies de distribution de l'électricité pour un autre problème électrique : celui des tensions et courants parasites. Ce phénomène électrique, différent des champs, peut connaître des causes diverses (voir infra), parmi lesquelles la plus commune résulte d'une particularité du régime du neutre (ceci désigne la manière dont le neutre est conduit jusqu'aux circuits de distribution électrique de l'utilisateur). La région la plus concernée par ces problèmes est celle des grands lacs (états du Minnesota, du Michigan et du Wisconsin) dans lesquels la structure de l'élevage laitier présente une multitude d'exploitations de petite taille, comparable à ce qui est observé en France, et contrastant fortement avec l'idée de gigantisme que les européens se font souvent de l'élevage nord-américain.

Pratiquement à la même époque, des études ont été conduites en Suède, initialement par un questionnaire de la totalité des éleveurs du pays, suivi d'études épidémiologiques [24], puis d'expériences [1, 3-6] consistant à suivre des vaches dont un lot était exposé sous des lignes 400 kV-50 Hz existantes et un lot témoin placé à une distance telle que les valeurs de champs étaient de très faible niveau. Les études réalisées ont porté sur la fonction reproductrice en général, sur l'issue des gestations et la croissance des veaux. Un des points forts de ces travaux, est qu'ils comportent une évaluation, à l'entrée en expérience, du niveau d'infection des animaux par le virus BVD (diarrhée virale bovine) et un suivi de cette infection au cours de l'étude qui n'a pas permis de montrer une augmentation de la prévalence de la maladie à l'issue de la période d'exposition de 120 jours [6]. L'intérêt de la prise en compte de la BVD est qu'il s'agit d'une affection chronique parfaitement représentative des maladies d'élevage qui peuvent être négligées ou méconnues de l'éleveur. Son caractère immunodépresseur engendre des troubles d'infections secondaires qui peuvent être confondus avec ceux d'une électrisation chronique.

Dans la perspective des causes possibles de mauvaises conditions d'entre-



tien, les chercheurs se sont finalement tournés vers l'implication des courants parasites [25-27] et ont largement fait leur profit des études conduites sur ce point en Amérique du Nord.

Avec une ressource potentielle considérable d'électricité hydraulique dans le nord de son territoire, le Canada a eu aussi à résoudre un problème de transport à longue distance pour couvrir les besoins de sa population, voire rejoindre les États-Unis. Au début des années 90, un dispositif expérimental a été mis en place sous la conduite de la faculté Mac Gill [31]. Une étable a été construite, permettant l'hébergement simultané de 8 vaches pouvant être soumises à des champs électriques et magnétiques comparables à ceux trouvés à l'aplomb des lignes de

735 kV, soit 10 kV/m pour le champ électrique et 30 microT pour le champ magnétique. Depuis la mise en place de ce dispositif d'exposition, avec un protocole d'alternance des périodes avec et sans CEM, des problématiques diverses ont été testées. C'est le cas, par exemple, des effets sur la production laitière, des concentrations plasmatiques de différentes hormones, du devenir des gestations (dans la majorité des expériences, ce sont des vaches gestantes qui étaient exposées). Au fil des années, plus d'une douzaine d'articles ont été publiés [10-18, 31-34], faisant état de modifications éventuelles de tel ou tel paramètre, modifications pouvant d'ailleurs être de sens opposés d'une étude à l'autre. Au cours de tous ces travaux, aucun effet sanitaire, en particulier aucun effet négatif sur l'issue de la gestation ni sur la production laitière, n'a été rapporté.

Le dossier des études réalisées à propos des éventuels effets sanitaires des CEM ne permet pas, à l'évidence, de conclure que les champs qui sont produits par les lignes HT et THT sont la cause des problèmes pathologiques rencontrés dans certains élevages. Plus réels dans leur nocivité sont les tensions et courants parasites dont la conséquence est qu'un courant, certes de faible valeur, peut traverser le corps de l'animal, qui ressentira de ce fait un choc électrique, stimulus aversif s'il en est, et qui, en fonction de sa force et de la fréquence à laquelle il se reproduit, pourra exercer un réel effet pathogène.



## **La pathologie d'élevage n'est pas le modèle des maladies humaines attribuées possiblement aux CEM**

La terre, terme qui désigne aussi bien notre planète que le sol où nous marchons, a une connotation bien précise en électricité : c'est le potentiel commun des circuits, le potentiel de référence, le « zéro électrique ». C'est aussi la voie assurant le retour du courant produit par le générateur<sup>3</sup>.

Il existe de multiples raisons pour que des objets avec lesquels les animaux sont en contact se trouvent portés à une tension différente de celle de la terre. Les plus communes résultent de défauts d'isolement concernant les conducteurs de distribution ou les appareils d'utilisation. Une ligne HT peut induire des courants dans des structures métalliques aussi banales que les tuyaux d'adduction d'eau, les fils de clôture, les cornadis<sup>4</sup>, etc. Ceci justifie que tous les éléments métalliques soient « mis à la terre ». Le sol lui-même peut être porté à un potentiel non nul : à l'endroit où existe une fuite de courant, celui-ci diffuse en décroissant, créant une inégalité des potentiels sur une certaine surface produisant une « tension de pas ». En se déplaçant, les animaux peuvent ainsi avoir leurs pattes soumises à des potentiels de valeurs différentes et ressentir un choc électrique.

Un point longtemps méconnu est que de très faibles tensions sont susceptibles d'être perçues voire de perturber les animaux : ce fait ne tient pas à une différence biologique avec l'homme, mais résulte tout simplement de ce que les humains sont généralement chaussés, (et en milieu d'élevage, portent des bottes à haut pouvoir isolant). De plus, la peau sèche a aussi un haut pouvoir isolant, vite perdu si elle est mouillée. Les bovins (ceci est aussi valable pour des espèces telles que les porcins) ont certes l'extrémité des pattes incluse dans un étui corné, le sabot, dont la résistance à l'état sec est assez élevée, mais qui s'effondre vite dès qu'il est en milieu humide. Pour peu qu'il y ait aussi quelques petites blessures qui viennent rompre l'intégrité de la barrière cutanée, la résistance électrique est fortement abaissée. Pour ces raisons, on considère que la résistance corporelle d'un bovin est de 1 000 ohms dans le cas général et de 500 ohms dans « le pire des cas ». L'ordre de grandeur de l'intensité donnant lieu à perception étant de 1 mA, il suffit d'une tension de 1 volt pour la produire ! Certes, cette tension n'est pas pathogène, mais il suffit qu'elle augmente un peu pour susciter des réactions de stress et produire des réactions endocrines (par exemple sécrétion d'adrénaline ou de cortisol). Au cas où cela est plus fréquent ou plus violent, surviendront des troubles de la mamelle (dus à la

<sup>3</sup> Cette fonction, souvent vivement critiquée par les opposants à l'usage de l'électricité, a cependant l'avantage par rapport à n'importe quel autre conducteur, qu'il est improbable que sa continuité soit interrompue. Tout objet porté à un potentiel plus élevé que cette valeur « zéro » pourra être la source d'un courant lorsqu'un conducteur viendra le relier à la terre ; la valeur de ce courant sera déterminée par les valeurs de la tension et de la résistance qui globalise toutes les résistances du circuit ainsi formé, celle de la source et celle du conducteur de liaison, application de la loi d'Ohm ( $I=V/R$ ).

<sup>4</sup> Dispositif de contention par la tête permettant de retenir un groupe d'animaux alignés le long de leur mangeoire.



perturbation de sa vidange lors de la traite) ou des infections résultant d'un effet immunodépresseur.

Dans les conditions actuelles de l'élevage, qui nécessite des effectifs de plus en plus nombreux, ce n'est pas un seul animal qui sera affecté, mais une fraction significative, éventuellement 50 à 75 % des animaux.

Ainsi, la pathologie, généralement attribuée aux CEM chez les animaux, est en réalité une réaction de stress à des électrisations aversives répétées. Elle se manifeste dans l'ensemble par des infections comportant, éventuellement, un volet inflammatoire. Elle tranche totalement avec la pathologie humaine pour laquelle une causalité des CEM est alléguée. Les maladies de l'homme pour lesquelles l'exposition aux CEM serait une cause (cancers, ou maladies neuro-dégénératives) sont pour la plupart des maladies non infectieuses qui ne touchent qu'une faible fraction de la population. Les bovins sous les lignes ne souffrent pas de leucémie lymphoïde aiguë ou de tumeur cérébrale. Les maladies d'élevage ne peuvent donc servir de modèles aux maladies humaines possiblement causées par les CEM.

## Mais où est donc le problème ?

Dans la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle, l'extension du réseau HT et THT a répondu à une demande de la population qui a accompagné le progrès technologique, créateur de nouveaux besoins, et le remodelage de la répartition de la population, résidant de plus en plus en zone urbaine. Pour ne pas utiliser la locution de « civilisation du tout électrique » dans laquelle certains opposants voient volontiers une connotation idéologique, on peut tout à fait résumer le problème en disant que la consommation énergétique des grandes métropoles nécessite un apport depuis l'extérieur et donc des lignes qui empruntent obligatoirement les zones rurales.

Or, dans la même période, l'organisation de l'élevage a subi une mutation sans précédent, faisant passer cette activité de ses racines traditionnelles à une production animale tendant vers la rationalité, dans laquelle l'éleveur est contraint, avec une main d'œuvre en constante diminution, d'assurer des tâches de complexité croissante et de moderniser son exploitation, bâtiments et matériels, pour produire plus, sous peine de disparition. Dans ce contexte, les échanges commerciaux (animaux sur pied, produits des exploitations) s'intensifient à l'intérieur du territoire et avec les pays voisins. Pour ces deux motifs, accroissement de la productivité et des échanges commerciaux, la pathologie change de faciès, et les grandes maladies infectieuses (tuberculose, fièvre aphteuse...) éradiquées par les mesures de prophylaxie organisée, laissent la place à des maladies d'élevage, affections souvent chroniques, d'origine souvent plurifactorielle, touchant un pourcentage élevé de l'effectif et d'éradication difficile. Il s'agit soit de maladies infectieuses, bactériennes (p.ex. paratuberculose bovine) ou virales (p.ex. BVD, pour diarrhée virale bovine) ou encore de maladies métaboliques, telles l'acidose du rumen sous l'une ou l'autre de ses formes évolutives. La chronicité et la difficulté de leur éradication justifient de la

part de l'éleveur de faire les bons choix quant aux mesures qui lui sont proposées et une grande persévérance dans leur mise en application. Le succès n'est pas forcément immédiatement au rendez-vous. Quand l'investigation clinique et le laboratoire parviennent à caractériser une infection de l'élevage par le virus BVD, et que des mesures de vaccination sont proposées, que faire si l'éleveur refuse car il n'a pas cru ce qui lui était dit ? Que faire pour l'éleveur qui se procure frauduleusement les médicaments nécessaires sans prescription ni examen de laboratoire et ne se sort pas d'un syndrome MMA chez ses truies (métrite, mammite, agalactie). Que faire pour l'éleveur qui, lorsqu'une aide technique extérieure gratuite lui est proposée, déclare que si un vétérinaire vient sur son exploitation il le « sortira à coups de fourche » ?<sup>5</sup>

Derrière ces attitudes, on trouve toujours le même point commun du discredit de l'abord rationnel de la santé et de la croyance aveugle dans les pratiques ésotériques les plus invraisemblables : il faut répondre aux maléfices des ondes par d'autres ondes, et ceci explique que le principal intervenant dans ces élevages en difficulté soit le radiesthésiste ou l'une de ses versions les plus en vogue actuellement, le géobiologue (voir dans ce numéro de *Science et pseudo-sciences*).

Que dire encore quand il est patent que la « mise sous tension » des éleveurs en difficulté est souvent instrumentalisée pour d'autres causes (opposition au tracé des lignes THT, opposition à l'énergie nucléaire...), où la réalité des propriétés physiques et physiologiques des champs électromagnétiques n'a que peu d'importance. La pathologie des animaux d'élevage n'est certainement pas un argument biologique pour la pathologie humaine alléguée aux CEM, mais c'est plus sûrement un argument pour appuyer d'autres entreprises !

## Conclusion

Le Ministère de l'Agriculture et l'opérateur national de distribution électrique (maintenant RTE) ont été conduits, devant la situation souvent désastreuse de certains éleveurs, à constituer un organisme, le GPSE (voir dans ce numéro de *Science et pseudo-sciences*), destiné à leur venir en aide en apportant une expertise sanitaire et technique permettant de rétablir les conditions propres au bon fonctionnement de l'exploitation. Faut-il encore que les principaux acteurs concernés jouent le jeu ! ■

---

<sup>5</sup> Ces types de comportements peuvent avoir différentes explications : parce que son voisin ou son syndicat lui aura dit que ce n'est pas cela, ou parce qu'un gourou ou un affairiste des champs – expert ou géobiologue – lui aura dit qu'il a un problème électrique, ou pour toute autre raison échappant à la logique, auxquelles il faut ajouter une attitude parfois rencontrée de certains éleveurs particulièrement réfractaires à ce que de tierces personnes « mettent leur nez dans leurs affaires » et portent un jugement sur la manière dont ils travaillent. Ce comportement est d'ailleurs totalement antinomique avec le « contrat social » par lequel le citoyen aide l'éleveur (indirectement certes) par des subventions, à charge pour l'éleveur de travailler dans la transparence.

## Références

- [1] ALGERS B, EKESBO I, HENNICH K.- « The effects of ultra high voltage transmission lines on the fertility of dairy cows, a preliminary study », Swedish University of Agricultural Sciences, Report No 5, Skara, Sweden, 1981.
- [2] ALGERS B & HENNICH K.- « Biological effects of electromagnetic fields on vertebrates. A review ». *Vet.Res.Comm.* 1983, 6.
- [3] ALGERS B & HENNICH K. « The effect of exposure to 400 kV transmission lines on the fertility of cows. A retrospective cohort study ». *Prev. Vet. Med.*, 1985, 3 : 351-361.
- [4] ALGERS B & HULTREN J. « Effects of long-term exposure to a 400-kV, 50-Hz transmission line on estrous, fertility and diurnal rhythm in cows ». Swedish University of Agricultural Sciences, Report No 15, Skara, Sweden, 1986.
- [5] ALGERS B & HULTREN J. « Cows under 400kV power lines-effects on ovulation and fertility ». *Svensk-Veterinartidning*, 1986, 38.
- [6] ALGERS B & HULTREN J. « Effects of long term exposure to a 400kV-50Hz Transmission Line on estrous and fertility in Cows », *Prev.Vet. Med.*, 1987,5 : 21 – 36.
- [7] AMSTUTZ H.E & MILLER B.S. « A study of farm animals near 765 kV transmission lines ». *The bovine practitioner*, 1980, n°15.
- [8] AMSTUTZ H.E & MILLER B.S. « A study of farm animals near 765 kV transmission lines ». XI Congress on diseases of Cattle, Tel-Aviv; 1980, vol 1, p 609-621.
- [9] ANGELL R.F. SCHOTT M.R., RALEIGH R.J. BRACKEN T.D. « Effects of a high-voltage direct-current transmission line on beef cattle production ». *Bioelectromagnetics*, 1990, 11:273-282.
- [10] BURCHARD J.F., NGUYEN D.H., RICHARD L., BLOCK E. « Biological effects of electric and magnetic fields on productivity of dairy cows ». *J Dairy Sci.* 1996 Sep;79(9):1549-1554.
- [11] BURCHARD J.F., NGUYEN D.H., BLOCK E. « Progesterone concentrations during estrous cycle of dairy cows exposed to electric and magnetic fields. *Bioelectromagnetics* ». 1998 ;19(7):438-443.
- [12] BURCHARD J.F., NGUYEN D.H., BLOCK E. « Effects of electric and magnetic fields on nocturnal melatonin concentrations in dairy cows ». *J Dairy Sci.* 1998 Mar;81(3):722-727.
- [13] BURCHARD J.F., NGUYEN D.H., RICHARD L., YOUNG S.N., HEYES M.P., BLOCK E. « Effects of electromagnetic fields on the levels of biogenic amine metabolites, quinolinic acid, and beta-endorphin in the cerebrospinal fluid of dairy cows ». *Neurochem Res.* 1998 Dec;23(12):1527-1531.
- [14] BURCHARD J.F., NGUYEN D.H., BLOCK E. « Macro- and trace element concentrations in blood plasma and cerebrospinal fluid of dairy cows exposed to electric and magnetic fields ». *Bioelectromagnetics*. 1999 Sep;20(6):358-364.
- [15] BURCHARD J.F., MONARDES H., NGUYEN D.H. « Effect of 10 kV, 30 microT, 60 Hz electric and magnetic fields on milk production and feed intake in nonpregnant dairy cattle. *Bioelectromagnetics* ». 2003 Dec;24(8):557-563.
- [16] BURCHARD J.F., NGUYEN D.H., MONARDES H.G., PETITCLERC D. « Lack of effect of 10 kV/m 60 Hz electric field exposure on pregnant dairy heifer hormones ». *Bioelectromagnetics*. 2004 May;25(4):308-312.
- [17] BURCHARD J.F., NGUYEN D.H., RODRIGUEZ M. « Plasma concentrations of thyroxine in dairy cows exposed to 60 Hz electric and magnetic fields ». *Bioelectromagnetics*. 2006 Oct;27(7):553-559.
- [18] BURCHARD J.F., NGUYEN D.H., MONARDES H.G. « Exposure of pregnant dairy heifer to magnetic fields at 60 Hz and 30 microT ». *Bioelectromagnetics*. 2007 Sep;28(6):471-476.
- [19] BUSBY K., DRISCOLL D., WASBON W.E. « A field study of farmer experience with 765 kV transmission lines ». Agricultural Resources Commission, State Campus Albany, N.Y., 1974, 18-20 November.
- [20] GANSKOPP D., RALEIGH R., SCHOTT M., DAN BRACKEN T. « Behavior of cattle in pens exposed to  $\pm$  500 kV DC transmission lines. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1991;30:1-16.
- [21] HEFENEIDER S.H. et al. « Joint HVAC transmission EMF environmental study. Final report on experiment 3 ». Portland Veterans Affairs Medical Center, Bonneville Power Administration, Oregon Health Sciences University, Oregon State University, Décembre 1994.
- [22] HEFENEIDER S.H., Mc COY S.L., HAUSMAN F.A., CHRISTENSEN H.L., TAKAHASHI D., PERRIN N., BRACKEN T.D., SHIN K.Y., HALL A.S. « Long-term effects of 60-Hz electric vs. magnetic fields on IL-1 and IL-2 activity in sheep. *Bioelectromagnetics*, 2001, 22: 170-177.
- [23] HJERESSEN D.L., MILLER M.C. KAUNE W.T., PHILLIPS R.D. « A behavioral response of swine to a 60-Hz electric field ». *Bioelectromagnetics*, 1982, 3: 443-451.
- [24] HENNICH K. Cows exposed to 400kV lines. « Inventory and fertility study, Swedish University of Agricultural Sciences », Report No 7, Skara, Sweden, 1982.
- [25] HULTGREN J. « Cows and electricity. Biological interaction and effects on cow behaviour, health and production of stray voltage, electric cow trainer and high-voltage transmission lines ». Swedish University of Agricultural Sciences, Report No 27, Skara, Sweden, 1988.
- [26] HULTGREN J. « Small electric currents affecting farm animals and man: a review with special reference to stray voltage. I- Electric properties of the body and the problem of stray voltage ». *Vet.Res.Comm.* 1990, 14: 287-298.
- [27] HULTGREN J. Small electric currents affecting farm animals and man: a review with special reference to stray voltage. II- Physiological effects and the concept of stress . *Vet.Res.Comm.* 1990, 14: 299-308.
- [28] LEE J.M., STORMSHAK F., THOMPSON J.M., THINSEN P., PAINTER L.J., OLENCEK E.G., HESS D.L., FORBES R., FOSTER D.L. Melatonin secretion and puberty in female lambs exposed to environmental electric and magnetic fields. *Biology of reproduction*, 1993, 49: 857-864.
- [29] MAHMOUD A.A. et ZIMMERMAN D.R. Effects of electrical field under 345 kV transmission lines on reproductive performance of exposed pigs. *Papport Iowa State University*, Ames, March 1984.
- [30] MARTIN F.B., BENDER A., STEURNAGEL G., ROBINSON R.A., REVSBECH R., SORENSEN D.K., WILLIAMSON N., WILLIAMS A. Epidemiologic study of Holstein dairy cow performance and reproduction near a high-voltage direct-current powerline. *J. Toxicol. Environ. Health*, 1986, 19:303-324.
- [31] NGUYEN D.H., RICHARD L., BURCHARD J.F. Exposure chamber for determining the biological effects of electric and magnetic fields on dairy cows. *Bioelectromagnetics*. 2005 Feb;26(2):138-144.
- [32] RODRIGUEZ M., PETITCLERC D., NGUYEN D.H., BLOCK E., BURCHARD J.F. Effect of electric and magnetic fields (60 Hz) on production, and levels of growth hormone and insulin-like growth factor 1, in lactating, pregnant cows subjected to short days. *J Dairy Sci.* 2002 Nov;85(11):2843-2849.
- [33] RODRIGUEZ M., PETITCLERC D., BURCHARD J.F., NGUYEN D.H., BLOCK E., DOWNEY B.R. Responses of the estrous cycle in dairy cows exposed to electric and magnetic fields (60 Hz) during 8-h photoperiods. *Anim Reprod Sci.* 2003 May 15;77(1-2):11-20.
- [34] RODRIGUEZ M., PETITCLERC D., BURCHARD J.F., NGUYEN D.H., BLOCK E. Blood melatonin and prolactin concentrations in dairy cows exposed to 60 Hz electric and magnetic fields during 8 h photoperiods. *Bioelectromagnetics*. 2004 Oct;25(7):508-515.
- [35] ROGERS L.E., WARREN J.L., HINS N.R., GANO K.A., FITZER R.E., PIEPEL G.F. Environmental Studies of a 1100kV Prototype Transmission Line: An Annual Report for the 1981 Study Period, Battelle Pacific North West Laboratories, 1982.
- [36] STORMSHAK F. et al. Joint HVAC transmission EMF environmental study. Final report on experiment 2. Oregon State University, Bonneville Power Administration, Oregon Regional Primate Research Center, Oregon Health Sciences University, Veterans Affairs Medical Center, Portland State University, Novembre 1993.
- [37] WERTHEIMER N. & LEEPER E. Electrical wiring configuration and childhood cancer, *Am. J. Epidemiol.*, 1979 : 273 – 284, 1979.

# Expertise scientifique et concertation pour les élevages agricoles



*François Gallouin*

Les problèmes sanitaires apparaissant dans un troupeau peuvent s'avérer difficiles à diagnostiquer et laissent parfois les éleveurs dans une situation de grand désarroi. La présence d'une ligne haute tension à proximité peut alors induire de nombreuses hypothèses, générer des peurs et conduire à des convictions de la part des uns ou des autres. Le Groupe Permanent sur la Sécurité Électrique a été ainsi mis en place pour favoriser la concertation autour d'une analyse scientifique et rigoureuse des problèmes rencontrés.

**François Gallouin**, professeur émérite à AgroParisTech (anciennement INAPG) est président du Groupe Permanent sur la Sécurité Électrique depuis sa création.



Le Groupe Permanent sur la Sécurité Électrique dans les élevages agricoles et aquacoles (GPSE) a vu le jour en juillet 1999. À la demande du porte-parole de la Confédération Paysanne un rapport a été rédigé par M. Dominique Blatin (Ingénieur Général du GREF) et M. Jean-Jacques Bénétière (Inspecteur Général de l'Agriculture). Ce rapport signalait que dans les exploitations agricoles françaises beaucoup de problèmes électriques existaient et qu'ils pouvaient mettre en danger la vie des personnes et des animaux et que, en revanche, les lignes à très haute tension (400 et 225 kV) n'étaient pas impliquées directement dans les pathologies animales rencontrées dans leur voisinage. Le GPSE, dont l'animation m'a été confiée depuis cette époque par deux lettres de mission signées par les Ministres de l'Agriculture et les présidents successifs de EDF et de RTE (réseau de transport d'électricité), a été créé pour faire le point, sur le terrain, sur les dangers et solutions possibles. Il ne s'agissait pas d'une commission temporaire, mais d'un groupe d'individus bien décidés à éclaircir les problèmes signalés par les éleveurs.

## Dix ans de fonctionnement

Ce groupe permanent a donc fonctionné sans interruption, depuis le mois de septembre 1999 et a organisé, à ce jour, 172 missions : réunions plénières, colloques, débats publics, réunions d'information technique, publications d'information dans une revue vétérinaire, rédaction d'une plaquette tirée à 40 000 exemplaires destinée aux acteurs du monde rural et 5 expérimentations scientifiques dont 4 publiées dans des revues à comité de lecture et enfin les visites d'exploitations. Les membres permanents du GPSE

sont les demandeurs (agriculteurs, syndicalistes, associations), des fonctionnaires du Ministère de l'Agriculture (Professeurs de l'INA-PG, des Écoles Nationales Vétérinaires), les Directions départementales de l'agriculture (DDA), les Directions des services vétérinaires (DSV), les Chambres d'Agricultures, des ingénieurs EDF et RTE, des assureurs (GROUPAMA), des consuels, des professionnels de la foudre.

## **Problèmes sanitaires et lignes haute tension : une méthode d'analyse**

Les membres du GPSE ont défini une méthode d'étude des exploitations agricoles situées au voisinage des lignes à haute tension et auxquelles étaient imputés les problèmes vétérinaires observés par les éleveurs. La méthode d'expertise, gratuite, se décompose en trois points :

- 1) Vérifier la conformité électrique des exploitations (disjoncteurs, courants de fuite, courants vagabonds, clôtures électriques, équipotentialité électrique, prise de terre, etc.). Avant la création du GPSE, EDF/RTE ne « regardait pas » ce qui se passait derrière le compteur électrique.
- 2) Faire une analyse vétérinaire sérieuse, sous la direction d'un professeur des Écoles nationales vétérinaires et avec l'aide de la DSV (Direction des Services Vétérinaires départementale) et du vétérinaire praticien local.
- 3) Faire une analyse des performances des ateliers de production en relation avec le contrôle laitier, les chambres d'agriculture, les techniciens des maisons d'alimentation, etc.

Cette méthode a permis de corriger efficacement la situation d'exploitations en difficulté.

## **Courants de fuite et défauts sanitaires sont les explications toujours trouvées**

Les problèmes électriques étaient le plus souvent liés à une mauvaise équipotentialité des sols : les animaux pouvaient ainsi ressentir de faibles courants électriques. Ces tensions de fuite de l'ordre de quelques centaines de millivolts étaient souvent produits par de mauvaises isolations électriques, y compris dans des exploitations sans voisinage avec des lignes à haute tension<sup>1</sup>.

Par ailleurs, des pathologies vétérinaires ont toujours été trouvées et corrigées. Dans le cas des ateliers « lait », les machines à traire se sont avérées des vecteurs de propagation de mammites cliniques ou sub-cliniques. L'hygiène de la traite n'était pas souvent satisfaisante. La génétique des animaux est hétérogène et il existe une grande sensibilité individuelle.

---

<sup>1</sup> Pour éviter des tensions électriques différentes (donc créant des courants vagabonds ou courants de fuite) sur un sol il faut que toute la surface soit électriquement au même potentiel. Une stabulation peut faire 2000 m<sup>2</sup> et plus. Le sol doit être mis à une terre unique. De même toutes les ferrailles, les poutres de la charpente métallique, les cornadis doivent être au même potentiel : en d'autres termes il faut tout raccorder par des soudures soignées.

Ainsi dans le même élevage, pourtant soumis aux mêmes facteurs d'ambiance, des animaux sont hypersensibles et d'autres résistants.

Les problèmes qui ont été rencontrés en élevage étaient toujours multifactoriels. Extension des bâtiments, non-conformité électrique, augmentation des performances des animaux, incompétence de nouveaux membres intervenant dans l'exploitation (stagiaires), matériels électroniques fragiles et non inter-compatibles, clôtures électriques mal isolées, réforme insuffisante des animaux à mammites sub-cliniques<sup>2</sup>. De plus il semble que les bâtisseurs de fermes ne soient pas encore totalement sensibilisés à la nécessité absolue de réaliser une équipotentialité des bâtiments, que ceux-ci soient situés près ou éloignés de lignes à haute tension.

## Une ferme expérimentale

Actuellement le GPSE poursuit ses interventions chez les éleveurs qui en font la demande.

En complément, une expérimentation scientifique, réalisée dans une ferme expérimentale de l'État par des chercheurs habilités à diriger des recherches essaie d'évaluer les seuils des perturbations électriques pouvant avoir une incidence significative sur les productions animales, les autres facteurs de perturbations étant maîtrisés. Chez le mouton (agneaux, agnelles, brebis) une tension de 5 volts imposée entre les mangeoires et le sol, sur des animaux alimentés *ad libitum*, les dissuade de consommer un complément alimentaire très palatable. En d'autres termes les animaux sont prêts à payer un petit désagrément électrique de 0,5 à 5 volts pour accéder à ce « dessert », mais pas plus. Les auteurs de cette expérimentation ont observé de grandes variations individuelles dans les comportements des animaux. Ils retrouvent les mêmes conclusions chez des vaches laitières, mais pour des tensions électriques deux fois moindres. Sur une longue période expérimentale les productions laitières ne sont pas significativement diminuées en qualité et en quantité.

## Conclusion

Le GPSE, créé pour résoudre des problèmes de pathologie animale ou de baisse des performances zootechniques, a répondu à la demande d'agriculteurs en difficulté. Nous tenons ici à remercier les quelques éleveurs de Basse-Normandie et de Bretagne qui furent à l'origine de la création de ce groupe : ils nous ont sensibilisé à des perturbations d'origines diverses que les vétérinaires ne soupçonnaient pas (les courants induits et les courants de fuite de faible voltage en particulier). Avec leur aide dans l'élaboration de la méthode d'expertise, force a été de reconnaître qu'une action scientifique (donc rationnelle) a résolu plus de problèmes que des opinions de sourciers, de bio-géologues et d'experts autoproclamés. ■

<sup>2</sup> 99 % des mammites cliniques ou sub-cliniques sont dues à la pénétration des germes microbiens dans la mamelle par le canal du trayon. Le courant électrique n'y est pour rien. Les éleveurs ont vite fait d'incriminer un vague stress (en fait un agent stressant) et le courant électrique est facile à désigner.



# Les effets sanitaires éventuels des téléphones mobiles



*Isabelle Lagroye et Bernard Veyret*

**Isabelle Lagroye et Bernard Veyret** travaillent au laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système, CNRS Bordeaux et l'École Pratique des Hautes Études.



Dans la gamme des radiofréquences, le premier développement majeur des communications sans fil a eu lieu avec la téléphonie mobile. Il s'agissait du premier réseau à grande échelle de tels systèmes. Tous sont fondés sur le principe du découpage du territoire en cellules en forme de nid-d'abeilles. Au centre de chaque cellule, une station de base, ou antenne-relais, émet vers les portables et reçoit les signaux des mobiles actifs dans sa cellule (jusqu'à 50 environ). En France, on en compte environ 47 000 exploitées par trois réseaux distincts. L'information vocale est codée en numérique par modulation de phase. Chaque téléphone mobile est un émetteur-récepteur radio opérant également dans la bande de fréquence 900-2100 MHz. Dans le système GSM 900 par exemple, la puissance crête d'émission du portable est de 2 W, mais la puissance

moyenne est toujours inférieure à 1/8 de cette valeur et le contrôle de puissance réduit l'émission à la valeur minimum nécessaire pour une bonne réception. Environ la moitié de la puissance émise par le combiné est absorbée dans la tête de l'utilisateur. Cette puissance absorbée est quantifiée à l'aide de la grandeur « débit d'absorption spécifique » (DAS) qui s'exprime en watts par kilogramme (W/kg).

Les antennes des stations de base ont une puissance d'émission de l'ordre de 20 W. Elles sont souvent placées sur le toit d'immeubles et le faisceau émis a la forme d'un disque quasi horizontal. Au niveau du sol, où se trouvent les utilisateurs, l'exposition maximale a lieu à environ 200 m de la station de base. Elle est pratiquement nulle au bas de l'immeuble ou du mât sur lequel est érigée l'antenne. L'exposition du public au rayonnement de l'émetteur est typiquement 1/10 000 de la limite recommandée en termes de puissance incidente, qui est par exemple de 4,5 W/m<sup>2</sup> à 900 MHz, et souvent inférieure à celle qui est due aux stations de radio FM.

La plupart des technologies de communications sans fil fonctionnent donc sur le même principe que la téléphonie mobile, c'est-à-dire avec une « base » et un émetteur-récepteur (ex. : téléphone sans fil DECT, Wi-Fi).

## Les limites d'exposition sont-elles trop élevées ?

Les limites européennes actuelles sont issues des recommandations de l'ICNIRP (les valeurs américaines de la FCC (Federal Communications Commission) sont elles fondées sur les recommandations de l'IEEE, et elles sont les mêmes). Elles prennent en compte toutes les données publiées et permettent d'éviter que les personnes soient exposées au delà de la restriction de base (en W/kg). Pour simplifier la mise en œuvre des tests de conformité, on mesure les niveaux de référence en W/m<sup>2</sup> ou V/m. S'ils ne sont pas dépassés c'est que la restriction de base liée directement aux effets sanitaires connus n'est pas atteinte. Une marge d'incertitude ou de sécurité est appliquée pour que ces limites soient conservatrices, c'est-à-dire qu'elles protègent même dans les pires cas d'exposition, ou pour des populations potentiellement plus sensibles. Les valeurs des limites en termes de niveaux de références sont publiées et font partie de la recommandation européenne et de la réglementation française.

Pourtant, ces limites sont activement contestées en France, et en particulier parce que dans d'autres pays européens des gouvernements ont choisi d'appliquer des « mesures de précaution » et d'abaisser les limites. Ainsi en Belgique, le niveau de référence à 900 MHz va descendre de 41 à 3 V/m. Aucune justification scientifique n'est donnée pour cette diminution. La preuve étant que cette valeur limite devrait dépendre de la fréquence de l'onde, ce qui n'est pas le cas. Il s'agit d'une décision politique de gestion de risque qui veut répondre aux craintes des populations, mais qui risque fort d'amplifier les peurs, puisque la limite devient plus proche des niveaux ambiants qui, eux, n'ont pas changé ! Dans les pays tels que l'Italie qui ont abaissé les limites, l'expérience a montré que les craintes avaient par la suite augmenté et que c'était donc une fausse bonne idée.

## Premières craintes et premières recherches

Alors que ces téléphones étaient encore peu répandus, des craintes sont apparues en 1993 aux États-Unis quand un procès a été lancé contre les constructeurs à la suite d'un décès dû à une tumeur au cerveau. La recherche a débuté brutalement à cette occasion et les budgets n'ont cessé de croître jusqu'à ces dernières années, en parallèle avec la croissance exponentielle de la téléphonie mobile. L'essentiel de cette recherche a été mené sur les signaux GSM, donc de la deuxième génération. Au total, environ 115 M€ ont été dépensés depuis 1993, surtout en Europe, le financement venant des industriels au départ, puis des gouvernements, agences et fondations, et enfin de la Commission Européenne. Les craintes liées aux antennes-relais ne sont venues que plus tard et les signaux et niveaux correspondants n'ont pas été inclus directement dans les recherches en laboratoire.

Les approches classiques de la toxicologie, telles qu'elles sont mises en œuvre pour tester les effets sanitaires des produits chimiques, ont été utilisées en parallèle : épidémiologie, études en laboratoire – homme, animal, cellule. Les normes existantes d'exposition sont fondées sur les seuls effets aigus reconnus qui sont dus à l'échauffement. En particulier, des altérations du comportement d'animaux exposés à partir de niveaux dépassant 4 W/kg ont servi de référence. Puisque l'échauffement dans les tissus est négligeable en communications sans fil, la recherche d'effets sanitaires des radio-fréquences a dû se tourner vers la mise en évidence d'éventuels effets non thermiques.

L'évaluation du risque qui est fondée sur les résultats publiés dans les revues scientifiques a montré l'importance des études de réplication, qui permettent de s'assurer que les effets biologiques décrits par une équipe de

recherche sont reproduits par une ou plusieurs autres équipes indépendantes. Les résultats qui ne peuvent être répliqués après plusieurs tentatives ne sont pas pris en compte dans l'évaluation du risque. Ceci n'est du reste pas spécifique du bioélectromagnétisme, mais commun à tous les programmes de recherche visant à mettre en évidence les effets des faibles doses. La qualité des recherches et des évaluations a progressé très sensiblement durant les dix dernières années, notamment grâce au progrès des systèmes d'exposition et la dosimétrie.

## **L'épidémiologie n'a pas encore rendu son verdict définitif**

L'épidémiologie n'a pas encore rendu son verdict : en effet, la seule étude d'envergure menée jusqu'aujourd'hui et ayant une puissance statistique suffisante est *Interphone*<sup>1</sup>, financée par la Commission Européenne et l'industrie. Elle porte sur les tumeurs de la tête et du cou. Aujourd'hui, plus de la moitié des études nationales d'Interphone ont été publiées. Les synthèses présentées en congrès semblent indiquer une absence d'augmentation du risque pour toutes les tumeurs étudiées, avec une incertitude pour les durées d'utilisation de plus de dix ans. Une étude similaire est en cours sur les enfants. L'avenir de l'épidémiologie dans ce domaine réside plutôt dans les études de cohorte<sup>2</sup> qui sont en cours mais qui demanderont 15-20 ans avant de donner des résultats exploitables.

## **Expériences en laboratoire**

Ces études sont complétées par des projets de recherche menés en laboratoire où il est possible de réaliser certaines expériences en double aveugle chez l'homme. Ainsi, les volontaires sont exposés au téléphone mobile, puis des tests sont faits (EEG<sup>3</sup>, sommeil, audition, taux d'hormones, etc.)<sup>4</sup>. Par exemple deux groupes, anglais et finlandais, ont soumis des enfants à des tests de comportement avec ou sans exposition à des signaux de téléphones mobiles. Dans ces expériences, aucune différence n'a été observée entre sessions exposées et non exposées. Seules des études sur le sommeil, et en particulier l'EEG pendant le sommeil, ont montré parfois des altérations de certains paramètres, mais sans que cela implique des effets sanitaires.

Chez des sujets qui se disent hypersensibles à l'électricité (EHS en anglais) et souffrent de symptômes en présence des sources RF, plusieurs études ont été réalisées. En particulier, un rapport, issu du laboratoire néerlandais TNO [1], avait en 2003 attiré l'attention des médias et de la communauté scientifique. Il faisait état d'altérations de faible amplitude sur le bien-être de volontaires exposés aux rayonnements provenant de stations de base de

<sup>1</sup> Étude de type cas-témoins rétrospective.

<sup>2</sup> Dans une étude de cohorte, on définit deux populations, l'une affectée du facteur susceptible d'influer sur le risque étudié, l'autre non affectée, que l'on suit sur une durée significative (plusieurs années).

<sup>3</sup> électro-encéphalogramme.

<sup>4</sup> Par contre les modèles de cancer ne peuvent pas être mis en œuvre chez les volontaires.

type UMTS. Ce travail a suscité de nombreuses critiques et son protocole a servi de base pour des études mieux définies dont les résultats, en Suisse [2], Grande-Bretagne [3], Danemark [4] et Japon [5], sont tous négatifs, même si toutes ces études n'étaient pas des répliques strictes. En complément des études de type TNO, de nombreuses études ont été réalisées sur des sujets se déclarant hypersensibles à l'électricité. Plusieurs synthèses concluent à l'absence de preuves d'un lien causal entre exposition et symptômes [6, 7]. De plus, le congrès organisé sur ce thème par l'OMS en 2004 aboutissait aux mêmes conclusions, sachant que les souffrances des personnes sont réelles et qu'elles doivent être prises en compte.

Les études en laboratoire sur des animaux ont porté sur de très nombreux paramètres biologiques. Au départ, la crainte exprimée avait trait au cancer, et aujourd'hui, on peut constater que toutes les études animales sur des modèles de cancer ont été négatives. Celles qui au départ étaient positives [10], n'ont pas pu être répliquées. Plusieurs de ces études ont été réalisées en exposant les rats ou souris durant la majeure partie de leur vie. Il existe donc bien des études biologiques sur les animaux avec de longues durées d'exposition. Dans certains cas, l'exposition s'est faite sur plusieurs générations.

Toutes les autres expériences faites sur les animaux (sommeil, EEG, mémoire, audition, système immunitaire, peau, etc.) se sont révélées négatives, y compris après des études de réplique dans plusieurs cas (barrière hémato-encéphalique, etc.).

La tendance actuelle est d'exposer les animaux *in utero* et durant les premières semaines de vie. En effet, la crainte s'est en partie déplacée du cancer vers les enfants qui pourraient être plus « sensibles » que les adultes. Pour la plupart des affections, les jeunes animaux constituent en effet le seul modèle valable pour aborder cette question de la sensibilité des enfants.

La conclusion est la même pour les cellules en culture exposées aux champs de la téléphonie mobile : sur ces modèles, les études ont porté surtout sur la génotoxicité éventuelle et l'expression des gènes. Là encore, l'essentiel des résultats sont négatifs bien que de nombreuses études de réplique aient été nécessaires pour s'en assurer [7, 8].

## **Pas d'effets biologiques établis pouvant avoir des conséquences sanitaires**

Finalement, sur l'ensemble des résultats obtenus sur les différents modèles étudiés en laboratoire, on peut conclure, en accord avec les synthèses récentes rigoureuses (le rapport du SCENIHR<sup>5</sup> par exemple), qu'il n'existe pas d'effets biologiques établis pouvant avoir des conséquences sanitaires, même à des niveaux bien supérieurs à ceux qui sont rencontrés en usage normal de la téléphonie mobile.

En parallèle avec les études sur les cellules et les animaux, des hypothèses mécanistiques ont été testées : il s'agissait de savoir si l'échauffement des tis-

<sup>5</sup> [http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scenihhr/docs/scenihhr\\_o\\_022.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_o_022.pdf)



## Mesures de précaution, risques et dangers

Les ministères et les agences donnent des conseils d'utilisation, qui sont des mesures de précaution, aux utilisateurs de portables, afin d'apaiser les craintes et de diminuer le risque. En effet, le risque est toujours lié à l'exposition même quand le danger est nul ou faible.

Les conseils ci-dessous donnés par la DGS en 2008 vont toutes dans ce sens (voir le tableau). *Source : plaquette de la Direction Générale de la Santé*

• Utilisez votre téléphone mobile avec discernement	= ne téléphonez pas longtemps (ou inutilement) pour diminuer l'exposition (durée)
• Soyez vigilant dans les zones de mauvaise réception	= le contrôle de puissance fait que le portable fonctionne à plus forte puissance (niveau)
• Conseillez à vos enfants un usage modéré du téléphone mobile	= ne les laissez pas téléphoner trop longtemps (durée)
• Évitez de téléphoner en vous déplaçant	= quand on se déplace on change d'antenne relais et la puissance repasse au maximum (niveau)
• Éloignez votre téléphone mobile	= éloignez le de la tête pour diminuer l'exposition des tissus cérébraux (niveau)

sus était le seul processus pouvant causer des effets biologiques et sanitaires. Aucun autre mécanisme n'a été mis en évidence aux niveaux théorique et expérimental. Aujourd'hui, ce type d'étude n'est plus soutenu. La recherche a effectivement porté essentiellement sur les effets non thermiques pour évaluer leur existence, mais les normes d'exposition sont basées sur les effets de nature thermique puisque ce sont les seuls qui soient bien établis.

Des documents officiels, rédigés par des groupes d'experts mandatés par des agences ou ministères sont disponibles qui expriment ce consensus (rapport du SCENIHR et livre bleu de l'ICNIRP<sup>6</sup> par exemple).

Le développement rapide des communications sans fil a suscité à juste titre des questions en termes d'effets sanitaires. En effet, l'environnement électromagnétique a été profondément modifié durant les quinze dernières années. Les recherches ont surtout porté sur les effets potentiels de la téléphonie mobile. À l'issue d'une période très active de recherche internationale, on peut conclure, en l'attente des résultats globaux d'Interphone, que le risque lié à l'usage des portables est très faible ou nul, sachant que l'impact sanitaire même très faible pourrait malgré tout être sérieux en raison du nombre très élevé des utilisateurs.

Pour ce qui est des réseaux de téléphonie mobile (antennes-relais) et autres réseaux de communication sans fil (Wi-Fi par exemple) dans lesquels les sources d'émission sont loin de l'utilisateur, le consensus est encore plus clair dans la mesure où les puissances mises en jeu sont extrê-

<sup>6</sup> Sous presse [www.icnirp.org](http://www.icnirp.org)

mement faibles<sup>7</sup> (cf. aide-mémoire de l'OMS<sup>8</sup>).

La question reste ouverte d'une plus grande fragilité des enfants à l'exposition aux ondes électromagnétiques. Pour y répondre des études ont été lancées sur de jeunes animaux, qui demanderont des années avant de permettre de conclure, même si actuellement aucune hypothèse ni indication n'existe pour justifier ces craintes *a priori*.

Nous sommes donc face à une situation paradoxale : les recherches effectuées sont globalement négatives, mais les craintes et les agitations ne faiblissent guère. D'autre part les financements sont actuellement en chute libre !

Les sources d'émission radiofréquence se multiplient mais la recherche biologique ne peut suivre... alors que les téléphones mobiles se vendent très bien et que le déploiement des réseaux de communications sans fil paraît irréversible. ■

<sup>7</sup> Niveaux souvent plus de 10 000 fois plus bas que les limites d'exposition.

<sup>8</sup> [www.who.int/mediacentre/factsheets/fs304/fr/index.html](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs304/fr/index.html)

## Références

- [1] Zwamborn, APM, Vossen, SHJA, Leersum, Bv, e.a. Effects of global communication system radio-frequency fields on well being and cognitive functions of human subjects with and without subjective complaints. The Hague: TNO Physics and Electronics Laboratory, 2003; FEL-03- C148.
- [2] Regel, S.J., Negovetic, S., Rööslä, M., Berdijas, V., Schuderer, J., Huss, A., Lott, U., Kuster, N. & Achermann, P., 2006, UMTS base station-like exposure, well-being, and cognitive performance, *Environ Health Perspect*, 114(8), pp. 1270-5.
- [3] Eltiti, S., Wallace, D., Ridgewell, A., Zougkou, K., Russo, R., Sepulveda, F., Mirshekar-Syahkal, D., Rasor, P., Deeble, R. & Fox, E., 2007, Does Short-Term Exposure to Mobile Phone Base Station Signals Increase Symptoms in Individuals Who Report Sensitivity to Electromagnetic Fields? A Double-Blind Randomized Provocation Study, *Environ Health Perspect*, 115(11), pp. 1603-8.
- [4] Riddervold, I.S., Pedersen, G.F., Andersen, N.T., Pedersen, A.D., Andersen, J.B., Zachariae, R., Mølhave, L., Sigsgaard, T. & Kjaergaard, S.K., 2008, Cognitive function and symptoms in adults and adolescents in relation to rf radiation from UMTS base stations, *Bioelectromagnetics*, 29(4), pp. 257-67.
- [5] Furubayashi, T., Ushiyama, A., Terao, Y., Mizuno, Y., Shirasawa, K., Pongpaibool, P., Simba, A.Y., Wake, K., Nishikawa, M., Miyawaki, K., Yasuda, A., Uchiyama, M., Yamashita, H.K., Masuda, H., Hirota, S., Takahashi, M., Okano, T., Inomata-Terada, S., Sokejima, S., Maruyama, E., Watanabe, S., Taki, M., Ohkubo, C. & Ugawa, Y., 2008, Effects of short-term W-CDMA mobile phone base station exposure on women with or without mobile phone related symptoms, *Bioelectromagnetics*.
- [6] Hietanen, M., Hämäläinen, A.M. & Husman, T., 2002, Hypersensitivity symptoms associated with exposure to cellular telephones: no causal link, *Bioelectromagnetics*, 23(4), pp. 264-70.
- [7] Rubin, G.J., Munshi, J.D. & Wessely, S., 2005, Electromagnetic hypersensitivity: a systematic review of provocation studies, *Psychosom Med*, 67(2), pp. 224-32.
- [8] Speit, G., Schütz, P. & Hoffmann, H., 2007, Genotoxic effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF) in cultured mammalian cells are not independently reproducible, *Mutat Res*, 626(1-2), pp. 42-7.
- [9] Chauhan, V., Qutob, S.S., Lui, S., Mariampillai, A., Bellier, P.V., Yauk, C.L., Douglas, G.R., Williams, A. & McNamee, J.P., 2007, Analysis of gene expression in two human-derived cell lines exposed in vitro to a 1.9 GHz pulse-modulated radiofrequency field, *Proteomics*, 7(21), pp. 3896-905.
- [10] Repacholi, M.H., Basten, A., Gebiski, V., Noonan, D., Finnie, J. & Harris, A.W., 1997, Lymphomas in E mu-Pim1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields, *Radiat Res*, 147(5), pp. 631



# Les lampes basse consommation d'énergie



*Martine Souques*



Dans le contexte de la promotion des lampes à basse consommation d'énergie (LBC ou lampes fluocompactes) et la suppression progressive des lampes à incandescence, certaines voix se sont émues des effets possibles (considérés comme certains dans ces publications) sur la santé en raison du rayonnement électromagnétique de ces dispositifs. Mesures à l'appui, ces voix affirment que les émissions sont au-dessus de la norme française d'exposition au champ électromagnétique. En fait, les auteurs de cette étude<sup>1</sup> n'ont pas fait de mesure en analysant le spectre des fréquences émises.

De fait, les LBC fonctionnent selon le principe bien connu des tubes fluorescents. Elles émettent des champs électromagnétiques dans plusieurs gammes de fréquences, de 50 Hz à 10 MHz. Cependant, les mesures effectuées<sup>2</sup> dans ces différentes gammes, sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) et de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) sont très inférieures aux niveaux indiqués dans la Recommandation européenne de juillet 1999 sur l'exposition du public aux champs électromagnétiques (1999/519/CE).

C'est également l'avis rendu le 23 septembre 2008 par le SCENIHR<sup>3</sup>. Ce comité a examiné trois caractéristiques de ces lampes : l'éclat, les champs électromagnétiques et les UV. Le comité a identifié, en l'absence d'étude précise sur les LBC, que le léger rayonnement UV/lumière bleue pourrait être un facteur de risque pour l'aggravation des symptômes chez quelques patients sensibles à la lumière, dans le cas d'exposition prolongée et rapprochée, à moins de 20 cm. Aucune indication n'a été retrouvée qui montrerait que les champs électromagnétiques ou l'éclat pourrait avoir des conséquences sur la santé.

Depuis, suite à la publication de recherches financées par le NIH<sup>4</sup>, les experts du NIEHS<sup>5</sup> ont rendu un avis en novembre 2008, qui est que les LBC n'aggravent pas les symptômes cutanés chez les personnes ayant des affections dermatologiques.

<sup>1</sup> Communiqué de presse du 21/08/2007 par le CRIIREM et Arca Ibérica ; [http://criirem.ouvaton.org/IMG/pdf/lbc\\_arcacriirem\\_Mise\\_en\\_Garde\\_08-2007.pdf](http://criirem.ouvaton.org/IMG/pdf/lbc_arcacriirem_Mise_en_Garde_08-2007.pdf)

<sup>2</sup> <http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00053/00673/02326/index.html?lang=fr>

<sup>3</sup> Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, Light Sensitivity. The SCENIHR adopted this opinion at the 26th Plenary, on 23 September 2008.

<sup>4</sup> The National Institut of Health.

<sup>5</sup> The National Institute of Environmental Health Sciences. Environmental Factor, 11/2008.

Finalement, ces données suggèrent que les lampes à basse consommation sont sûres et peuvent être substituées aux ampoules à incandescence standard<sup>6</sup>, contribuant ainsi de manière non négligeable aux économies d'énergie. En revanche, il faut avoir conscience que ces lampes basses consommation ne doivent absolument pas finir dans notre poubelle mais partir dans le circuit du recyclage en raison de la faible quantité de mercure qu'elles contiennent. Reste à savoir comment celui-ci sera organisé. ■

<sup>6</sup> Chignell CF, Sik RH, Bilski PJ. « The photosensitizing potential of compact fluorescent vs. incandescent light bulbs ». *Photochem Photobiol*, 2008, 84 (5) : 1291-1293.

## Le commerce des inquiétudes

Peu importe la réalité des dangers, il y a un marché associé aux peurs et craintes qui se développent dans le public. En témoigne l'initiative prise par une petite entreprise monégasque : « Une ampoule basse consommation avec filtre anti-radiation ? Telle est l'innovation présentée fin janvier 2008 par ITS, une PME monégasque spécialisée dans la protection et la sécurité électronique, en réponse aux observations du CRIIREM. "D'un point de vue technique, assure ITS, le problème n'est pas trop compliqué à résoudre". En modifiant le circuit et en blindant la douille avec ce filtre anti-radiation, nous sommes descendus à 0 V/m à 50 cm d'une ampoule de 20 W, et moins de 1,8 V/m à 20 cm. Ce qui est 40 fois inférieur aux ampoules à économie d'énergie classiques. Vendues à un prix de 6 à 7 euros l'ampoule d'une puissance de 9 à 20 W, les négociations avec la grande distribution sont en cours. »

J.-P. K.

Source : <http://www.novethic.fr/novethic/v3/article.jsp?id=114356>

## Le traitement de l'information

Peurs et alarmisme sont plus souvent présents que information complète et objective. Pour *l'Express* (17 juillet 2008), il s'agit de révéler les « vrais » dangers, parce que, bien sûr « on ne nous dit pas tout ». Les écoles sont menacées, et une « carte des écoles à risque » est même publiée. *Science et Avenir*, quelques années plus tôt (mai 2002), n'hésitait pas non plus à titrer sur la les champs magnétiques « qui perturbent notre santé ». Jamais, dans ces reportages, ne sont mis en avant les résultats et les avis des agences de service public de l'expertise scientifique.

J.-P. K





## **Les risques des antennes de téléphonie mobile** **Mise au point de l'Académie nationale de Médecine**

**3 mars 2009**

**Le 16 février 2009**, un opérateur de téléphonie mobile a été condamné par le Tribunal de grande instance de Carpentras à démonter une antenne-relais à Chateauneuf-du-Pape ; **le 4 février 2009**, un autre opérateur de téléphonie mobile avait été condamné par la Cour d'appel de Versailles à démonter une antenne à Tassin-la-Demi-Lune. Dans les deux cas, la justice a tranché en faveur des particuliers, au nom du principe de précaution.

### **L'Académie nationale de Médecine rappelle les données scientifiques suivantes :**

- Les antennes de téléphonie mobile entraînent une exposition aux champs électromagnétiques 100 à 100.000 fois plus faible que les téléphones portables : être exposé pendant 24 heures à une antenne à 1 volt par mètre donne la même exposition de la tête que de téléphoner avec un portable pendant 30 secondes.
- On ne connaît aucun mécanisme par lequel les champs électromagnétiques dans cette gamme d'énergie et de fréquence pourraient avoir un effet négatif sur la santé. L'OMS [1] et le Scenihp [2] se sont prononcés unanimement sur l'absence de risque de ces antennes.
- À ce jour, aucun système sensoriel humain permettant de percevoir ce type de champ n'a été identifié. C'est pourquoi la quasi-totalité des études sur l'électro-hypersensibilité ont montré que les sujets concernés, bien que manifestant des troubles variés en présence de dispositifs émetteurs de champs électromagnétiques, sont incapables de reconnaître si ces dispositifs sont actifs ou non.
- L'angoisse ou la phobie en présence d'émetteurs de champs électromagnétiques peuvent être réelles et justifier une prise en charge adaptée. Mais l'Académie déplore que ces troubles, pouvant entraîner de graves handicaps sociaux, soient utilisés à des fins contestables au détriment des intéressés. En revanche, elle rappelle que les téléphones mobiles, et donc les antennes, permettent de sauver chaque année des centaines de vies humaines.

### **L'Académie nationale de Médecine s'étonne :**

- qu'une décision de justice ait pu ne retenir, parmi l'ensemble des études disponibles sur le sujet, que celles allant dans le sens du plaignant. Par exemple le rapport *BioInitiative*, pourtant récusé par des autorités légitimes en la matière comme le Health Council des Pays-Bas [3] ;
- que l'arrêt de la Cour d'Appel de Versailles puisse s'appuyer sur une erreur scientifique manifeste en prenant en compte le « risque démontré » de champs d'extrêmement basse fréquence émis par ces antennes. En réalité, d'une part les antennes de téléphonie mobile émettent exclusivement en haute fréquence ; d'autre part, le risque d'exposition aux champs d'extrêmement basses fréquences n'est pas considéré par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) comme démontré.

### **L'Académie nationale de Médecine s'inquiète pour la santé publique :**

- La prééminence du « ressenti » du plaignant, si elle fait jurisprudence, remet en cause les fondements mêmes de l'expertise scientifique et médicale, au risque de laisser la porte ouverte à des décisions lourdes de conséquences en matière de santé publique.

- Une telle utilisation dévoyée du principe de précaution [4] risque de conduire à une quête illusoire du « risque zéro », source d'erreurs, de retards et de dysfonctionnements du système de santé.

**L'Académie nationale de Médecine renouvelle sa mise en garde contre une interprétation subjective du principe de précaution. Elle recommande en conséquence que ce soit au législateur de préciser les modalités de son application, en particulier en ce qui concerne le développement des nouvelles technologies.**

*L'Académie nationale de Médecine, l'Académie des Sciences et l'Académie des Technologies ont mis en place un groupe de travail pour examiner les questions que pose cette actualité judiciaire.*

[1] Organisation Mondiale de la Santé. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/fr/>

[2] Commission européenne. *Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks : Health Effects of Exposure to EMF*. 19 janvier 2009.

[3] « le Comité conclut que le rapport BioInitiative n'est pas un reflet objectif et équilibré des connaissances scientifiques disponibles ». The Minister of Housing, Spatial Planning and the Environment. Publication 2008/17E du 2/9/2008. (voir aussi l'article sur ce sujet page 69 de ce dossier de SPS, NdIrl).

[4] En droit, le Principe de précaution résulte du droit communautaire et de la Charte constitutionnelle de l'environnement.

## La rhétorique du principe d'inquiétude

Pour le citoyen curieux et rendu inquiet par certaines descriptions alarmistes de conséquences sanitaires ou environnementales, il est difficile de se faire sa propre opinion, difficile de bien comprendre ce qu'est un organisme génétiquement modifié, difficile de comprendre ce que sont ces ondes qui nous entourent, que l'on ne peut ni voir ni ressentir [...]. L'enchaînement est presque toujours le même. Tout d'abord, des allégations font état de dégâts importants d'ores et déjà « constatés » sur la santé et l'environnement (ce qu'on appelle en novlangue : « lancer une alerte »). Interpellés les médias « enquêtent » : un cas particulier est propulsé sur les devants de la scène ; par exemple une personne, sincère et à laquelle chacun peut s'identifier, expose, filmée à son domicile, que sa vie a basculé et qu'elle ressent tel ou tel trouble, c'est concret et émouvant. Le reportage est logiquement suivi d'un autre sur une autre chaîne. La presse n'est pas en reste, et nombreux sont les grands journaux qui emboîtent le pas, donnant ainsi crédit et consistance à ce qui n'était peut-être (ou peut-être pas) qu'une rumeur [...]. Parce que le recours à l'émotion est plus efficace que l'appel à la raison quand on fait métier de communication, le reportage va cultiver le sentiment anxiogène, le catastrophisme, et va faire la part belle, voire exclusive, au témoignage.

Viennent ensuite les mises au point scientifiques quand les rumeurs ne sont pas fondées et que les sujets sont d'importance. Et c'est là que tout se brouille et que les mécanismes bien connus de la théorie du complot se mettent en place : on-ne-nous-dit-pas-tout. L'intégrité des institutions scientifiques et des scientifiques eux-mêmes est mise en cause ; les lobbies industriels sont pointés du doigt ; des « études et rapports accablants » sont cités (rapports qu'un non-spécialiste ne comprendra bien entendu pas et qui parfois disent le contraire de ce qui est allégué). Des « comités de recherche et d'information » autoproclamés « indépendants » fleurissent. Le « principe de précaution » est évoqué exigeant des mesures immédiates tant que des « recherches additionnelles » ne sont pas conduites (recherches qui parfois ont déjà été menées). Dès lors, pense-t-on, si les autorités s'appuyant sur le « principe d'attention » annoncent de nouvelles recherches, telle est bien la preuve de la validité de « l'alerte ». Si les autorités campent sur l'inexistence de fondements scientifiques à ces craintes exprimées, telle est bien la preuve... du risque que l'on nous cache : « pourquoi ne pas accepter de faire une recherche s'il n'y a rien à cacher ? ».

*Extrait de l'éditorial de Science et pseudo-sciences n°282, juillet 2008.*



**André Aurengo** dirige le Service de Médecine nucléaire du Groupe Hospitalier Pitié-Salpêtrière depuis 1989. Il a présidé la Société Française de Radioprotection de 2005 à 2007. André Aurengo est membre de l'Académie de Médecine.



Nous reproduisons ici, avec l'aimable autorisation de l'auteur et de l'éditeur, une tribune libre publiée dans l'édition du 2 décembre 2008 du *Quotidien du médecin*.

*Menée sous l'égide du Centre international de recherche sur le cancer, l'étude Interphone se fixe pour objectif de déterminer si l'exposition aux radiofréquences produites par les téléphones mobiles est associée à un risque de cancer. Treize pays sont impliqués, chacun menant une étude dans son propre pays : l'Australie, le Canada, le Danemark, la Finlande, la France, l'Allemagne, Israël, l'Italie, le Japon, la Nouvelle-Zélande, la Norvège, la Suède et le Royaume-Uni.*

*Le CIRC fait partie de l'OMS – Organisation mondiale de la santé – et coordonne et réalise des travaux de recherche sur les causes du cancer chez l'homme et sur les mécanismes de la cancérogenèse, et élabore des stratégies scientifiques de lutte contre le cancer.*

## **Interphone : friture sur toute la ligne**

L'étude *Interphone* n'apportera pas de réponse claire aux questions que se posent légitimement les usagers, les responsables de la santé publique et les opérateurs. On est même en droit de se demander si cette situation n'était pas prévisible avant le

commencement de l'étude et s'il était bien raisonnable de dépenser 16 millions de dollars pour un si maigre résultat.

En effet, on savait dès le départ que les risques des portables, s'ils existaient, étaient très faibles puisque les études antérieures avaient été pratiquement toutes négatives et que, malgré plus d'un milliard d'utilisateurs dans le monde, aucune pathologie n'avait significativement émergé. On avait donc besoin d'une estimation précise de l'exposition des cas et des témoins (nombre et durée des appels).

Or on savait dès 2001 que l'interrogatoire des utilisateurs sur leur consommation téléphonique, utilisé pour *Interphone*, n'est fiable ni pour la durée ni pour le nombre des appels puisque, selon les auteurs mêmes d'*Interphone* : « l'analyse de la concordance entre les données estimées en 2001 par les sujets et celles mesurées par les opérateurs montre une concordance assez médiocre ( $j = 0,34$ ) mais significative ( $p < 0,01$ ) pour les nom-

bres moyens d'appels. En revanche, il n'y a aucune concordance entre les durées réelles et les durées estimées au cours du premier entretien ( $j = 0,18$ ). [La] corrélation entre les nombres [d'appels] estimés et mesurés et plus encore celle des durées est très mauvaise »<sup>2</sup>. Encore cet interrogatoire a-t-il été conduit en juin 2001 sur les appels d'octobre 2000 à mars 2001 ; qu'en est-il pour les appels datant de plusieurs années utilisés dans *Interphone* ?

Ces incertitudes n'ont pas été prises en compte dans l'analyse statistique des données d'*Interphone*, au risque d'en fausser les résultats. Plus grave peut-être, car pratiquement impossible à quantifier, les réponses des cas et des témoins sont susceptibles de biais, les premiers ayant davantage tendance à se rappeler les expositions, comme le savent bien tous les épidémiologistes. Il était donc prévisible que les résultats, quels qu'ils soient, seraient contestables et contestés : les résultats négatifs en raison de l'imprécision des données, les résultats positifs en raison de la non prise en compte des incertitudes et des biais d'anamnèse.

Ainsi, *Interphone* se révèle un exemple de plus de l'incapacité trop fréquente de l'épidémiologie environnementale à répondre clairement sur l'existence et le niveau éventuel d'un risque hypothétique.

Conduite dans 13 pays, l'étude cas-témoins *Interphone* analyse 6 500 cas de tumeurs : 2 700 gliomes, 2 400 méningiomes, 1 100 neurinomes de l'acoustique et 400 tumeurs de la parotide. Elle bénéficie a priori d'une grande puissance statistique. La publication de ses résultats globaux a été plusieurs fois annoncée et ajournée mais les résultats partiels de sept pays, dont la France, ont été publiés. Ces résultats partiels montrent qu'une utilisation pendant dix ans par un adulte n'entraîne pas d'augmentation du risque pour les tumeurs étudiées.

Au-delà de dix ans, on retombe dans les incertitudes et les contradictions et, surtout, on est confronté aux doutes exprimés par les auteurs mêmes de l'étude quant à la signification des quelques résultats positifs : certains pensent qu'il faut les prendre en compte ; les autres pensent qu'ils sont dus à un biais de mémorisation ou aux incertitudes concernant l'exposition. Ces avis divergents expliquent le retard de la publication finale tant attendue.

Que faire maintenant ? Il faudrait tout d'abord que les auteurs d'*Interphone* acceptent de reprendre leurs calculs en prenant en compte les incertitudes qu'ils ont eux-mêmes évaluées, au lieu de se reposer sur une précision illusoire des données recueillies. Il faudrait ensuite se convaincre qu'on ne répondra à des questions aussi difficiles que celles posées par de très faibles risques hypothétiques qu'avec une estimation précise et objective des expositions, sans faire appel à la mémoire toujours incertaine. Sauf cas particulier, seules des études de cohorte, longues et très coûteuses (probablement plus qu'*Interphone* !) pourront apporter des réponses incontestables. En attendant, il faudra bien gérer les incertitudes, y compris celles léguées par *Interphone*. ■

<sup>1</sup> Martine Hours et al. « Validation des outils utilisés pour la mesure de la consommation téléphonique mobile dans l'étude Interphone en France », *Environnement, Risques & Santé*. Volume 6, Numéro 2, 101-9, Mars-Avril 2007.





# Le rapport *BioInitiative*, ou l'apparence de sérieux scientifique

*Jean-Paul Krivine*

Pour l'association *Robin des toits*, le rapport *BioInitiative* apporte « les preuves scientifiques définitives des dangers pour la santé de la téléphonie mobile »<sup>1</sup>. Son fondateur, Etienne Cendrier, ajoute même que cette dangerosité « ne fait plus aucun doute aujourd'hui pour la plupart des scientifiques [...] et à la lecture des preuves apportées [...] il s'agit de mettre en place une politique de santé publique efficace [...] afin d'éviter un scandale sanitaire imminent ».<sup>2</sup> Pour l'association *Priartem*, ce rapport est « un pavé dans la mare trop tranquille des experts officiels »<sup>3</sup>. *Next-Up*, une autre association active dans le domaine<sup>4</sup>, relaie sur son site Internet une pétition internationale en « soutien aux recommandations du rapport *BioInitiative* » affirmant que « les preuves actuelles, bien que limitées, sont suffisamment solides pour remettre en cause la base scientifique des limites actuelles d'exposition aux REM ». Ce rapport a d'ailleurs été l'un des éléments importants de l'accusation lors d'un récent procès impliquant un des opérateurs de téléphonie mobile.

## Le rapport

On le voit, *BioInitiative* est la pierre angulaire de l'« argumentation scientifique » des associations dénonçant pêle-mêle un scandale sanitaire à venir, la non-indépendance des agences gouvernementales d'expertise et la non-adéquation des normes de protection. Le texte a été publié sur Internet le 31 août 2007<sup>5</sup>. Il se présente sous la forme d'un volumineux rapport de 610 pages, organisé en 21 sections, et coédité par David Carpenter, Directeur de l'Institute for Health and the Environment de l'Université d'Albany (New York), et Mme Cindy Sage, propriétaire de *Sage EMF Design* une division de *Sage Associates*, entreprise de consultance localisée en Californie.

Un « résumé des conclusions pour le public » rédigé par Madame Cindy Sage ouvre le rapport, suivi de quelques sections « de synthèse », en général rédigées par la même Cindy Sage, seule ou en collaboration avec son coéditeur, le Dr David Carpenter. Viennent ensuite des articles indépen-

<sup>1</sup> <http://www.robindestoits.org>

<sup>2</sup> Etienne Cendrier, *Et si la téléphonie mobile devenait un scandale sanitaire ?*, Éditions du Rocher 2008, page 40.

<sup>3</sup> *Priartem* : <http://www.priartem.fr/Le-rapport-BioInitiative-Un-pave.html>

<sup>4</sup> *Next-up* se présente comme « une Organisation Non Gouvernementale (ONG) concourant à la Défense de l'Environnement Naturel, contre les irradiations des Champs électromagnétiques ». [www.next-up.org](http://www.next-up.org)

<sup>5</sup> <http://bioinitiative.org>, *BioInitiative : A rationale for a biologically-based exposure standard for electromagnetic radiation*.

dants écrits par un groupe d'auteurs des USA, d'Europe (Suède, Danemark, Grande-Bretagne) et de Chine (au total, 14 contributeurs).

Le rapport porte à la fois sur les champs électromagnétiques de très basse fréquence (50-60 Hz) et sur ceux associés aux radiofréquences comme celles utilisées dans la téléphonie mobile. Les principales conclusions peuvent se résumer ainsi : les effets biologiques négatifs des champs électromagnétiques sont avérés, avec plus ou moins d'incertitudes selon les cas, les normes actuelles d'exposition aux rayonnements électromagnétiques sont inadaptées et doivent être révisées à la baisse, d'autres effets biologiques (autres que les effets thermiques actuellement retenus) doivent être pris en compte.

## Une apparence d'« expertise collective »

Présenté comme tel par les ONG qui s'en font l'écho, le rapport *BioInitiative* n'a en réalité rien d'une expertise collective. L'expertise collective est une procédure d'évaluation des connaissances scientifiques initiée en France par l'INSERM en 1993 qui vise à s'appuyer sur les compétences d'un réseau regroupant de nombreuses équipes de recherche travaillant dans les champs de la biologie, de la médecine et de la santé afin d'analyser l'ensemble de la littérature disponible sur un sujet, et de dégager un état de la connaissance et de ses incertitudes dans un domaine donné. Dans ce modèle, les experts impliqués rédigent un rapport ou une évaluation. Le texte fait l'objet d'une approbation collective, mentionnant le cas échéant les positions minoritaires.

Rien de tel dans le rapport *BioInitiative*. Chacune des sections est signée de ses auteurs, et comme le rappelle la préface, « *les informations et conclusions de chacun des chapitres sont sous la seule responsabilité de leurs auteurs* ». Aucune information n'est donnée sur la méthode de travail, ni même si un quelconque travail collectif a été organisé. Tel est en particulier le cas des conclusions du rapport (signées de Cindy Sage et du Docteur David Carpentier) et du résumé pour le public (signé de Cindy Sage). Les différents chapitres reflètent les opinions ou convictions personnelles de leurs auteurs, souvent sans réelle confrontation avec les données scientifiques disponibles.

Ainsi, le chapitre traitant de l'influence des champs électromagnétiques sur les cancers du sein (rédigé par Cindy Sage) se résume pour l'essentiel à une simple liste de références<sup>6</sup>, incluant de nombreux « abstracts » de congrès, des textes non soumis à revue à comité de lecture, sans analyse, mélangeant les études *in vitro* et *in vivo* et des études épidémiologiques (incidence et mortalité). Mais permettant néanmoins, pour l'auteur, de conclure que « *la constellation de textes scientifiques fournissent des preuves concordantes d'une association entre cancers du sein et champs électromagnétiques de basse fréquence* ».

<sup>6</sup> Sur les 8 pages du chapitre, une demi-page est consacrée à une introduction, une autre à la conclusion, les 7 autres à la liste de références, donnée sans analyse.

## L'analyse de grandes institutions

La médiatisation du rapport a conduit plusieurs grandes institutions scientifiques à se pencher sur son contenu. En France, l'AFSSET<sup>7</sup> devrait rendre public son avis dans les semaines à venir.

Le réseau *EMF-Net*, programme européen de recherche et de développement technologique<sup>8</sup>, après avoir relevé les termes alarmistes et émotionnels du rapport, « *sans base scientifique provenant d'une recherche bien conduite* », souligne qu'« *aucune mention n'est faite des rapports qui ne concordent pas avec les déclarations et les conclusions des auteurs* » et que « *les résultats et les conclusions sont très différents de ceux de revues nationales et internationales de ce sujet* »<sup>9</sup>.

Pour le *Danish National Board of Health*<sup>10</sup>, le rapport *BioInitiative* n'apporte aucune raison de changer l'évaluation actuelle du risque pour la santé de l'exposition aux champs électromagnétiques, ne comporte pas de nouvelles données, et n'a pas pris en considération de la manière habituelle la qualité scientifique des travaux cités.

L'Office Fédéral Allemand de Radioprotection indique dans son analyse<sup>11</sup> que « *le rapport BioInitiative a des faiblesses scientifiques claires, y compris un biais de sélection dans plusieurs domaines de recherche* ».

Le Conseil de Santé des Pays-Bas<sup>12</sup>, en réponse à une demande du Ministère du Logement, de l'Aménagement et de l'Environnement, exprime lui aussi de très sérieuses réserves sur la méthode suivie pour la préparation du rapport : « *le rapport BioInitiative n'est pas un reflet objectif et équilibré de l'état actuel de la connaissance scientifique, en conséquence, il n'apporte aucune base pour réviser les points de vue actuels sur les risques liés à l'exposition aux champs électromagnétiques* ». Au passage, le Conseil de Santé des Pays-Bas relève quelques erreurs flagrantes, approximations ou non-sens, comme par exemple le fait que ce serait « *l'information transportée par les champs électromagnétiques (et non la chaleur) qui [serait] à l'origine des effets biologiques, certains de ces effets conduisant à une perte de bien-être, la maladie, et même la mort* »<sup>13</sup>. Or, selon le Conseil, pour les champs basse-fréquence (liés aux usages de l'électricité), aucune information n'est transportée, et de plus, aucun échauffement n'intervient. Pour les champs aux fréquences radio, l'information est transportée par modulation, et si certaines études expérimentales semblent indiquer que des effets bio-

<sup>7</sup> Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail.

<sup>8</sup> EMF-Net est un programme de recherche financé par la commission européenne et portant sur l'étude des effets biologiques de l'exposition aux champs électromagnétiques. Il regroupe plus d'une quarantaine d'organismes, publics et privés, issus de 13 pays de l'Union européenne. <http://web.jrc.ec.europa.eu/emf-net/index.cfm>

<sup>9</sup> <http://www.izmf.de/download/archiv/EMF-Net-Bioinitiative-608.pdf>, 30 octobre 2007.

<sup>10</sup> [http://www.sst.dk/upload/forebyggelse/cff/miljoemedicin/ikke\\_ion/bioinitiative\\_4okt07.pdf](http://www.sst.dk/upload/forebyggelse/cff/miljoemedicin/ikke_ion/bioinitiative_4okt07.pdf)

<sup>11</sup> [http://www.emf-](http://www.emf-forschungsprogramm.de/int_forschung/wirk_mensch_tier/Synopse_EMFStudien_2008.pdf)

[forschungsprogramm.de/int\\_forschung/wirk\\_mensch\\_tier/Synopse\\_EMFStudien\\_2008.pdf](http://www.emf-forschungsprogramm.de/int_forschung/wirk_mensch_tier/Synopse_EMFStudien_2008.pdf)

<sup>12</sup> 2 septembre 2008. <http://www.gr.nl/pdf.php?ID=1743&p=1>

<sup>13</sup> Page 6 du rapport, « résumé des conclusions pour le public », Cindy Sage.

logiques pourraient intervenir dans le cas de l'exposition à un signal modulé, il n'existe à ce jour aucune base scientifique pour affirmer que ces effets puissent conduire à des conséquences sanitaires<sup>14</sup>.

## Conflit d'intérêts autour de *BioInitiative* : le silence des lanceurs d'alerte



Cindy Sage, co-éditrice et principale rédactrice du rapport *BioInitiative*, est également gérante d'un cabinet de consultants spécialisé dans les domaines de la protection contre les champs électromagnétiques.

Les « lanceurs d'alertes », comme ils se proclament eux-mêmes, s'en prennent souvent de façon particulièrement virulente au service public de l'expertise scientifique et aux instituts scientifiques dont les résultats n'abondent pas dans leur sens. Ces organismes sont accusés de partialité, de non-indépendance vis-à-vis des lobbies industriels, d'avoir des conflits d'intérêts, d'incompétence.

Il est alors curieux de constater le silence qui entoure un conflit d'intérêts avéré autour de *BioInitiative* de la part de ceux qui, justement, encensent le rapport. Le réseau scientifique *EMF-net* cité plus haut relève qu'il n'est mentionné nulle part « *qui a initié l'étude, qui finance le travail, pas plus que les éventuels conflits d'intérêt* »<sup>15</sup>.

Et justement, concernant la principale éditrice du rapport, auteur de six chapitres entiers, et co-auteur d'un septième, aucun des « lanceurs d'alertes » ne relève que Cindy Sage est propriétaire d'un cabinet de consultants<sup>16</sup> (*Sage EMF Design*, une division de *Sage Associate*) spécialisé dans l'étude des environnements électromagnétiques, et qui propose des solutions pour « caractériser ou atténuer » les impacts des champs électromagnétiques. Ses clients sont, entre autres, les services professionnels des collectivités locales. Mais *Sage EMF Design* offre également la location de EMF EMDEX, un petit appareil de mesure des champs électromagnétiques à utiliser au bureau ou chez soi. Des interventions sur place sont proposées pour remédier à des champs trop élevés. Enfin, *Sage EMF Design* travaille en collaboration avec des architectes pour concevoir et réaliser des maisons à « bas champs électromagnétiques ».

Bien entendu, *BioInitiative* doit être jugé d'abord sur son contenu, et non pas sur le conflit d'intérêts évident entre sa principale initiatrice et rédactrice. Et de ce point de vue, nous l'avons montré, le rapport est loin d'être la « preuve incontestable » proclamée par certains. ■

<sup>14</sup> L'analyse du Conseil de Santé des Pays-Bas souligne également la confusion faite entre effet biologique et dommages sanitaires, lorsque le rapport *BioInitiative* recommande que tout effet des champs électromagnétiques sur les systèmes biologiques doive être évité.

<sup>15</sup> Ibid. note n°9.

<sup>16</sup> <http://www.sageassociates.net>



# Les étiquettes intelligentes à radiofréquence (RFID)

*Jean-Claude Debouzy, David Crouzier et Anne Perrin*

**Jean-Claude Debouzy** est médecin en chef au Centre de Recherches du Service de Santé des Armées (CRSSA – Département de Radiobiologie).



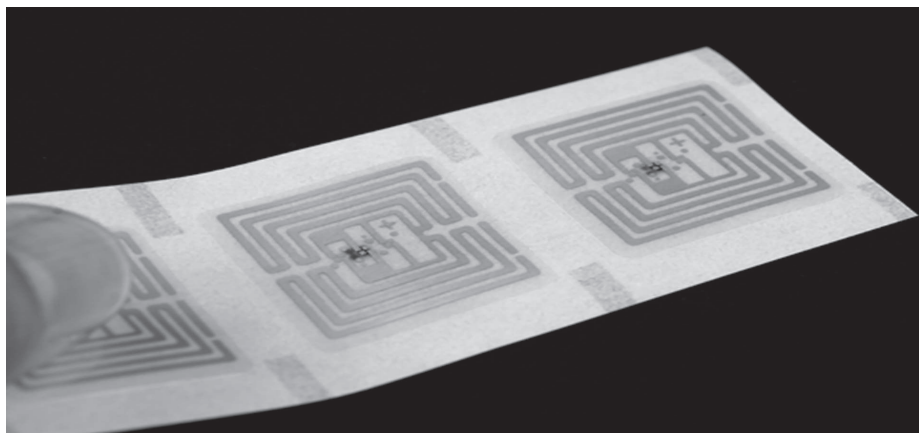
**David Crouzier et Anne Perrin** sont chercheurs dans le domaine des rayonnements non ionisants au CRSSA

## Qu'est-ce qu'un système RFID ?

Les systèmes d'identification par radiofréquences (RFID, pour Radio Fréquence IDentification) sont également appelées « étiquettes intelligentes à radiofréquence ». Il s'agit d'une technologie d'identification et de traçage à l'aide d'une étiquette et d'un lecteur comme pour les codes barres. Contrairement à ces derniers qui doivent être placés dans l'axe d'un laser, la lecture ne nécessite que la présence de l'étiquette dans un champ électromagnétique.

L'ensemble fonctionnel comprend l'émetteur RFID proprement dit et les étiquettes (appelées également

TAG). Ce système plus résistant que les codes-barres est facilement intégrable et présente une capacité de stockage supérieure. Son contenu peut être modifié et il peut intégrer un système de géolocalisation. Il y a plusieurs catégories de TAG : actifs, c'est-à-dire capables d'émettre des signaux pour envoyer des informations, et passifs, qui nécessitent obligatoirement un lecteur pour accéder aux données.

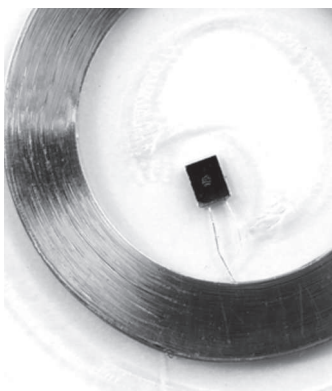


## Les émetteurs radiofréquences

L'émetteur radiofréquence est le dispositif de lecture. Les bandes de fréquences se répartissent essentiellement en quatre groupes<sup>1</sup> (voir encadré).

Fréquence	Portée	Exemples d'applications	réception
<b>BF (125-140kHz)</b>	>1m	Instrumentation	Bobine
<b>HF (13.56MHz)</b>	1m (0.8m USA)	Marquages textiles Instrumentation, Kits opératoires Item <i>taging</i> (médicaments) Identification de patients Puces de marquage d'animaux	Boucle
<b>UHF (400-900MHz)</b>	USA : 1-10m ; limitations en puissance en Europe	Colis, palettes	Boucle
<b>SHF (2,45, 4.8 et 5.8GHz)</b>	<0,5m en Europe (sauf dérogation >1m aux USA) ; théoriquement plus de 10 m	Identification de patients, Télépéages,	Antenne

## Les étiquettes (TAG)



Outre un circuit imprimé, les étiquettes comprennent une antenne (généralement enroulée pour gain de place), de la mémoire accessible en lecture seule ou en lecture/écriture (EPROM). Comme il n'est pas nécessaire que l'étiquette soit visible, celle-ci peut être fixée (collée, insérée) dans un objet, à l'intérieur de matériaux ou même d'êtres vivants.

Selon qu'elles possèdent ou non un système d'alimentation, les étiquettes sont dites actives ou passives. Elles peuvent être réparties en 5 classes en fonction de leurs performances :

	Type	Système	Utilisation type
<b>Classe 0</b>	passive	Préprogrammé	Anti-vol : code d'identification d'items
<b>Classe I</b>	passive	Programmable une fois : WORM (write once read many)	Portique d'identification (accès)
<b>Classe II</b>	passive/ active	Modifiable	Mini base de données
<b>Classe III</b>	semi-passive	Transfert permanent d'informations sur sollicitation du lecteur RFID	Couplées à des capteurs
<b>Classe IV</b>	active	Communication entre étiquettes	Télépéage des autoroutes Contrôle des entrées-sorties de véhicules.
<b>Classe V</b>	active	Peut communiquer avec les autres systèmes : lecture, réception et transmission	

<sup>1</sup> Comité international ISO SC31, CN31 France.



## Les applications

Les progrès technologiques considérables des systèmes RFID (par exemple dans la taille des étiquettes, du grain de sable au portique) ont permis une grande diversification des applications. Les utilisations principales couvrent des domaines aussi divers que la gestion de stocks, les anti-vols de voiture, le marquage et la surveillance d'animaux, les contrôles d'accès, les modes de paiement et de magasinage. D'autres se développent comme le contrôle des bagages, la gestion de bibliothèques et librairies, l'authentification de documents de passeports et permis d'accès, le suivi de palettes et conteneurs industriels ou d'objets précieux, ou encore le contrôle des détenus en liberté conditionnelle.

Les applications en milieu hospitalier tiennent une place particulière et concernent la surveillance des patients, tant pour leurs déplacements et leurs paramètres biologiques que le suivi des équipements médicaux et des traitements.

### Exposition au champ émis par les RFID

Le niveau d'exposition du public est souvent inconnu mais faible (100mW-2W, sauf cas particulier comme des systèmes de surveillance d'animaux, par exemple). Il s'agit de passages brefs dans le champ : entrées de lieux publics, péages autoroutiers...

Le niveau d'exposition du personnel affecté à la tâche, de durée plus importante (personnel de caisse, magasiniers, employés aux péages autoroutiers, stations essence, personnel soignant...) est moins bien connu, mais peut être déduit de critères physiques (fréquence, puissance, durée...) comme pour les autres sources de rayonnements électromagnétiques. Les effets biologiques pris en compte et les critères de protection ont été établis en fonction des restrictions de base proposées par l'ICNIRP<sup>2</sup> pour les bandes de fréquences utilisées :

- Jusqu'à 100kHz, il s'agit des champs et courants pouvant entraîner la stimulation de tissus excitables (systèmes nerveux et muscles).
- Au dessus de 10MHz, l'absorption des radiofréquences devient prédominante et l'échauffement le mécanisme essentiel.
- Entre les deux, divers mécanismes ont été proposés, mais aucun d'eux n'est en contradiction avec les restrictions de base proposées par l'ICNIRP.

Mais des problèmes d'interférences avec les appareillages médicaux (défibrillateurs, pompes à perfusion, stimulateurs cardiaques...) peuvent survenir et provoquer un dysfonctionnement de l'implant, essentiellement lors de stationnement prolongé dans des systèmes RFID de sécurité tels que les portiques.

<sup>2</sup> Pour l'Europe, c'est l'ICNIRP (Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants) qui définit les restrictions de base servant à établir les recommandations et les directives Européennes en matière de champs électromagnétiques, elles-mêmes reprises dans chaque pays pour l'élaboration de décrets visant à appliquer la réglementation de façon pratique.

## Questions technologiques et sociologiques

Les puces RFID soulèvent bien d'autres questions qui ne sont pas abordées ici : le problème du respect de la vie privée et la nécessité d'informer le consommateur de la présence du marqueur, la sécurité de certains systèmes vis-à-vis du piratage, la fiabilité qui diminue fortement en présence d'un grand nombre de marqueurs, les interférences (tag anticollision à l'étude), la perte de signal par la présence de métal ou d'eau.

### Conclusion



Aujourd'hui, ce moyen d'identification est en plein essor. Certaines applications bien maîtrisées sont déjà très répandues et concernent différents domaines allant de la télédétection (identification d'animaux, etc.) aux transactions de la vie courante (cartes bancaires, titres de transport en commun, etc.) et à la traçabilité des produits et des marchandises. En l'état actuel des connaissances, l'existence d'un risque sanitaire lié à l'exposition des champs électromagnétiques ne peut être établi pour la population générale ; en tout état de cause, il n'existe aucune spécificité des RFID par rapport aux sources opérant aux mêmes fréquences et aux mêmes niveaux d'exposition.

À la demande de l'association France Nature Environnement, une expertise collective a été réalisée par l'Afsset pour évaluer les impacts éventuels des technologies RFID sur la santé humaine. La publication de ses conclusions début 2009 précise qu'en l'état actuel des connaissances, l'existence d'un risque sanitaire lié à l'exposition des champs électromagnétiques RFID ne peut être établi, sous réserve de poursuivre l'évaluation, en particulier dans le cadre de l'exposition professionnelle (voir encadré). ■

## L'avis de l'AFSSET

L'AFSSET vient de rendre public<sup>1</sup> un avis relatif aux impacts sanitaires des RFID (2 février 2009). En voici les principaux éléments.

*« Dans la grande majorité des cas, les étiquettes sont dites “passives”, c'est-à-dire qu'elles ne possèdent pas en propre d'émetteur radiofréquence. Elles utilisent l'énergie électromagnétique transmise par l'interrogateur pour réémettre l'information contenue dans la puce. Les étiquettes ne sont donc pas, la plupart du temps, les sources principales d'émission de champ électromagnétique dans les dispositifs RFID, au contraire des interrogateurs ».*

Concernant les champs électromagnétiques, l'AFSSET relève que *« les systèmes RFID engendrent la plupart du temps une exposition très faible des personnes [...] en comparaison d'autres sources, comme par exemple l'usage d'un téléphone mobile ».*

Pour les professionnels, et bien que l'exposition professionnelle, soit toujours inférieure aux valeurs limites, elle peut être non négligeable, malgré une grande variabilité des situations. L'agence recommande donc logiquement de concentrer les recherches sur ce type d'expositions à fonctionnement continu *« qui représentent les scénarios d'exposition identifiés les plus défavorables ».*

L'agence souligne également le faible nombre de recherches spécifiques aux RFID, les rapports de synthèse internationaux traitent des effets sur la santé des champs électromagnétiques en général et *« ne rapportent que de manière extrêmement succincte des spécificités liées aux technologies RFID ».* Elle recommande également une recherche et identification des possibles incompatibilités électromagnétiques avec des dispositifs actifs médicaux implantés.

Concernant le risque sanitaire, l'AFSSET indique que *« l'étude de la littérature, ainsi que les résultats des campagnes de mesure, ne permettent pas, à ce jour, d'établir l'existence d'un risque sanitaire lié à l'exposition aux champs électromagnétiques émis par des systèmes RFID ».*

Les secteurs étant en croissance très rapide, et le nombre d'étiquettes étant appelé à croître très vite, l'Agence soulève la question de leur recyclage. Elle ne se prononce pas sur les questions relatives à la préservation de la vie privée (hors de son champ et de sa mission). Enfin, elle recommande de *« s'intéresser aux effets psychologiques potentiels liés au développement de ces technologies d'identification et de traçabilité, notamment dans le cas des puces RFID implantables dans le corps humain, si cela devait se développer en France ».*

J.-P. K.

<sup>1</sup> [http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/630148019705674025035610854841/Avis\\_RFID\\_260109.pdf](http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/630148019705674025035610854841/Avis_RFID_260109.pdf)

# Les feux de Moirans-en-Montagne ou l'expertise en situation de crise



*Marc Poumadère*

**Marc Poumadère** est directeur de programme à l'Institut Symlog, Paris. Ses travaux portent sur les modalités théoriques et pratiques de la gouvernance des risques<sup>1</sup>.



L'enfouissement d'une ligne électrique présente plusieurs avantages et repose sur une technologie maîtrisée, cependant que la mise en œuvre concrète de cette option dans un contexte précis peut conduire à des effets inattendus. Ainsi la survenue d'une série d'incendies inexplicables dans la ville de Moirans-en-Montagne, où une ligne de 20 000 volts avait été enfouie six mois auparavant, a contribué à générer une situation inédite en bien des points et éclairant d'un jour nouveau le rapport psychologique et social à une technologie. L'exposition de la population locale aux conséquences destructrices des incendies, à la menace de survenue de nouveaux sinistres ainsi qu'à l'incertitude quant à leur origine, le tout sous une attention médiatique soutenue, a créé une situation de crise au sein de laquelle la mobilisation de plusieurs niveaux d'expertise paraît avoir joué un rôle central.

## Des incendies inexplicables

Entre le mois de novembre 1995 et celui de février 1996, Moirans-en-Montagne, une petite ville de 2 200 habitants du Jura surtout connue pour son industrie du jouet, se trouve confrontée à un phénomène inexplicable. Pendant cette période, plus d'une douzaine d'incendies d'habitations paraissent se déclarer spontanément. Un incendie aura une conséquence dramatique : un pompier et une résidente y perdront la vie le 20 janvier 1996. Plusieurs des incendies sont apparus le long d'une même rue, et les pompiers sont intrigués par l'absence de signes habituels permettant de déterminer la cause des départs de feu. D'autres caractéristiques s'avèrent surprenantes : les flammes semblent atypiques, de forme et de couleur étranges, progressant par vagues, se propageant vers le plafond comme s'il s'agissait de gaz en combustion. De hautes températures sont évoquées pour expliquer des impacts inattendus sur les vestes en cuir des pompiers, ou sur leurs casques en Kevlar prévus pourtant pour être résistants. À la suite de l'incendie aux fatales conséquences, la décision est prise de fermer la rue des Cares où sont apparus plusieurs feux. L'eau paraissant inopé-

<sup>1</sup> Poumadère, M. & Mays, C. (2003) « The dynamics of risk amplification and attenuation in context: A French case study. » In *Risk Communication and social amplification of risk*, dir. N. Pidgeon, R. Kasperson et P. Slovic, Cambridge: Cambridge University Press.

rante contre ces feux inhabituels, il est prévu de garder disponible une poudre spéciale pour lutter contre de nouveaux incendies. Un état d'alerte permanent est instauré, permettant aux pompiers d'être sur site dans les trois minutes suivant un appel. Pour éviter d'augmenter le stress de la population, les pompiers cessent d'utiliser leurs sirènes quand ils sont appelés à intervenir, parfois plusieurs fois par jour et à de brefs intervalles. Outre la mobilisation de la municipalité et des pouvoirs publics, cette situation hors du commun attire l'attention des médias, d'abord au niveau régional puis national. D'importantes ressources d'expertise seront également présentes sur le terrain, en lien notamment avec une ligne à haute tension récemment enfouie.

## Une ligne à haute tension enfouie

Pendant l'été 1995, soit quelque six mois avant le début de la série d'incendies, une ligne à haute tension de 20 000 volts est enfouie à environ vingt mètres de la rue des Cares. Cette option technologique est justifiée par le fait que l'industrie locale du jouet requiert un important approvisionnement en énergie électrique. La ligne électrique enfouie s'inscrit donc dans la continuité socio-économique du contexte : l'industrie du jouet et ses besoins en énergie électrique sont des enjeux familiers pour la population locale où chacun connaît quelqu'un qui travaille dans l'une des entreprises concernées. Ces éléments permettent d'expliquer l'accueil apparemment favorable réservé par les habitants à cette option technologique, et il n'a pas été fait état d'une opposition explicite ou organisée lors de l'enfouissement de la ligne. Cet accommodement local a lieu alors que les champs électromagnétiques occasionnés par les lignes à haute tension sont depuis longtemps l'objet d'études de risques. Dès la fin des années 1970, plusieurs études épidémiologiques ont trouvé des associations entre l'exposition à



des champs électromagnétiques et des effets sur la santé, dont la leucémie chez l'enfant et le cancer du cerveau chez l'adulte, cependant que les experts ne peuvent s'accorder à déterminer si cette association est causale et, si elle l'est, dans quelle mesure. Comment cette incertitude a pu faire écho parmi les préoccupations de la population locale demanderait à être étudié plus avant. Ce qui est certain, c'est que très rapidement face aux feux inexplicables, l'attention s'est portée vers la ligne enfouie qui s'est alors trouvée au centre de différentes formes d'expertise.

## **La mobilisation de plusieurs niveaux d'expertise**

Une enquête judiciaire est ouverte pour rechercher les causes de la mort des deux victimes de l'incendie du 20 janvier. S'appuyant sur l'absence de traces de magnésium ou d'un autre accélérateur, les experts concluent que l'incendie n'est pas d'origine criminelle. Cette conclusion était presque attendue : la nouvelle ligne enfouie et les caractéristiques atypiques des feux avec les effets qu'ils produisent font penser qu'un phénomène électrique est impliqué. Le maire demande qu'EDF prenne le problème en main, et des capteurs sont placés le long du réseau souterrain. Les mesures ne révélant aucune défaillance technique, le représentant régional d'EDF confirme que, contrairement aux rumeurs, la série de feux n'est pas liée aux travaux réalisés l'année précédente dans la ville, et que l'enfouissement de la ligne améliore la sécurité tout en préservant l'environnement. Il indique que d'autres causes doivent être explorées : les champs magnétiques ou hautes fréquences associés à la machinerie industrielle locale. Les hautes fréquences émises par une source proche de Moirans ou dans la ville pourraient produire un arc électrique avec les structures métalliques des maisons. Les hautes fréquences étant hors du domaine d'EDF, il est fait appel à TDF pour réaliser les mesures. À titre de prudence, et pour rassurer les résidents, EDF coupe le quartier du réseau électrique et installe un groupe électrogène. Le maire déclare qu'une approche scientifique et raisonnable est nécessaire, qu'il convient de rester ouvert à toutes les hypothèses et à toutes les compétences. Avec TDF, plusieurs organisations publiques sont sollicitées pour fournir des experts : France Telecom, le CNET, le CEA (l'hypothèse de matière radioactive sera rapidement éliminée), l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg (pour rechercher des signes d'activité sismique), la DRIRE (qui inspectera la machinerie industrielle). Un chercheur du CNRS vient de son propre chef pour vérifier sa théorie selon laquelle les feux seraient dus à de l'hydrogène ionisé libéré par des failles en mouvement. D'autres hypothèses sont produites également : des gaz provenant des marais ; des souris grignotant les câbles électriques ; des revenants, victimes d'un peloton d'exécution lors de la deuxième guerre mondiale, ou morts lors de la guerre de Trente Ans. Refusant la venue d'un exorciste, le prêtre de la ville déclare faire confiance à la science pour trouver les explications. Quant aux gendarmes, ils s'en tiennent à leur domaine d'expertise et, ayant poursuivi leur enquête, l'arrestation du pyromane responsable des incendies est annoncée le 6 février.



## Discussion

Quelles leçons tirer de ce qui s'est passé à Moirans-en-Montagne ? Le premier élément à considérer est que l'acceptation d'une technologie peut s'accompagner d'ambivalence et, si elles existent, les préoccupations trouveront un mode d'expression sous une forme ou une autre. La série d'incendies inexpliqués a ainsi libéré l'expression des interrogations et craintes associées à la ligne enfouie et jusqu'alors contenues. D'ordinaire sans rapport avec les champs électromagnétiques, divers signes et phénomènes parfois en résonance avec l'histoire et les légendes locales, ont été assemblés pour tenter de donner sens à une expérience qui s'en trouvait temporairement dépourvue. La gestion de cette situation particulièrement éprouvante pour les acteurs impliqués a été exemplaire à bien des égards. L'ouverture et la détermination montrées par le maire pour prendre en compte les différents niveaux d'expertises et les hypothèses s'y rapportant ont permis d'engager une recherche collective d'explications en situation d'incertitude et de menace. L'expertise dans cette situation de crise paraît correspondre à une double rationalité : rationalité scientifique et procédurale pour établir des faits, rationalité sociale en se montrant *de facto* sensible aux préoccupations de la population et à la nécessaire recherche de sens. Plus généralement et dans une perspective de gouvernance des risques, il pourrait être utile de mieux connaître la fonction sociale de l'expertise en situation de crise, ou quand une technologie fait l'objet de controverses comme aujourd'hui les radiofréquences. Le cas d'une problématique actuellement peu médiatisée mais pouvant un jour donner matière à une information scientifique<sup>2</sup> pourrait également se poser en ces termes. ■

<sup>2</sup> Par exemple, l'information se rapportant à l'effet Hormesis pourrait concerner aussi bien la santé publique, la sûreté industrielle que la communication des risques, voir : Poumadère, M. (2003) « Hormesis : Public health policy, organizational safety, and risk communication ». *Journal of Human and Experimental Toxicology*, Vol.22, pp 39-41.

### Des champs électromagnétiques aux dangers avérés : les rayonnements ultraviolets



Sur la vaste étendue des rayonnements électromagnétiques, le rayonnement ultraviolet est proche des rayonnements X et  $\gamma$  et bien loin des fréquences radars, radios, et des basses fréquences. L'énergie transportée par ce rayonnement sans support matériel et émis naturellement à partir du soleil représente un danger souvent mal connu.

**Les rayonnements ultraviolets : amis et ennemis invisibles** : la nature des UV, actions sur le vivant, inégalités génétiques face aux UV, idées reçues... Un article de **Jean-Pierre Césarini** à lire dans le prochain numéro de *Science et pseudo-sciences* (Juillet 2009).

# Ondes et croyances paranormales



Henri Brugère



Le domaine des ondes électromagnétiques est continuellement l'objet de conflits où s'opposent des données matérielles, résultant des réelles acquisitions de la physique, et des conceptions évoquant la radio-électricité, mais non validées, qui relèvent soit de pseudosciences ancrées quelquefois solidement dans les esprits, soit de doctrines étroitement associées à leur créateur, comme Anton Mesmer, Alfred Bovis, ou Yves Rocard. C'est pourquoi depuis déjà des siècles, et sans doute pour encore longtemps, la physique de l'électromagnétisme est le terrain de l'affrontement d'une vision scientifique et d'une vision ésotérique du monde, ou,

en le disant autrement, de l'affrontement entre la matière et l'esprit (ou les esprits). Vis-à-vis du monde vivant et des sciences médicales, l'affrontement se prolonge entre les acquis de la biologie moderne qui, en cohérence avec la physique et la chimie, relèvent d'une interprétation matérialiste validée par l'expérience et les prétentions des théories vitalistes<sup>1</sup> qui n'existent que dans la tête de leur créateur et de ceux qu'ils sont parvenus à convaincre.

Au centre de pratiquement toutes les démarches ésotériques on trouve en effet les concepts d'« ondes » et de « magnétisme », entités dans lesquelles le physicien ne reconnaît pas les phénomènes qui, dans sa discipline, portent le même nom. De ce fait, l'interprétation qui est faite des phénomènes physiques ou biologiques par les tenants des doctrines ésotériques ne peut être acceptée par les physiciens et les biologistes, ce qui est une source permanente de désaccord. Mais un tel terrain de mésentente est aussi particulièrement fertile au développement de véritables escroqueries intellectuelles, dont une, la géobiologie, a déjà fait l'objet d'un article dans *Science et pseudo-sciences*<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> « Au sens large, toute doctrine admettant que les phénomènes de la vie possèdent des caractéristiques *sui generis*, par lesquels ils diffèrent radicalement des phénomènes physiques et chimiques, et manifestent ainsi l'existence d'une "force vitale" irréductible aux forces de la matière inerte. » – *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, André Lalande, Quadrige/Puf.

<sup>2</sup> « La géobiologie, une pseudo-science en expansion », Henri Brugère, *SPS*, n° 277, mai 2007, pages 20-28.

## Pas de pseudo-science sans ondes !

Les ondes sont une nécessité pratiquement absolue pour expliquer les croyances les plus farfelues. Généralement, les pseudosciences couvrent des mécanismes imaginaires permettant d'expliquer qu'une action donnée produira un effet (les termes « action » et « effet » ne désignent pas obligatoirement des faits réels !). Comment expliquer, par exemple que d'imposer les mains sur une région corporelle aurait un effet bénéfique sur une maladie intercurrente ? Ce sont « forcément » des ondes et celles-ci sont magnétiques puisqu'elles viennent de la main. [« Manier », « magnétique » sont souvent rapportés à la même étymologie]. Comment expliquer que la personnalité d'un bébé qui vient au monde serait déterminée par la position des astres au moment de sa naissance ? Il y a « forcément » des ondes puisqu'il n'y a pas de lien matériel entre les planètes et ce nouveau-né. On pourrait ainsi évoquer à l'infini toutes les prétentions ésotériques pour trouver finalement que le recours à ce lien miraculeux que sont les ondes est systématique. Dans leur enquête (1982) sur les parasciences, Boy et Michelat [1] soulignaient qu'en tête des croyances au paranormal on trouve « *les phénomènes qui supposent des effets de magnétisme (baguette de coudrier, pendule, magnétisme personnel)* »<sup>3</sup>. Dans certaines pseudosciences, le cerveau humain est considéré comme la source d'ondes, ce qui justifierait la croyance en la transmission de pensée entre personnes éloignées éventuellement de milliers de kilomètres. Une modalité dérivée est la projection mentale qui est associée au rite du radiesthésiste, et lui permettrait d'opérer sur une photo, une mèche de cheveux, une carte IGN, etc.

## Avec les ondes, tout vibre

L'omniprésence et l'omnipotence des ondes trouvent une explication impareable : « dans l'univers tout vibre », et en particulier en biologie, les êtres vivants (y compris les humains), sont animés de telles vibrations. Le contester est périlleux, car il existe effectivement des phénomènes biologiques électriques et magnétiques qui se traduisent par des potentiels de forme oscillante. Cependant ces derniers sont tous susceptibles d'être enregistrés, mesurés, caractérisés en termes de nature (électrique ou magnétique), de fréquence, d'amplitude et de donner lieu à des applications, par exemple au diagnostic médical. La vision ésotérique est notablement différente. Ainsi [5], l'homme serait entouré d'un « biochamp » qui « *forme autour du corps une série de couches successives qui s'emboîtent les unes dans les autres à la manière de poupées russes...* ». Le « biochamp » serait capable d'entrer en contact « *par résonance avec de très nombreux signaux traversant son espace d'appréhension et de captage...* » (sic). Le « *biochamp se dilate dans un milieu propice à la vie et se contracte sous l'influence de pollutions [...]. La contraction-dilatation [...] permet de mesurer la nocivité ou la positivité des influences extérieures telles que celles exercées par le réseau électrique, les sources électromagnétiques, l'influence tellurique, les*

<sup>3</sup> Les enquêtes qui ont suivi confirment régulièrement ce constat. Voir « Les croyances au paranormal en chiffres », SPS n°284, Janvier 2009.

*ondes de forme* ». Quand on croit à cela sans analyse critique, on est mûr pour croire aussi à tout ce qui peut être déversé comme information sur les bénéfiques, comme sur les maléfiques, des authentiques ondes électromagnétiques. « Mélangez le faux avec le vrai, il y aura toujours un bénéfice à en tirer », tel pourrait être le premier commandement de la tromperie !

Au cœur de la conception selon laquelle des (vrais) champs électromagnétiques interagissent avec la matière vivante, se trouve la notion parfaitement valide de la résonance. Elle a d'ailleurs été à l'origine d'hypothèses de travail pour plusieurs équipes de biologistes, conduisant à ce qui a été longtemps un objet de débat, le mécanisme physique connu sous le nom de « résonance – cyclotron ». Selon ce mécanisme, la combinaison d'un champ continu (le champ magnétique terrestre) et d'un champ électrique et magnétique de basse fréquence imposerait aux ions actifs biologiquement un trajet spiralé qui les conduirait à franchir les canaux ioniques de la membrane cellulaire. Dans les théories « vitalistes », qui doivent beaucoup à Georges Lakhovsky, la cible est la cellule qui est le résonateur de base et, à l'intérieur de la cellule, le contenu nucléaire, d'où l'assertion que « les ondes font vibrer l'ADN ». Après cela comment ne pas croire que les tous les champs donnent le cancer !

## Un dogme intouchable : le signal du sourcier

Aucune étude n'a précisément chiffré la croyance au « pouvoir du sourcier », c'est à dire la capacité à trouver une source avec une baguette de coudrier grâce au signal magnétique produit par l'eau souterraine. Il est probable que cette croyance soit encore plus répandue en milieu rural, où une majorité des gens croient à cela et sont capables de soutenir leur point de vue avec une grande virulence, comme si toucher à cela était de l'ordre du blasphème : « C'est Rocard qui l'a dit ».

L'impact des travaux du père de la bombe nucléaire française, que sa position de physicien éminent mettrait à l'abri de toute critique, est considérable. Le « signal du sourcier » tel qu'Yves Rocard l'a imaginé a une valeur



de 10 « gammas », le gamma étant une unité pragmatique, non officielle, égale à 0,01 milligauss. En unités officielles le signal du sourcier serait donc de l'ordre de  $10^{-8}$  T. Pour Yves Rocard, l'homme serait capable de détecter des champs magnétiques aussi faibles.

En réalité, les expériences décrites par Yves Rocard ont été souvent refaites, en particulier par les étudiants du zététicien Henri Broch dans le cadre de l'enseignement qu'il donne à l'université de Nice Sophia Antipolis... dans le but d'illustrer les erreurs méthodologiques. Ces expériences, refaites un grand nombre de fois en appliquant un protocole de double insu, n'ont pas abouti à confirmer la magnétosensibilité de l'homme<sup>4</sup>.

Par ailleurs, la mesure directe de faibles valeurs de champs magnétiques, qui plus est dans les conditions du terrain, n'était pas réalisable il y a 40 à 50 ans. Il existe maintenant, cependant, des possibilités techniques permettant d'accéder aux domaines de l'infiniment petit magnétique. Le seuil de détection des magnétomètres de la technologie SQUID est de 1femtoTesla (=  $10^{-15}$  T). Ces dispositifs peuvent détecter les champs magnétiques résultant des phénomènes électrophysiologiques (champ magnétique cardiaque : 50 000 fT, champ magnétique : cérébral quelques fT) [3]. Le présumé signal du sourcier est donc de 10 millions de fois plus grand que l'infiniment petit détectable actuellement. Les sourciers peuvent donc largement vérifier leurs prétentions !

## Le pouvoir des ondes

Quelle est la nature des ondes supposées qui sous-tendent les sciences ésotériques ? Certains les qualifient, sans autre analyse, de « magnétiques », d'autres leurs donnent d'autres noms (« éthérique » se pratique beaucoup) sans doute pour ne pas encourir la critique immédiate que « le magnétisme c'est autre chose ». Malgré tout, très rapidement les discours reviennent vite à la confusion.

Il faut bien, cependant, étayer les prétentions sur quelque chose de tangible, et dans ce sens, une des explications les plus fertiles (car à elle seule elle soutient la radiesthésie, la géobiologie, la radionique, etc.) tient dans les « ondes de forme ». Ces ondes imaginaires trouvent leurs origines au 19<sup>e</sup> siècle, mais ont été érigées à l'état de « prêt à penser » par plusieurs radiesthésistes français. Léon Chauméry et André de Bélizal, ont formalisé des faits, donné des interprétations, et conçu des matériels adaptés, tel un Pendule Universel [4]. Les ondes de forme ont reçu un soutien notable de l'exploitation ésotérique de l'archéologie égyptienne et des « mystères » qui ont entouré l'exploration des pyramides. Un touriste français, Alfred Bovis qui avait visité celle de Chéops, a imaginé qu'en reconstruisant une maquette de pyramide, en respectant les proportions et l'orientation, on pouvait bénéficier des propriétés magiques de cette forme : on pourrait placer un bifteck à l'intérieur et celui-ci se conserverait sans altération et fini-

<sup>4</sup> [http://www.unice.fr/zetetique/articles/Rousseau\\_Rocard.html](http://www.unice.fr/zetetique/articles/Rousseau_Rocard.html)





rait pas se momifier. On ne comprend pas pourquoi les fabricants de réfrigérateurs s'obstinent à nous faire dépenser du courant électrique avec des matériels parallélépipédiques parfaitement inesthétiques, alors que les pyramides ne consomment pas d'énergie et seraient bien plus décoratives dans nos appartements ! Un tchécoslovaque, Karel Drbal, a déposé en 1959 un brevet pour un appareil permettant d'aiguiser les lames de rasoir. Placée à l'intérieur de la maquette d'une pyramide, la lame usagée, à condition qu'elle soit tournée dans le bon sens, retrouverait le tranchant qu'elle avait quand elle était neuve !

Pour qui croit que ces pseudo-ondes sont capables de faire cela, il n'y a pas d'obstacle à accepter que certaines soient nocives, et que d'autres puissent être bénéfiques !

## Les ondes nocives

Il ne fait aucun doute que, pour une partie importante de la population, les ondes électromagnétiques sont maléfiques. L'environnement est rempli d'ondes de toutes sortes : celles créées par l'homme, mais aussi celles qui proviennent de la nature.

Il existerait un environnement cosmo-tellurique qui procèderait de l'association des rayons cosmiques et des courants telluriques. Cette base ne peut être contredite scientifiquement, car les rayons cosmiques existent, et il existe aussi des courants qui circulent dans la terre. En revanche, il n'est pas possible d'accepter la suite, car tout ce qui est imputé aux phénomènes cosmo-telluriques est parfaitement surréaliste et n'a jamais été vérifié par les physiciens. En effet, les supporters des pseudosciences ont arrangé à leur façon la description de cet « environnement cosmo-tellurique », qu'ils décrivent concrètement par les réseaux et d'autres manifestations surnoises.

Selon les géobiologues, il existe plusieurs systèmes de réseaux (au moins 7) qui quadrillent la surface de la terre. Ils ont une orientation nord-sud ou diagonale dans ce premier quadrillage, et dessinent des mailles de 1 à 10 mètres de côté. Les réseaux portent les noms de leurs « inventeurs », Hartmann, Palm, Curry, Romani, Peyré, Wissmann, et le « réseau double ». Les réseaux fictifs se coupent et s'entrecoupent, créant des points d'intersection, dont certains seraient dangereux : le croisement des mailles dans le réseau diagonal et dans le réseau global donne des « points actifs »



qui pourraient s'avérer pathogènes. La superposition du croisement de deux réseaux diagonal et global engendrerait des « points étoiles » particulièrement géopathogènes.

Certes, les réseaux sont un des aspects les plus étonnants de la géobiologie, car n'ayant jamais été mis en évidence, ils témoignent d'une imagination fertile !

Mais la géobiologie a d'autres éléments explicatifs de la santé ou de ses perturbations : les courants d'eau souterrains, les nappes, les masses rocheuses souterraines, les failles qui sont des accidents souterrains particulièrement nocifs, car l'eau en s'engouffrant par le passage qu'elles offrent vers les couches inférieures crée des ondes maléfiques de la plus mauvaise espèce. De plus ces failles seraient souvent la cause de perturbations du magnétisme terrestre (quelle que soit la nature du sol) et si le magnétisme terrestre n'est pas mauvais en soi (il est naturel), ce qui est dangereux c'est lorsqu'il a été perturbé. De là découle toute une activité d'investigation ésotérique et lucrative (les deux ne sont pas incompatibles, au contraire !) de mise en évidence de ces failles par des baguettes, pendules, antennes, dispositifs électroniques les plus divers : il suffit d'aller sur Internet pour trouver les catalogues de maisons spécialisées ou pour lire que ceux fabriqués par les « savants de l'ex-URSS » sont les plus performants (car c'est bien connu, ils avaient de l'avance sur nous !).

Les failles sont certes redoutables, mais il y a encore pire : les cheminées cosmo-telluriques. Elles relient les deux grandes composantes de l'environnement car elles peuvent plonger jusqu'à 120 mètres dans la terre et monter jusqu'à 120 mètres de haut. Elles respirent, c'est-à-dire que l'énergie circule dans les deux sens. Il s'en trouverait de positives (que l'on trouve dans les lieux de méditation, les églises,...) et des négatives (sur les champs de bataille). Tout s'explique ! [7]. Enfin des « entités » particulières sont les vortex, sortes de tourbillons en forme de spirale, connectés entre eux par un lien. Les vortex sont essentiellement des dispositifs d'échange de l'énergie cosmique entre deux lieux distants. Du point de vue physique, le rayonnement cosmique se mesure. Pourquoi ceux qui font commerce d'exploiter la crédulité et la crainte inspirée par ces ondes ne le mesurent-ils pas ? Il est tellement plus profitable de proclamer que « les vortex font travailler les personnes sur les chakras du haut et augmenter le biochamp, alors que le courant tellurique fait travailler les chakras du bas » (sic).

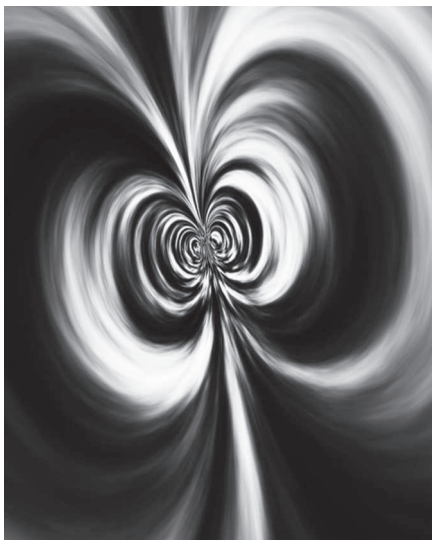
## **Eviter les ondes nocives, exploiter les ondes qui guérissent**

Il est bien facile de comprendre que pour les gens qui croient à toutes les balivernes proclamées par les professionnels du paranormal, il y a de quoi être inquiet, voire réellement stressé, et que les difficultés de la vie, les maladies humaines et celles des animaux, conduisent tôt ou tard à des interprétations ésotériques.

La géobiologie commence par *faire un diagnostic* de l'environnement, car

officiellement, elle ne fait pas de médecine et ne s'occupe que de l'habitat. À la différence des médecines parallèles qui s'adressent au patient et peuvent encourir des critiques ou des actions au titre de l'exercice illégal de la médecine, la géobiologie ne s'intéresse pas directement au patient, même si c'est bien lui qui est le destinataire final de son action. Cette apparente astuce devrait cependant être regardée avec plus de sévérité, dès lors que cela peut conduire, comme beaucoup de pratiques douteuses, à des défauts de soins.

Le « diagnostic de l'environnement » (sic) est fait généralement avec les matériels déjà évoqués plus haut (pendules, antennes, etc.), mais tout ceci présente le grave inconvénient que le géobiologue doit se rendre sur les lieux, d'où du temps passé en déplacement, et donc finalement perdu. En application du grand principe de projection mentale, comme le radiesthésiste « travaille » dans son bureau sur une mèche de cheveux, une photo ou une carte d'état major, le géobiologue peut aussi le faire de chez lui, à l'aide d'une carte IGN [8].



Les solutions mises en œuvre pour *restaurer la santé* de l'environnement comportent des mesures d'évitement des points géopathogènes ou des facteurs qui les déterminent, et l'usage de divers systèmes magiques (antennes, triangles, coquille de pétoncle rappelant la coquille St Jacques). Un de ces dispositifs en vente sur le net est l'« Aspironde-Mermet NCE », « neutralisateur de courant électrique pour circuits intérieurs à l'habitat et télévision ». Constitué d'un triangle équilatéral en zinc de 120 mm de côté qui pivote sur un socle en bois gradué en 400 grades... dont le point 200 doit être préalablement orienté au nord magnétique... (Prix sur demande) [6]. Des triangles de cuivre protégés par une coque de matière plastique et disposés sur des « sources » telles que des poteaux électriques sont utilisés dans la lutte contre les ondes nocives perturbant les élevages [2]. Puisque ces triangles sont censés empêcher la propagation des ondes électromagnétiques, on se demande comment dans la zone où ils sont placés les gens peuvent encore téléphoner, écouter la radio ou regarder télévision !

## Aurait-on perdu la raison ?

Le paranormal ne s'est jamais aussi bien porté que maintenant. La question de son impact dans la population avait été posée de manière très sérieuse en 1982, par le travail d'enquête de Boy et Michelat, qui avait clairement montré le taux élevé de certaines croyances, et l'existence de relations entre l'âge ou le milieu social et la croyance dans certains faits paranormaux. Les

moyens développés pour enseigner les disciplines scientifiques, à tous les niveaux de l'éducation, semblent malheureusement n'avoir eu qu'une piètre efficacité. L'enseignement dispensé, qui a permis aux élèves de faire des exercices, de rendre des copies et de passer des examens, n'a eu aucun impact formateur de l'esprit pour aiguïser le sens critique indispensable à la conduite de leur vie. Ce qui a été dispensé n'a été pris que comme des « informations », que l'on peut connaître, traiter, accepter ou rejeter, sans forcément adhérer aux concepts qui les sous-tendent. La confusion entre formation et information est préjudiciable. Quand on ne comprend pas, surtout dans le domaine biomédical, on se réfugie dans les explications « spiritualistes », et il n'y a qu'un pas de la spiritualité au spiritisme.

En allant au-delà des discours des intervenants de terrain qui n'ont qu'un objectif de lucre à travers l'exploitation du fond de commerce que leur donne l'affichage du paranormal, on trouve de véritables maîtres à penser, non moins désintéressés sans doute, mais qui poursuivent d'autres buts. Il existe une association quasi systématique entre les doctrines des sectes (les vraies), la négation des acquis de la médecine moderne, l'opposition aux vaccinations, et la proclamation d'interdits alimentaires de toutes sortes. Les prescriptions d'ordre alimentaire étaient déjà un point commun à la plupart des religions. Le jeûne a beaucoup de propriétés, dont celle d'amoindrir les résistances. Les spécifications sectaires reposent sur l'usage du paranormal, donc généralement des ondes, et ajoutent des conceptions particulières sur la vie, par exemple sur l'éducation des enfants, qui peuvent d'ailleurs conduire à d'autres déviances.

Pour éviter les « bourrages de crâne », il faut faire preuve d'esprit critique quand on voit utiliser les termes d'« ondes », de « magnétisme », dans une argumentation qui n'a rien à voir avec les enseignements d'Erstedt, d'Ampère, de Lorenz et de Maxwell. La première question qu'il faut se poser est alors « qu'est-ce qu'on veut me faire gober ? », et « qu'est-ce que cela cache ? ». Car si dans le paranormal, il suffit « d'y croire », la première mesure d'hygiène mentale, en science, reste de douter de tout. ■

## Références

- [1] Boy D et Michelat G. Les Français et les parasciences. *La Recherche*, 1984, 15 (n° 161), 1560-1567.
- [2] Dréau D. et Uguen J. Cas clinique de cannibalisme d'élevage résolu. Compte rendu des Journées nationales des GTV, Dijon 17-19 Mai 2006, p. 563-567.
- [3] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/solids.Squid2.html>
- [4] <http://www.chemindupossible.be/pendule-universel-chaumery-belizal-p-712.html>
- [5] <http://www.geobiolis.com/04-Biochamp/index.php>
- [6] <http://www.magicka.com/ondeform.htm>
- [7] <http://www.entreterreetciel.net/geobiologi/geobiologie.html>
- [8] <http://www.prosantel.net/spip.php?article81>

## Quand une revue d'anciens élèves ingénieurs fait la promotion des « ondes extraordinaires »

La revue de l'Association professionnelle des Ingénieurs du Génie Rural, des Eaux et des Forêts publie dans son édition du 3<sup>e</sup> trimestre 2008 un bien curieux article, intitulé « Impact négatif des antennes relais et des éoliennes sur la santé des hommes et des animaux » et cosigné par Alexandre Rusanov. On y apprend que « *les installations humaines ont un impact sur le milieu physique : elles changent localement les propriétés du sol et, par son intermédiaire, ont des effets sur les hommes et les animaux* ». Sur 7 pages, richement illustrées de schémas, de coupes de terrains et de graphiques, nous est expliqué le rôle néfaste des « champs de torsion », « supposés » par le mathématicien français Elie Cartan en 1913, mais mis en évidence et analysés par des scientifiques russes dans les années 1990. « *La pratique montre que, pour les animaux, l'exposition durable aux champs de torsion gauche provoque des troubles du comportement* ». Mais que l'on se rassure, si pour les animaux ceci peut aller jusqu'au cannibalisme, pour les êtres humains, seuls des troubles du sommeil, voire des dépressions, sont à redouter. Cinq études de cas sont relatées où, à chaque fois, l'intervention de l'auteur a permis, grâce à des « dispositifs adaptés » de résoudre les problèmes : des vaches laitières malades du fait de la présence d'antennes relais dans les environs (jusqu'à plus de 3 kilomètres, mais les « mauvaises ondes » sont relayées par des « failles »), patients et personnels d'un institut de beauté souffrant de divers maux dus à des champs de torsion gauche et une mauvaise configuration des failles, etc.

Heureusement, Alexandre Rusanov a la solution : « études géomorphologiques » à partir de cartes géologiques et topographiques, et surtout, pose de protections, « *des pastilles de résine ou de céramique contenant des extraits de plantes tropicales du Brésil et de roches de Russie* » sur les installations électriques. Ceci a permis, nous dit-il, de corriger les nuisances. Prudent, l'auteur conclut néanmoins à leur possible réapparition. Ce ne serait pas un défaut de son expertise, mais plutôt des « modifications dans l'environnement », nécessitant « une nouvelle intervention ». Un métier qui risque de ne pas connaître la crise. Alexandre Rusanov affirme que le conseil général des Vosges fait appel à ses services. On espère que ce n'est pas le cas, que l'argent public ne se dilapide pas dans ces « failles » et « champs de torsion » sans aucune base scientifique.

Cet article de la revue du GREF est en ligne sur le site de l'association Prosantel<sup>1</sup> avec laquelle Alexandre Rusanov propose ses services. Le plus surprenant, dans cette histoire, n'est pas la narration des énièmes « théories » sur les méfaits d'ondes extraordinaires, mais bien plutôt l'accueil sans réserve que lui offre une association d'anciens élèves d'une école prestigieuse.

J.-P. K.

<sup>1</sup> <http://www.prosantel.net/spip.php?article99>

**La Revue du**  
**Gref**

**Génie Rural, Eaux & Forêts**

Publication de l'Association professionnelle des ingénieurs du génie rural, des eaux et des forêts  
et d'anciens élèves de l'Ecole nationale du génie rural, des eaux et des forêts





## Sciences Physiques

# Sornettes sur Internet

*Les peurs irraisonnées et manipulées des ondes électromagnétiques ont conduit d'habiles commerçants à vendre des dispositifs supposés protecteurs.*

### Les contre-oscillateurs

Après nous avoir longuement décrit les supposés méfaits des ondes émises, nous dit-on, par « les téléphones cellulaires, écrans d'ordinateurs et de télévision », on nous propose<sup>1</sup> un dispositif de protection, appelé CMO. Il semble s'agir d'un oscillateur, sans piles, dont « *le signal ultrafaible [...] s'oppose aux rayonnements polluants et se superpose au rayonnement de l'appareil à protéger dont le champ électromagnétique devient porteur du signal de compensation (signal bio-protecteur)* ». Aucun principe physique plus clair n'est donné. Il en

existe plusieurs versions selon la source dont on veut se protéger. Des témoignages d'utilisateurs enthousiastes sont fournis. Les prix varient de 39 à 139 euros.

Le système TELOPROTECT<sup>2</sup>, limité aux téléphones portables, se colle sur l'appareil. On nous explique que « *dès que votre téléphone*

*portable émet ses ondes électromagnétiques pulsées, le système engendre instantanément une résonance à contre-phase qui en élimine la nocivité biologique à l'égard de toutes les cellules* ». Il ne coûte que 39 euros. Dans le même esprit, on trouve un « patch déphaseur d'ondes »<sup>3</sup>.

### Un cactus



À l'opposé de la technologie douteuse du paragraphe précédent, voici<sup>4</sup> un moyen naturel : « *Le cactus cereus peruvianus d'Amérique centrale du sud [sic] a la particularité d'absorber les ondes électromagnétiques. Il suffit de placer ce cactus près de nos ordinateurs ou de tout autre appareil produisant des ondes électromagnétiques afin qu'il nous protège.* »

Une émission du service public que devrait être France 3 régional n'hésite pas<sup>5</sup> à faire la promotion dudit cactus et aussi du CMO vu plus haut.

<sup>1</sup> <http://naturotec.free.fr/>

<sup>2</sup> <http://www.teloprotect.net/>

<sup>3</sup> <http://www.zevends.com/high-tech-occasions-neufs-zevends/telephonie-gsm-iphone-bonnes-affaires/patch-dephaseur-d-ondes-electromagne,112,371817.html>

<sup>4</sup> <http://tpe-ondes-electromagnetiques.e-monsite.com/rubrique,rubrique,6098.html>

<sup>5</sup> <http://aquitaine.france3.fr/emissions/c-est-mieux-le-matin/46602256-fr.php>

## La bio-musique

Si l'on n'aime pas les cactus, le site qui les propose, très éclectique, nous suggère la biomusique : « *La Bio Music utilise cette propriété de l'eau pour participer à l'amélioration de notre bien-être. En effet, lorsqu'un CD Bio Music joue, les fréquences des CUOS, qui se répandent par l'eau dans l'air et dans le corps, envoient une information positive revitalisante qui permet de maintenir l'eau dans un état d'équilibre harmonieux, contribuant ainsi à 'neutraliser' les effets néfastes de certaines fréquences et permettant d'aider à retrouver et à maintenir un état de bien-être naturel.* »

## La cage de Faraday

La cage de Faraday est une enceinte en matériaux conducteurs, dans laquelle les ondes ne peuvent pénétrer. Contrairement aux offres ci-dessus, la base physique est indéniable. Mais il n'est pas pratique de vivre dans une telle cage, qui ne semble pas offerte commercialement. Certains proposent des constructions artisanales<sup>6</sup>. Pour preuve de leur efficacité, on nous précise que le téléphone portable mis dans cette cage perd trois barrettes sur son indicateur de niveau du signal ; c'est conforme aux lois de la physique mais ne prouve rien sur l'effet sanitaire !

Par ailleurs<sup>7</sup> on vend un étui faisant cage de Faraday pour mettre



La cage de Faraday de Xavier Samson telle que mise en avant par le site de Next-up, organisation non gouvernementale (ONG) « concourant à la défense de l'environnement naturel, contre les irradianations des champs électromagnétiques ».

autour des téléphones portables, en oubliant apparemment que si c'était efficace l'appareil serait inutilisable !

On nous apprend toutefois<sup>8</sup> que « *le problème posé par une cage de Faraday est que celle-ci arrêtera aussi le champ électrique (V/m) naturel (150 V/m à la verticale du sol), qui est **bénéfique*** ». Qui le savait ? Qui l'a démontré ?

## Protections diverses

À défaut de vivre dans une vraie cage de Faraday, on trouvera sur le marché des vêtements annoncés comme arrêtant les ondes<sup>9</sup>. Même la rubrique « sciences » d'un grand quotidien<sup>10</sup> nous les recommande. C'est même breveté<sup>11</sup> (rappelons qu'un brevet ne porte que sur la nouveauté de l'invention, pas sur son efficacité).

<sup>6</sup> <http://electrosensible.canalblog.com/archives/2006/05/06/1829207.html>

<sup>7</sup> <http://www.aqua-energie.eu/ewall.php>

<sup>8</sup> <http://dbloud.free.fr/tole2.htm>

<sup>9</sup> <http://www.lessemf.com/personal.html>

<sup>10</sup> [http://www.lefigaro.fr/sciences/2007/06/18/01008-20070618ARTFIG90176-le\\_textile\\_toujours\\_plus\\_intelligent.php](http://www.lefigaro.fr/sciences/2007/06/18/01008-20070618ARTFIG90176-le_textile_toujours_plus_intelligent.php)

<sup>11</sup> <http://www.patfr.com/198005/EP0010711.html>



Voici un exemple de « justification » de ce genre de produit (il s'agit d'un slip de grossesse)<sup>12</sup> : *« C'est donc la protection idéale très efficace contre les rayons électromagnétiques de notre environnement à hauteur de 90 %, grâce à la nouvelle technologie textile "Wave Protect". Le tissu comprend des fils en argent qui protègent contre les ondes de haute fréquence. Imaginez un miroir, les*

ondes sur la peau (voir encadré).

## On ne pense pas à tout !

On peut lire<sup>14</sup> : *« Si vous portez des boucles d'oreilles en métal ou des lunettes avec une monture métallique vous allez augmenter de 25 % la radiation vers le cerveau lors de l'utilisation du téléphone portable contre votre oreille ».*

## D'autres délires

Un livre publié en librairie<sup>15</sup> affirme que l'on « démontre la nocivité des failles, des rivières souterraines et du réseau Hartman (ondes telluriques) ainsi que l'influence sur notre santé des agressions électromagnétiques auxquelles nous sommes soumis perpétuellement par le fait même de la vie moderne et leurs conséquences sur l'être humain ».

Un site déjà référencé plus haut<sup>16</sup> nous parle d'un appareil d'origine russe luttant contre les effets des ondes grâce à des « informations "imprimées" dans l'eau par modification de ses structures micellaires, ce qui se traduit par un abaissement de la viscosité et donc par une plus faible tension superficielle de l'eau. Celle-ci est en fait une solution d'eau dans de l'eau, car sa phase liquide est un état intermédiaire entre le cristal (glace) et le gaz (vapeur) ».

Tout cela ne renvoie, bien entendu, à aucun effet physique avéré.

Jean Günther



*« Cette casquette est l'outil le plus efficace pour vous protéger, vous et vos enfants des micro-ondes ».*

Sur le site <http://www.electropollutions.eu/boutique> qui propose des produits pour les « électrosensibles ».

*ondes électromagnétiques sont reflétées de la même manière ».*

Un site très éclectique<sup>13</sup> nous propose des peintures, des films à coller sur les vitrages, des casquettes (pour homme et pour femme), du papier peint, un baldaquin, le tout supposé arrêter ces ondes prétendument nocives.

## Une crème protectrice

Un grand parfumeur s'est saisi du problème et nous vend une crème supposée protéger contre l'effet des

<sup>12</sup> <http://www.natilo.com/slip-grossesse-antiray-p-6101474.html>

<sup>13</sup> [http://www.electropollutions.eu/boutique/liste\\_produits.cfm?type=32&code\\_lg=lg\\_fr&num=5](http://www.electropollutions.eu/boutique/liste_produits.cfm?type=32&code_lg=lg_fr&num=5)

<sup>14</sup> <http://www.danger-sante.org/category/telephones-portable/>

<sup>15</sup> [http://www.joel-laplane.com/livre\\_medecine\\_habitat.html](http://www.joel-laplane.com/livre_medecine_habitat.html)

<sup>16</sup> <http://dbloud.free.fr/tole2.htm>

## Un brumisateuseur

### « pour se protéger des ondes électromagnétiques »



Avérées ou non, peu importe, les craintes et les peurs représentent un marché porteur. La firme de cosmétique Clarins l'a bien compris en commercialisant en 2007 Expertise 3P Brume Écran, un brumisateuseur promettant d'être « *belle dans son époque, bien dans son environnement* ». Le fabricant invite ainsi à « *un nouveau réflexe santé beauté sous la forme d'une brume aérienne qui se vaporise sur le visage, le cou et le décolleté, sur les soins habituels. Elle dépose sur la peau un écran invisible et hautement protecteur et préserve la jeunesse et l'éclat du visage* »<sup>1</sup>. Le danger contre lequel il faudrait se prémunir n'est autre que « *les ondes électromagnétiques et les pollutions urbaines* ». La recherche Clarins aurait démontré<sup>2</sup> le lien entre l'accélération du vieillissement de la peau et l'exposition aux ondes électromagnétiques générées par les divers équipements domestiques pour la transmission des communications.

Pour le CRIIREM, association visant à « *constituer un contre-pouvoir citoyen, indépendant des intérêts industriels et commerciaux* », et qui relaie l'information sur son site : « *l'action du produit E3P serait double, biologique et physique. Les extraits de thé blanc, de l'ampasane et de glycofilm (Complexe Anti Pollution), de rhodiola rodea et de thermus thermophilus (Complexe Magnetic Defense) augmenteraient l'énergie cellulaire et renforceraient "l'effet barrière" qui sert de protection biologique à la peau* »<sup>3</sup>. Le même CRIIREM reprend la question mise en avant par le fabricant : « *Pensez-vous que les ondes électromagnétiques puissent traverser les murs sans traverser votre peau ?* ». Oui, c'est vrai... Comment serait-ce possible ? Argument « de bon sens » en apparence ! De ceux qui, en tout cas, permettent de faire vendre. C'est 40 € pour 100 ml nous indique « en toute indépendance » le CRIIREM.

Les autorités de vérification de la publicité sont plus regardantes. Ainsi, outre-manche, l'ASA (Advertising Standards Authority) a rendu public en août 2007 les résultats de sa propre enquête<sup>4</sup> sur une possible publicité mensongère. Concernant l'impact de l'usage des téléphones mobiles sur le vieillissement de la peau et la protection qu'apporterait le brumisateuseur, l'ASA relève la fragilité méthodologique des études, l'extrapolation abusive de tests *in vitro* à une situation réelle *in vivo*, pour conclure à l'absence de faits permettant de soutenir les allégations du fabricant. L'ASA a ainsi demandé que soit retirées les affirmations portant sur la nocivité des ondes électromagnétiques générées par les appareils modernes de communication pour la peau et son vieillissement, ainsi que les allégations protectrices en la matière de Expertise 3P, du moins tant que n'auront pas été produites les preuves scientifiques à l'appui. Enfin, l'ASA a demandé à Clarins d'éviter de faire appel de façon non fondée aux peurs des dommages que pourraient provoquer les champs électromagnétiques artificiels.

Jean-Paul Krivine

<sup>1</sup> Source : la fiche produit sur le site de Clarins France <http://www.clarins.fr>

<sup>2</sup> <http://www.novethic.fr/novethic/v3/article.jsp?id=112006>

<sup>3</sup> <http://cricrem.ouvaton.org/spip.php?article176>

<sup>4</sup> [http://www.asa.org.uk/asa/adjudications/Public/TF\\_ADJ\\_43024.htm](http://www.asa.org.uk/asa/adjudications/Public/TF_ADJ_43024.htm)



# Les antennes-relais rendent schizophrène, c'est prouvé !

Jean-Paul Oury

*Dans le top « les peurs du progrès », les antennes-relais viennent de faire récemment une progression spectaculaire au classement général. Alors qu'il y a peu encore, l'opinion se plaignait du « ça capte pas chez nous », désormais, c'est le « on veut pas voir d'antennes dans notre jardin » qui semble prendre le dessus. Les antennes-relais, un nouveau thème et variations du NIMBY<sup>1</sup>, ou le symptôme beaucoup plus inquiétant d'un « changement de paradigme » qui est en train de gagner la France toute entière ?*

Il ne fait pas bon être opérateur de nos jours et on entend souffler le chaud et le froid sur ce sujet polémique. Ainsi, lors de la dernière tempête qui a ravagé le Sud-Ouest, les opérateurs ont fait la une des journaux qui titraient sur les coupures de réseaux, les journalistes s'amusant à recenser ceux qui seraient les plus prompts à rétablir les communications. Le 26 février, les internautes s'alarmaient du fait que 200 000 abonnés de Bouygues Telecom avaient dû subir une panne généralisée dans le quart nord-est de Paris. Ainsi on lisait sur *Lepost.fr* des commentaires du genre : « *Franchement, j'en ai trop marre, c'est galère* ». Nadia, une cliente de Bouygues Telecom de Seine-Saint-Denis précisait ce jeudi soir qu'elle n'avait « *pratiquement pas capté de la journée*. » Les abonnés payent cher un service et en veulent pour leur argent, cela semble tout ce qu'il y a de plus normal.

On ne peut plus se passer de téléphonie mobile, c'est, semble-t-il, un fait. Et c'est ainsi que l'État a décrété que la couverture totale du territoire était une obligation de service public. Les opérateurs sont soumis à de fortes pressions du côté de l'ARCEP (autorité de régulation des télécommunications) et peuvent être soumis à des amendes allant jusqu'à 40.000 euros, pour n'avoir pas fait d'efforts afin de supprimer les zones blanches.

On pourrait s'attendre à ce que l'objectif de couverture de l'ensemble du territoire soit perçu comme un véritable progrès sociétal et technologique, mais il n'en n'est rien. En effet, rares aujourd'hui sont les articles de presse qui voient l'installation de nouvelles antennes-relais comme des avancées technologiques. Pendant que la *Voix du Nord de Montreuil* (18 décembre 2008), présente la solution qui permet de couvrir une zone blanche en installant des antennes-relais sur une éolienne comme un véritable progrès, la *Voix du Nord de Roubaix* (19 décembre 2008), elle, titre « *Les antennes-relais devront attendre un an* », un article qui traite d'un moratoire local.

<sup>1</sup> NIMBY, *Not In My Back Yard*, signifie littéralement « pas dans mon arrière-cour ». Acronyme largement utilisé pour désigner une attitude qui consiste à ne pas vouloir voir un problème dans son proche environnement.

Ce dernier sujet est devenu monnaie courante et de plus en plus de municipalités prennent position contre les antennes-relais. Aujourd'hui, il semble bien que le titre « antennes-relais, attention danger » soit plus prisé que « on ne capte toujours pas du côté de Trifouilly-les-oies. »

Voici donc deux opinions contraires qui se croisent et s'entrechoquent : d'un côté, on observe un désir constant de bénéficier de services de téléphonie mobile partout et de manière pérenne. De l'autre, on aimerait se passer d'antennes-relais. L'exemple le plus absurde de cette contradiction est, qu'à la suite de plaintes de nombreux riverains concernant la laideur des antennes, les opérateurs se sont mis à « camoufler » celles-ci. Or, au lieu de se voir loués pour tous ces efforts, ils se sont vus accuser de nouvelles mauvaises intentions : une tentative de dissimulation d'une source de nuisance potentielle<sup>2</sup>.

En résumé, les opérateurs qui font des « efforts paysagers » sont des tartuffes qui veulent cacher le danger, par contre, ceux qui ne font rien, eux, sont désormais hors-la-loi : ainsi, le 16 Février 2009, SFR a été condamné à démonter une antenne-relais en raison de sa nuisance esthétique et de l'incertitude de son impact sanitaire. En effet, l'antenne en question gênait la vue d'un couple d'exploitants agricoles, dont l'habitation est située à 135 mètres de l'antenne, qui avait « *une vue magnifique sur les vignes, le Rhône et au loin le Palais des Papes* »<sup>3</sup>.

Les abonnés SFR qui n'avaient pas de vue sur les champs, mais un abonnement et bénéficiaient des bienfaits de l'obligation de service public de la couverture de l'ensemble du territoire, vont-ils pouvoir se retourner contre le couple qui est à l'origine de cette affaire ? Car, si jamais l'opérateur perd en appel, il sera obligé de démonter l'antenne et devra envoyer une lettre aux clients qui se trouvent couverts par cette antenne pour leur expliquer que « pour le confort visuel d'un couple d'agriculteur, il se trouve dans l'obligation de résilier les contrats. »

## NIMBY ou tentative de renversement idéologique ?

Alors, on pourrait prendre cette attitude incohérente pour un simple caprice de « client roi », ce fameux despote que les enquêtes marketing décrivent comme voulant tous les avantages et aucun inconvénient. Mais, en fait, cette schizophrénie apparente est le symptôme d'une maladie bien plus grave qui est en train de corrompre les bases de notre société tout entière. En effet, derrière le *Not in my back yard* se cache une logique qui aimerait bien imposer à notre société un changement de paradigme : juger d'une technologie, non plus en fonction de l'avis des experts reconnus sur le sujet, mais en fonction de ce que l'on pourrait appeler une « réputation publique générale ». C'est ainsi, qu'à la suite du procès en appel de Tassin,

<sup>2</sup> <http://blog.biophyse.net/index.php/post/2008/10/01/Antennes-relais-Bouygues--va-t-elle-enfin-pouvoir-degager-ma-fenetre>

<sup>3</sup> [http://www.lepost.fr/article/2009/02/22/1432845\\_sfr-condamne-a-demonter-une-antenne-relais.html](http://www.lepost.fr/article/2009/02/22/1432845_sfr-condamne-a-demonter-une-antenne-relais.html)

l'opérateur Bouygues Telecom devra démonter une antenne et verser aux trois couples plaignants la somme de 3 000 euros pour « Trouble anormal du voisinage »<sup>4</sup>. Derrière ce motif avoué se trouve une autre raison plus grave : le tribunal cautionne le fait que les antennes représentent des risques potentiels pour la santé. En fait, le juge a estimé que l'incertitude sur l'innocuité d'une exposition aux ondes émises par les antennes-relais est « sérieuse et raisonnable » et que, les voisins de cette antenne ne pouvant se voir garantir une absence de risque sanitaire, « justifient être dans une crainte légitime constitutive d'un trouble ». On notera sur ce sujet l'excellente tribune<sup>5</sup> du juriste Mathieu Laine, intitulée « *la victoire des marchands de peur* » qui souligne que le tribunal n'a pas fondé sa décision sur des preuves scientifiques, mais sur l'angoisse subie, ce qui cause un véritable flou juridique.

Comme on le constate, la justice, dans sa prise de décision, donne moins d'importance à la voix des experts qu'à celle des couples de plaignants et aux discours des comités d'experts qui se présentent comme étant « indépendants » (par exemple, le Criirem ou Priartem), alors mêmes qu'ils sont liés à des associations qui font un travail de lobbying pour persuader les instances publiques et la population de l'existence d'un danger. Pendant ce temps, l'Académie de médecine rappelle dans un communiqué<sup>6</sup> qu'« *à ce jour, aucun système sensoriel humain permettant de percevoir ce type de champ n'a été identifié* ». C'est ainsi, précise l'Académie, que la quasi-totalité des études sur l'électro-hypersensibilité montre que les sujets concernés, en dépit de troubles variés en présence de dispositifs émetteurs de champs électromagnétiques, « *sont incapables de reconnaître si ces dispositifs sont actifs ou non* ». Les académiciens parlent littéralement d'un jugement fondé sur une « erreur scientifique ». Quant à l'État qui était resté silencieux jusqu'à présent, il prend enfin une position officielle<sup>7</sup> par la voix de François Fillon qui certifie que les antennes-relais sont sans danger. Ce qui n'empêche pas Nathalie Kosziusko-Morizet (secrétaire d'État à la prospective et au développement de l'économie numérique) de continuer à laisser planer un certain doute en parlant de la nécessité de faire des études approfondies (ce qui laisse croire qu'il n'y a pas eu d'études sérieuses, jusqu'à présent) et organise un Grenelle sur le sujet.

Comment a-t-on pu en arriver à une telle situation ? Comment la justice peut-elle fonder ses décisions sur des arguments aussi faibles ? La réponse est pourtant simple :

1) Le principe de précaution ne pose pas une question scientifique, mais est la porte ouverte à toutes les formes de positions idéologiques dont les croyances apportent des pseudo-solutions à des problèmes non scientifi-

<sup>4</sup> [http://tempsreel.nouvelobs.com/actualites/societe/20081001.OBS3648/bouygues\\_telecom\\_condamne\\_a\\_demonter\\_une\\_antenne\\_relais.html](http://tempsreel.nouvelobs.com/actualites/societe/20081001.OBS3648/bouygues_telecom_condamne_a_demonter_une_antenne_relais.html)

<sup>5</sup> <http://www.lefigaro.fr/debats/2009/02/07/01005-20090207ARTFIG00206-antennes-relais-la-victoire-des-marchands-de-peur-.php>

<sup>6</sup> Voir le communiqué de l'Académie dans ce dossier (page 65).

<sup>7</sup> <http://www.rtl.fr/fiche/3713995/les-antennes-relais-sont-elles-vraiment-sans-danger.html>

ques (par exemple la démonstration du risque zéro).

2) Le principe de précaution est inscrit dans la constitution, ce qui en fait un droit régalien.

3) La justice s'appuie sur l'interprétation *stricto sensu* que certains font du principe de précaution, comme autorité suprême pour prendre des décisions plutôt que sur le discours des experts qui, en toute rigueur scientifique, ne se prononceront jamais sur « une vérité indémontrable » (un scientifique n'affirmera jamais qu'une technologie n'est pas dangereuse, car l'absence de preuve n'est pas la preuve d'absence).

La mécanique est imparable et elle pourrait bien avoir pour conséquence que, par jurisprudence, on décide de démonter toutes les antennes-relais de France et de Navarre. Ainsi, par simple « changement de paradigme », les seules techniques qui auraient passé l'épreuve de la précaution seraient sélectionnées. Imaginons alors le cas suivant : un abonné Bouygues Telecom a un accident dans la zone de l'émission de l'antenne qui a été démontée. Il ne peut pas utiliser son portable alors qu'il en aurait besoin pour appeler les secours. De ce fait, la personne qu'il accompagne décède. Va-t-il se retourner contre le tribunal qui a décrété le démontage de l'antenne, en s'appuyant sur le motif de l'existence d'un risque potentiel, et ce faisant, privé un citoyen d'avoir recours à une technologie dont il aurait pu faire une application préventive par rapport à un risque avéré ?

Voici un cas d'école qu'il faudra examiner de près avant de changer le paradigme de notre société en fondant toutes nos décisions sur une application idéologique du principe de précaution. ■

### Une curieuse preuve par l'absurde

Le tribunal de grande instance de Tulle a condamné le 28 octobre 2008 le Réseau de Transport d'Électricité (RTE), filiale d'EDF, à verser près de 400 000 € à un agriculteur de Corrèze dont les animaux souffraient de différentes pathologies récurrentes, avec un fort taux de mortalité. Pour le tribunal, le préjudice a été subi « *du fait des dommages imputables à la ligne à très haute tension surplombant leur exploitation* ». Le jugement établit une relation de cause à effet entre la proximité de la ligne à haute tension et les pathologies constatées sur les animaux. Et « *même si le dommage n'est pas prouvé scientifiquement avec certitude, le juge a considéré qu'il n'y avait pas d'autres explications possibles* », commente le procureur. L'avocat du plaignant insiste sur ce lien : « *sauf phénomènes paranormaux, il n'y a pas d'autres raisons que ces champs électromagnétiques pour expliquer les pertes animales de mes clients* ». Le principe de précaution n'a pas été invoqué, mais un curieux raisonnement, sorte de « preuve par l'absurde » écartant *a priori* tout autre cause, alors que toutes les études scientifiques jusqu'à ce jour écartent, justement, l'explication par les champs électromagnétiques.

J.-P. K

Sources : [mediapart.fr. http://www.mediapart.fr/club/blog/myriam-entraygues/251108/les-vaches-contre-edf](http://www.mediapart.fr/club/blog/myriam-entraygues/251108/les-vaches-contre-edf)



# Faux souvenirs et thérapies de la mémoire retrouvée

*Brigitte Axelrad*

**Brigitte Axelrad** est professeur de philosophie et de psychosociologie.



Dans les années 1980 se développa aux États-Unis un phénomène baptisé le « syndrome des faux souvenirs »<sup>1</sup>. Des parents furent accusés d'inceste par leurs enfants devenus adultes qui suivaient une « thérapie de la mémoire retrouvée » (TMR). Avec dix ans de retard, ce phénomène s'est développé en France.

Le point de départ du « syndrome des faux souvenirs » se situe dans la théorie freudienne de la séduction et dans son abandon pour celle du complexe d'Edipe. Par la suite, ces deux théories ont en partie alimenté le mouvement féministe aux

États-Unis. Ainsi la genèse des thérapies de la mémoire retrouvée se loge à la rencontre de ces différents facteurs.

Pour nous, il ne s'agit pas de nier la véracité des récits spontanés d'abus sexuels avérés, ni leurs effets, mais de comprendre comment de faux souvenirs peuvent émerger lors d'une TMR.

## La théorie de la séduction

Freud partit de l'idée de Charcot que l'hystérie avait son origine dans un traumatisme, et prétendit que la séduction était la seule cause de cette affection, ainsi que des névroses obsessionnelles et de la paranoïa. Par « séduction », Freud entendait un acte sexuel réel imposé à un jeune enfant. Tout problème psychique fut réduit à un seul type de traumatisme possible, une seule cause : les abus sexuels subis dans l'enfance.

Au départ, la thérapeutique de Freud ne consistait pas, comme il l'a ensuite prétendu, à écouter des souvenirs spontanés d'abus, mais à encourager ses patients à construire des scènes dont ils n'avaient aucun souvenir. Selon lui, les patients ne retrouvaient pas de tels souvenirs tant qu'ils n'étaient pas soumis à « *la pression la plus énergique du procédé analyste*<sup>2</sup> ». Il insistait sur le fait que seul le souvenir refoulé et donc inconscient constituait, une fois retrouvé, la preuve de l'évènement traumatique. C'est ainsi que les patients qui ne retrouvaient pas de souvenirs d'abus subis pendant leur enfance étaient considérés comme en proie au souvenir inconscient et donnaient justement la « preuve » de la réalité de ces abus et de leur rôle pathogène. Selon Freud, ne pouvait être pathogène qu'un

<sup>1</sup> Voir l'article de Nicolas Gauvrit dans *Science et pseudo-sciences*, « La guerre des souvenirs », SPS n° 281, avril 2008.

<sup>2</sup> « L'hérédité et l'étiologie des névroses » (1896). Réédité dans *Gesammelte Werke*, Frankfurt am Main, S. Fischer, vol. 1, p. 418.

souvenir refoulé, et ne pouvait être libérateur qu'un souvenir refoulé retrouvé. La théorie de la séduction l'obnubila pendant au moins deux ans. Il en avait fait mention dès 1893.

## La théorie du complexe d'Œdipe

Freud abandonna la théorie de la séduction parce qu'elle ne fonctionnait pas<sup>3</sup>. Elle était incapable de mener « *une seule analyse à une vraie conclusion* » (*Lettre à Fliess*, 21 septembre 1897). D'une part, les méthodes de Freud étaient inefficaces, d'autre part elles risquaient, en raison des accusations répétées contre les pères, de mener au désastre professionnel. Plus tard, Freud se laissera aller à dire : « *Quand je dus reconnaître que ces scènes de séduction n'avaient jamais eu lieu, qu'elles n'étaient que des fantasmes imaginés par mes patients, imposés à eux peut-être par moi-même, je fus pendant quelque temps désespéré.* »<sup>4</sup>

Dans la théorie du complexe d'Œdipe, les agressions sexuelles devinrent des fantasmes d'enfants ou de femmes hystériques : « *L'enfant prend ses deux parents et surtout l'un d'eux comme objet de désirs. D'habitude, il obéit à une impulsion des parents eux-mêmes dont la tendresse porte un caractère nettement sexuel, inhibé il est vrai dans ses fins.* »<sup>5</sup>

Le fantasme œdipien prit ainsi la place de la séduction. Finalement, selon Freud, il importait peu que la séduction ait réellement eu lieu ou qu'il s'agisse seulement d'un fantasme.

Avec un regard de sociologue, Richard Webster déclare : « *Avec sa théorie du complexe d'Œdipe, Freud avait inventé un outil parfait pour balayer les allégations d'abus sexuels d'enfants et miner leur crédibilité.* »<sup>6</sup> En suivant cette voie, les psychanalystes américains eurent massivement tendance pendant tout le XX<sup>e</sup> siècle à considérer les récits d'incestes avérés comme des fantasmes œdipiens et non comme des souvenirs. Ceci contribua à amplifier les réactions et les protestations des courants féministes déjà très forts aux États-Unis.

## La rébellion féministe aux États-Unis et le « syndrome des faux souvenirs »

Le mouvement féministe puisa une partie de son énergie dans le rejet des confidences des enfants et des femmes réellement abusés. Ces victimes réelles, rejetées par les psychothérapeutes freudiens, se réfugièrent auprès de thérapeutes autoproclamés qui acceptaient de les écouter. Puis se joignirent à elles des femmes n'ayant pas de souvenirs d'inceste, mais que leur psy-

<sup>3</sup> Pour plus de détails, voir Han Israëls : « La théorie de la séduction : une idée qui n'a pas marché », dans C. Meyer et al., *Le Livre noir de la psychanalyse*. Paris, Les Arènes, 2005, p. 39-42.

<sup>4</sup> *Selbstdarstellung* (1925). Trad., Ma vie et la psychanalyse. Gallimard, coll. Idées, 1970, p. 44.

<sup>5</sup> « Bruchstück einer Hysterie-Analyse » (1905). Traduction : « Fragment d'une analyse d'hystérie (Dora) », dans *Cinq psychanalyses*. Paris, PUF, 1954, p. 55.

<sup>6</sup> R. Webster, *Why Freud was wrong. Sin, science, and psychoanalysis*. N.Y., Harper Collins & Basic Books, 1995. Traduction abrégée, *Le Freud inconnu. L'invention de la psychanalyse*. Éd. Exergue, 1998, p. 471.



chiatre ou psychothérapeute avaient diagnostiquées comme souffrant de souvenirs d'inceste refoulés. Des livres phares apparurent, tels que *The Courage to Heal* d'Ellen Bass et Laura Davis. Des groupes de thérapie pour « survivantes de l'inceste » se multiplièrent, puisant dans ces livres leurs arguments et leurs techniques de recouvrement de souvenirs<sup>7</sup>. Les auteurs utilisèrent la naïveté de ces femmes<sup>8</sup> : « *Si vous pensez avoir été abusée et que votre vie en porte les symptômes, alors c'est que vous l'avez été.* ». La liste des symptômes comprenait entre autres : la peur d'être seul dans l'obscurité, des cauchemars, une mauvaise image de son corps, des maux de tête, la nervosité, une faible estime de soi, etc.

Exprimant ses doutes, Webster écrit que, jamais jusqu'à aujourd'hui, on n'a pu apporter « *des preuves solides qu'un seul souvenir d'abus sexuel retrouvé en thérapie corresponde à de réels épisodes. On a en revanche abondamment prouvé que la mémoire, surtout la mémoire enfantine, est extraordinairement malléable et imprécise* ».<sup>9</sup> (1998, p. 484)

## Les « souvenirs refoulés » aux États-Unis dans les années 80

Le phénomène des faux souvenirs retrouvés en psychothérapie se propagea aux États-Unis : « *Cette fièvre gagna en premier des thérapeutes de la nouvelle vague, ceux qui utilisaient l'hypnose, des techniques de relaxation, le travail sur le corps ou des conditionnements émotionnels divers. Mais elle s'empara bientôt de psychiatres et psychothérapeutes formés à la psychanalyse de la vieille école, ainsi que de nombreux jeunes psychanalystes. [...] Au milieu des années 1980, l'idée (désormais médiatiquement acclamée) que des millions de gens aux États-Unis souffraient de souvenirs refoulés d'inceste, alimentait une gigantesque machine thérapeutique à produire des faux souvenirs.*<sup>10</sup> »

Comment est-il possible que des individus, n'ayant eu jusque-là aucun souvenir d'abus sexuel subi dans leur enfance, puissent en « retrouver » vingt ou trente ans plus tard, après quelques semaines ou quelques mois de thérapie ?

<sup>7</sup> Ibidem, p. 482.

<sup>8</sup> Ellen Bass & Laura Davis, *The Courage to Heal : A Guide for Women Survivors of Child Sexual Abuse*, Read Consumer Books, 1990, p. 22.

<sup>9</sup> Ibidem, p. 484.

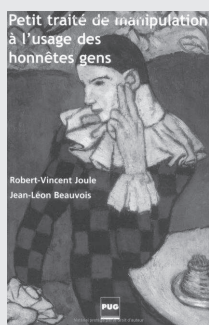
<sup>10</sup> Ibidem, p. 482.

## La soumission librement consentie, terreau de la manipulation mentale

Comment l'être humain peut-il céder à la pression, à la suggestion, à la manipulation d'un psychothérapeute, qu'il soit médecin-psychiatre, diplômé, reconnu par ses pairs, installé dans l'institution ou qu'il soit psychanalyste, psychologue ou simple thérapeute autoproclamé ? Pour le comprendre, il faut se placer dans la perspective du besoin de soin et de guérison auquel aspire un patient fragilisé. Son aspiration à aller mieux le rend perméable aux injonctions du psychothérapeute. C'est pour cela qu'il va le voir au départ. Le thérapeute le lui rappelle chaque fois que son courage

faiblit, afin qu'il ne s'arrête pas en si bon chemin.

### Petit traité de manipulation à l'usage des honnêtes gens



**Robert-Vincent Joule et Jean-Léon Beauvois** ont montré que la pierre angulaire de la manipulation mentale et de son succès, c'est le sentiment de liberté de l'individu dans sa soumission à l'autorité.

Presses Universitaires de Grenoble, nouvelle édition, 2004.

Robert-Vincent Joule et Jean-Léon Beauvois ont montré que la pierre angulaire de la manipulation mentale et de son succès, c'est le sentiment de liberté de l'individu dans sa soumission à l'autorité<sup>11</sup>.

Le patient en psychothérapie éprouve ce sentiment de liberté face à son thérapeute, tout en se soumettant à son autorité. Tout d'abord, c'est de son plein gré qu'il est là, personne ne pouvant contraindre personne à entrer en

psychothérapie. Ensuite, le thérapeute s'efforce de lui donner l'impression qu'il découvre par lui-même le sens et la cause de son mal-être dans des rêves ou des symptômes. Dans le cas des TMR, il se borne à suggérer qu'il faut retrouver les souvenirs refoulés d'abus sexuels pour aller mieux.

Le patient, malgré ses doutes, ses appréhensions, ses réticences, se sent engagé dans un processus de soumission à l'autorité d'un médecin des âmes, spécialiste de la psyché, entité abstraite en laquelle se jouent sa guérison et même son bonheur. Il met sa vie entre ses mains, renonce à son esprit critique, délègue sa responsabilité. L'influence du thérapeute est toujours présente. Jacques Van Rillaer constate : « *Dans une psychanalyse, même si l'analyste ne dit pas grand chose, il influence puissamment l'analysant. [...] Il n'est donc pas étonnant que les personnes en analyse chez un freudien parlent surtout de sexualité, que ceux qui sont chez un lacanien finissent par faire tout le temps des jeux de mots, et que ceux qui sont chez un jungien voient des archétypes partout.* »

<sup>11</sup> R.-V. Joule & J.-L. Beauvois, *Petit traité de manipulation à l'usage des gens honnêtes*. Presses de l'Université de Grenoble, 1987. Nouvelle édition en 2004.

<sup>12</sup> Observatoire Zététique, Bénéfices et préjudices de la Psychanalyse. Conférence 22/03/2007. <http://www.observatoire-zetetique.org/page/doc.php?ecrit=9&ecritId=56>

Pour Joule et Beauvois, la cure analytique se referme progressivement comme un piège sur les patients : « [...] qu'on le veuille ou non, une psychanalyse a toutes les propriétés d'un piège abscons. Le patient a décidé de s'engager dans un long processus de dépense (en argent, en temps, en énergie).

1) *Que le patient en soit conscient ou pas, l'atteinte du but n'est pas certaine, et ceci d'autant plus que son psychanalyste lui-même peut considérer ce but comme un fantasme ou un "surcroît".*

2) *La situation est telle que le patient peut avoir l'impression que chaque dépense le rapproche davantage du but.*

3) *Le processus se poursuit sauf si le patient décide activement de l'arrêter.*

4) *Le patient n'a pas fixé au départ de limite à ses investissements.<sup>13</sup>*

Cette analyse s'applique aussi aux TMR, qui en réunissent les principaux aspects : engagement ressenti comme libre, durée indéterminée, prix, désir de guérison, difficulté à dire « stop, j'arrête »...

Le patient se voit assigner une tâche supplémentaire : retrouver des souvenirs, accuser les coupables présumés, leur faire payer leurs crimes. L'impossibilité de trouver la guérison malgré les promesses du psychothérapeute le met dans une dépendance qui peut se révéler parfois définitive.

## Les victimes des thérapies de la mémoire retrouvée

Les victimes des TMR sont d'abord les patients qui recouvrent des souvenirs « refoulés », puis les parents qui, accusés, n'ont aucun moyen de prouver leur innocence. Certains patients cependant reprennent contact avec leur famille, mais refusent de parler de ce qui s'est passé. Plus rien n'est comme avant. Une mère américaine prend, pour le dire, l'image d'un vase de Chine, qui recollé ne sera plus jamais le même. Le plus grand tort des TMR est de ne pas différencier les vrais témoignages des faux, les vrais souvenirs des faux, et ce faisant, de nuire à tous.

### Les illusions de la psychanalyse

« Dans une psychanalyse, même si l'analyste ne dit pas grand chose, il influence puissamment l'analysant. [...] Il n'est donc pas étonnant que les personnes en analyse chez un freudien parlent surtout de sexualité, que ceux qui sont chez un lacanien finissent par faire tout le temps des jeux de mots, et que ceux qui sont chez un jungien voient des archétypes partout ».



Jacques Van Rillaer, psychologue et professeur à l'Université de Louvain-la-Neuve, est l'auteur de *Psychologie de la vie quotidienne*, paru en 2003 aux éditions Odile Jacob. Un chapitre intitulé « L'inconscient et ses mythologies » développe

le phénomène des « souvenirs sans événements » et des « événements sans souvenir ».

<sup>13</sup> Op. cit., p. 42.

## Force et fragilité de la mémoire

Montaigne disait : « *C'est un outil d'un merveilleux secours que la mémoire, et sans lequel le jugement a bien de la peine à remplir son rôle.* » En fait, c'est toute la vie psychique qui s'appuie sur la mémoire. Lorsque la fonction mnésique se détériore, les perceptions les plus simples et la compréhension élémentaire s'en trouvent gravement perturbées. Dans des cas extrêmes, chez certains cérébrolésés, la personne perd le sentiment de sa propre identité.

Les mécanismes de la mémorisation ont évolué, chez l'Homo sapiens, tout au long de la phylogenèse. On peut s'émerveiller de notre capacité actuelle à nous souvenir, condition indispensable à la survie de notre espèce et à nos étonnantes réalisations intellectuelles. On comprend que les Grecs de l'Antiquité aient fait de la mémoire une déesse, Mnémosyne, la mère des Muses qui président à toutes les connaissances. Il importe toutefois de reconnaître l'imperfection de cet « outil d'un merveilleux secours ». Les observations recueillies par la psychologie scientifique, depuis plus d'un siècle, démontrent clairement une fréquence d'erreurs et d'illusions dans l'évocation des souvenirs, que les non-spécialistes ne peuvent imaginer.

La mise en évidence du manque de fiabilité d'une partie importante de nos souvenirs est profondément déstabilisante et suscite beaucoup de résistances. C'est un des acquis essentiels de la psychologie contemporaine. À méconnaître le fonctionnement de la mémoire, des innocents sont condamnés sur la base de témoignages erronés formulés de bonne foi, des patients en psychothérapie accusent à tort des parents d'avoir commis des abus sexuels, des adultes, qui ne sont ni fous ni débiles, s'imaginent avoir vécu des vies antérieures ou avoir été victimes de sévices commis par des extraterrestres.

Jacques van Rillaer, *Psychologie de la vie quotidienne*, Éditions Odile Jacob, 2003, page 187.

## Que faire ?

En 1992, s'est créée aux États-Unis la *False Memory Syndrome Foundation* (FMSF)<sup>14</sup>. De nombreux chercheurs et professeurs d'université américains, dont Elizabeth Loftus<sup>15</sup>, ont travaillé sur ce sujet. En Grande-Bretagne, la *British False Memory Society* (BFMS)<sup>16</sup> a été fondée en 1993. En France, l'association *Alerte Faux Souvenirs Induits* (AFSI) a été créée en 2005. Un site Internet, *Francefms*, a été créé en 2000. Il a pris le nom de *Psyfmfrance* en 2008<sup>17</sup>.

Si aujourd'hui le phénomène a fortement régressé aux États-Unis (voir figure), il continue à se développer en Europe et en France<sup>18</sup>.

Freud n'est sans doute pas directement responsable des thérapies de la fausse mémoire. En revanche, le freudisme l'est, car ces thérapies ont

<sup>14</sup> <http://www.fmsfonline.org/>

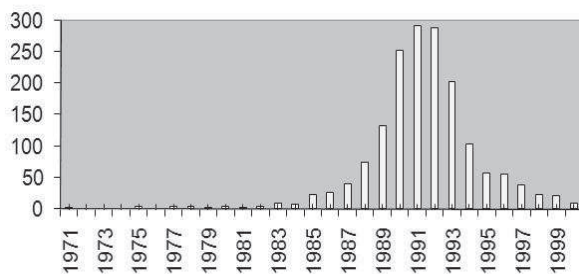
<sup>15</sup> Voir encadré.

<sup>16</sup> <http://www.bfms.org.uk/>

<sup>17</sup> <http://www.psyfmfrance.fr>

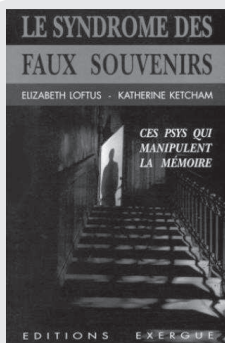
<sup>18</sup> Paul R. MacHugh, MD, Harold I. Lief, MD, Pamela P. Freyd, PhD and Janet M. Fetkewicz, MA. « From Refusal to Reconciliation ». *The Journal of Nervous and Mental Disease*, Vol 192 Number 8, August 2004.





Le graphique indique pour chaque année le nombre de cas d'accusations survenus aux États-Unis pendant la période de 1970 à 2000, sur un échantillon de 1734 questionnaires envoyés aux abonnés à la Newsletter de la FMFS (False Memory Syndrome Foundation).

emprunté à la psychanalyse ses idées et ses méthodes. Et c'est dans les errements du freudisme qu'elles ont tiré leur origine et leur force.



Professeur de psychologie à l'université de Washington puis à Irvine, **Elizabeth Loftus** a centré ses recherches sur la mémoire humaine et plus particulièrement sur le phénomène des faux souvenirs. Auteur, avec K. Ketcham, de *Le syndrome des faux souvenirs*, éditions Exergue, 1997.

L'histoire de ce phénomène des faux souvenirs au XX<sup>e</sup> siècle risque de s'étendre largement au XXI<sup>e</sup> si l'on ne parvient pas à stopper sa propagation en fragilisant ses supports théoriques devenus caducs.

Cependant quelques lueurs d'espoir se font jour. Eric Kandel<sup>19</sup> expose ses recherches actuelles et celles des neurobiologistes. Il met en relief le caractère modelable et falsifiable de la mémoire. Les associations professionnelles de psychologues en Grande-Bretagne et aux USA ont mis en garde et même interdit à leurs membres dès 1997 d'employer des thérapies de recouvrement des souvenirs. On ne peut que souhaiter que les psychothérapeutes qui utilisent les TMR prennent conscience du non-sens de leur pratique et de l'ampleur des dégâts humains qu'ils provoquent. En France, le rapport de la *Miviludes* (Mission Interministérielle de Vigilance et de Lutte contre les Dérives Sectaires), publié en avril 2008, dénonce ces thérapies déviantes et contribue à mettre en pleine lumière ce phénomène. ■

<sup>14</sup> <http://www.fmsfonline.org/>

<sup>15</sup> Voir encadré.

<sup>16</sup> <http://www.bfms.org.uk/>

<sup>17</sup> <http://www.psyfmfrance.fr>

<sup>18</sup> Paul R. MacHugh, MD, Harold I. Lief, MD, Pamela P. Freyd, PhD and Janet M. Fetkewicz, MA. « From Refusal to Reconciliation ».. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, Vol 192 Number 8, August 2004.

<sup>19</sup> Eric Kandel, *À la recherche de la mémoire : une nouvelle théorie de l'esprit*. Odile Jacob, 2007.

<http://www.pseudo-sciences.org>

Le site Internet de l'AFIS et de la revue *Science et pseudo-sciences*



## La dégustation de vin serait-elle une pseudo-science ?

La dégustation de vins serait-elle une pseudo-science ? C'est en tout cas ce qui semble ressortir d'une étude publiée par le *Journal of Wine Economics*<sup>1</sup> et menée par Robert Hodgson, professeur à la Humboldt State University en Californie. Entre 2005 et 2008, les performances de juges-experts ont été analysées à l'occasion de quelques grands concours de vin. Des panels de juges (au total, près de 70 chaque année) se voyaient proposés une série de trente vins. Mais au lieu



de goûter trente crus différents, des échantillons issus d'une même bouteille étaient insérés, à l'insu des experts. Seuls 10 % des juges ont fait preuve d'une cohérence dans leur évaluation portant sur le même vin. Pour 10 %, à l'opposé, une même bouteille pouvait passer de « médaille d'or » à vin médiocre.

Ces résultats viennent s'ajouter à un autre résultat déjà bien connu : l'absence de concordance entre les différents juges. Le journal *Courrier*

*International*<sup>2</sup>, qui relate également l'expérience, rappelle d'autres précédents illustrant les risques d'une véritable évaluation à l'aveugle : des bouteilles à 2 dollars vendues dans les supermarchés économiques de la région nettement mieux classées que les grands crus de la vallée de Napa, la confusion entre cépage cabernet, sauvignon ou merlot, etc. Le même journal rapporte d'autres expériences menées en France par le chercheur Gil Morrot : 54 spécialistes n'ont pas su reconnaître la supercherie, par simple analyse olfactive, d'un vin blanc coloré artificiellement en rouge. Il semble en réalité que de nombreux facteurs subjectifs viennent troubler l'analyse :

la lumière ambiante, bien entendu, l'étiquette si elle est présente, mais aussi... le prix. Une étiquette annonçant un Château Petrus hors de prix contribue déjà à une bonne partie de la qualité perçue...

Alors, les bons juges seraient-ils rares ? Le chercheur californien par qui le scandale est arrivé semble également écarter cette hypothèse : d'une année sur l'autre, ce ne sont pas les mêmes juges qui sont performants.

<sup>1</sup> [http://www.wine-economics.org/journal/content/Volume3/number2/Full%20Texts/01\\_wine%20economics\\_Robert%20T.%20Hodgson%20\(105-113\).pdf](http://www.wine-economics.org/journal/content/Volume3/number2/Full%20Texts/01_wine%20economics_Robert%20T.%20Hodgson%20(105-113).pdf).

<sup>2</sup> *Courrier International*, n°410, 9 février 2009.

Mais après tout, pour les amateurs de vins, un plaisir subjectif reste objectivement un plaisir.

## Prédictions audacieuses

*« Les astrologues québécois sont unanimes: la population du Québec devra se serrer la ceinture en 2009 »*<sup>3</sup>. On le voit, les astrologues d'outre-Atlantique sont aussi audacieux dans leurs prédictions que ceux de la vieille Europe (voir notre précédent SPS). Mais ne nous résignons pas, recommande l'un d'eux : *« nous allons aussi connaître de belles choses [...], 2009 marquera un retour vers la foi et la spiritualité au sens large, et ce, partout à travers le monde. Nous allons voir la terre entière se mettre à genoux et prier »*. Une prière pour aider les astres ? Saint Thomas d'Aquin reste bien d'actualité... les astres inclinent mais ne décident pas.

## On n'est jamais trop prudent avant

Avant l'élection présidentielle américaine, les astres étaient, semble-t-il, indécis. Elisabeth Teissier a pris ainsi quelques précautions<sup>4</sup> : *« l'expérience m'a enseigné un paradoxe qui régit les élections : des influx positifs peuvent accompagner un échec (ce fut le cas de Mondale en 1988) et, à l'inverse, des influx négatifs refléter une élection (Reagan, qui gagna contre Mondale, lors de ces mêmes élections) »*. Des influx positifs qui sont en fait négatifs, et réciproquement. De quoi se rattraper à toutes les branches. Mais une fois l'élection

passée, il devient plus simple de « prédire » ce qui est arrivé. Barak Obama, *« personnage charismatique semble a priori être né pour cela : devenir président, tant il semble assumer naturellement, en Lion royal, cette impressionnante charge. Son ciel montre qu'il est né pour changer les choses (Uranus/Nœud Nord + Ascendant Verseau). Plusieurs facteurs de son ciel natal montrent qu'Obama et les USA ont un bout de chemin à parcourir ensemble »*.

## « Technologie de pointe » et pays émergent

*« Avec Nokia Life Tools, nous contribuons à combler le fossé numérique en communiquant les informations directement aux personnes par le biais de leur téléphone mobile »*, déclare Jawahar Kanjilal, responsable des services aux marchés émergents chez Nokia<sup>5</sup>. Trois services sont proposés : agriculture, éducation et... astrologie. Les pays dits avancés, on le voit, exportent ce qu'ils ont de mieux...

*Rubrique réalisée par  
Jean-Paul Krivine.*



<sup>3</sup> <http://fr.canoe.ca/infos/societe/archives/2008/12/20081217-144857.html>

<sup>4</sup> <http://www.eteissier.com>

<sup>5</sup> <http://www.giiks.com/6508-nokia-life-tools-la-technologie-au-service-des-pays-emergents/>



## Dialogue avec nos lecteurs

### Sectes et religions

Abonné à votre revue depuis un an, j'attends à chaque fois avec impatience le numéro suivant. J'ai pourtant été très surpris dans le dernier numéro de voir paraître un article d'Anne Morelli [...]. Le problème des sectes n'est pas la spiritualité, mais bien les dérives au sein de ces groupes et la dimension totalitaire de leur doctrine [...]. À la fin de son article, beaucoup pourraient en déduire que finalement, sectes et religions, même combat ! Donc, les sectes, un mythe ? [...].

La France est le pays des droits de l'homme et Mme Morelli a tout à fait le droit de s'exprimer, tout comme les sectes ont le droit d'exister et de s'exprimer. Scientologie, Témoins de Jéhovah... sont bien là, se rassemblent, font du prosélytisme, c'est la preuve que la liberté d'expression est bien respectée. [...].

*Franck M*

*nal juridique permettant de réprimer les dérives dangereuses (escroquerie, abus de faiblesse, pratiques médicales interdites, détournement de mineurs, soustraction à l'obligation d'instruction, etc.). Et la caractérisation de secte n'apporte finalement pas grand-chose. Bon nombre d'organismes mis en place par les autorités publiques préfèrent parler de « dérives sectaires », et donc préfèrent qualifier l'accusation plutôt que de stigmatiser globalement en tout ou rien. Et les dérives, passibles de poursuites pénales, peuvent s'appliquer (et s'appliquent) tout autant à des « religions » qu'à des « sectes », pour ceux qui veulent garder cette dernière dénomination.*

*J.-P. K.*

### Oscillateurs magnétiques de compensation

Vous êtes-vous déjà penché sur le cas des « oscillateurs magnétiques de compensation », objets censés protéger des rayonnements électromagnétiques ? Je flaire la grosse arnaque, mais je ne trouve aucune analyse sérieuse sur le sujet.

*Arnaud L.*

**SPS** *L'article d'Anne Morelli, que nous avons publié dans notre numéro 282, réfutait la pertinence de la création d'une catégorie « secte » en montrant qu'aucun des critères que l'on a tenté d'exhiber pour marquer la frontière entre secte et religion n'était opérant. Pour autant, abandonner la catégorisation secte / non-secte signifie-t-il laisser la place à toutes les dérives ? Bien au contraire : il existe un arse-*

**SPS** *Les objets aux pouvoirs prétendument magiques fleurissent. Tous les sujets sont bons, et particulièrement ceux qui sont l'objet de peurs et de rumeurs. Concernant les « compensateurs » que vous mentionnez, le lecteur a de quoi être*

*impressionné : « 10 ans de tests en hôpitaux et universités », des noms d'instituts et de professeurs à l'appui. Mais malheureusement, aucune référence précise. Leurs promoteurs jouent sur le fait que personne n'a vraiment le temps d'aller vérifier toutes leurs allégations. De tels objets sont légions. Toutefois, il se trouve que justement, le numéro de Science et pseudo-sciences que vous avez entre les mains consacre son dossier aux ondes et champs électromagnétiques, et que notre collaborateur Jean Günther, dans sa rubrique « Sornettes sur Internet » consacre quelques lignes à ce sujet. Et vous avez bien sûr raison : aucun fondement scientifique.*

## La faim dans le monde

Bonjour, et tout d'abord bravo et merci pour votre excellent travail. L'introduction de l'article « Alimentation et santé » (SPS n°283) indique que « chaque jour, près de 15 000 enfants meurent de faim » dans le monde. Ce chiffre terrifiant me semble difficile à croire, et j'ai cherché vainement à en trouver confirmation. On le retrouve sous diverses formes sur les sites de nombreuses ONG (14 000 à 18 000 par jour, 5 à 6 millions par an), mais sans qu'aucune source soit jamais citée. Pourriez-vous m'indiquer quelle source fiable a été utilisée ?

Je ne doute pas que si on ajoute les décès d'enfants dus à toutes les causes engendrées par la malnutrition, le total puisse atteindre le chiffre effrayant de 15 000 par jour ou 6 millions par an. Ce qui me pose souci, c'est que l'expression « mort de faim » évoque l'image de décès

imputables directement au manque de nourriture, ce qui semble un fléau relativement facile à endiguer. Nos opinions publiques peuvent avoir mauvaise conscience à l'idée que des sacs de riz suffiraient à sauver des milliers d'enfants innocents. Autre chose serait d'éradiquer des maladies aussi diverses que le paludisme ou le choléra, sans parler des pratiques néonatales.

Pour information, on peut facilement confirmer l'autre chiffre que vous donnez (865 millions souffrent de dénutrition).

Je me suis permis ces remarques car je considère que la mission de l'AFIS lui impose, par rapport aux autres médias, un niveau plus élevé de précision dans l'information et ses sources. Quoi qu'il en soit, bravo encore pour votre excellent travail, et formons le souhait qu'un plus vaste public saura le reconnaître.

Bruno P.



*Merci pour vos encouragements. L'évaluation du nombre de décès imputables à la malnutrition est sans doute délicate à établir de façon précise. La FAO, dans un document de 2005 indique : « la faim et la malnutrition sont les causes sous-jacentes de plus de la moitié des décès d'enfants ; elles tuent presque 6 millions d'enfants chaque année ». Ce qui fait un peu plus de 15 000 par jour. La FAO donne ce chiffre tout en précisant la difficulté d'attribution de la cause du décès : « la grande majorité est tuée par des troubles néonataux et par quelques maladies infectieuses curables, notamment la diarrhée, la pneumonie, le paludisme et la rou-*



geole ». Vous avez donc raison dans les précisions que vous apportez.

Référence du document :

<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/a0200f/a0199f.pdf>.

## Astrologie et constellations

J'ai pris connaissance de votre note de lecture du mois de janvier rappelant pour l'astrologie le problème des 13 constellations (SPS n°284). Et je voulais vous poser une question toute simple que jamais on ne voit développée dans les critiques de l'astrologie (pour raison d'évidence) : pourquoi les astrologues devraient-ils revenir aux constellations ? Car c'est là le préalable nécessaire des critiques portant sur ce thème puisque les astrologues ne se réfèrent plus aux constellations depuis belle lurette.

S. B



*Le ciel tel que le considèrent les astrologues ne correspond pas à celui que les astronomes peuvent observer. Pour les astrologues, les 12 signes du zodiaque sont des rectangles dans le ciel, d'égales dimensions. Il y a 2 millénaires, il y avait une certaine correspondance entre ces signes (ces rectangles) et les constellations (regroupement d'étoiles « proches » en apparence). Mais en 2 000 ans, le phénomène de précession des équinoxes, déjà connu des Grecs, a fait que cette correspondance a disparu. Les constellations se sont « déplacées » d'environ un signe, produit du mouvement de toupie que fait la terre dans sa rotation sur elle-même. Par ailleurs, la correspondance n'était qu'approxi-*

*mative. Les constellations sont des regroupements d'étoiles « apparemment proches » qui servent « pour s'y retrouver » dans l'observation du ciel. En réalité, d'ailleurs, la troisième dimension, la profondeur du ciel, peut faire que la distance réelle soit très importante, mais, vues de nous, les étoiles d'une même constellation sont « proches », au sens de l'angle qu'elles font entre elles. Les Anciens y ont vu toutes sortes de créatures ou d'objets, à la base des noms qui leur ont été attribuées, et des pouvoirs que les astrologues leur ont conférées. Or, les constellations sont loin d'avoir l'uniformité et la régularité des « rectangles » représentant les signes astrologiques. Enfin, les astronomes, aujourd'hui, reconnaissent dans leurs conventions 13 constellations zodiacales et non pas 12.*

*Quelle importance pour l'astrologie ? Une seule : il n'y a strictement plus aucune correspondance entre les signes astrologiques du zodiaque et les constellations du même nom. Or, les astrologues interprètent les horoscopes par la symbolique associée aux noms des constellations (un Poisson n'est pas un Taureau, et un Poisson fonceur, ce n'est pas du même effet...). C'est donc qu'ils font encore référence à ces constellations. Une contradiction interne en quelque sorte. Certaines astrologues, pour préserver les apparences, tiennent compte de ce phénomène de « décalage ». D'autres non. Les uns accusent les autres de se tromper... Qu'ils se rassurent, la raison a bien d'autres raisons pour affirmer que tous se trompent, ou nous trompent.*

J.-P. K.



# Livres et revues



## *Les origines du mal : une histoire du péché originel*

Georges Minois

Fayard, 2002, 440 pages, 22 €



Pourquoi les hommes sont-ils mortels ? Pourquoi souffrent-ils tellement et font-ils souvent souffrir leurs semblables ? Depuis l'Antiquité, des hommes élaborent des explications surnaturelles. Le premier livre de la Bible en présente une qui aura un impact énorme sur les croyances et la vie d'une multitude d'hommes. Vers le VI<sup>e</sup> siècle avant notre ère, les rédacteurs de la Genèse ont imaginé un récit qui attribue l'essentiel de la responsabilité au Diable (le tentateur, jaloux de la nouvelle créature de Dieu), à Ève (la première à commettre « la » faute) et à Adam (qui s'est laissé séduire par sa femme).

Le récit de la consommation du fruit défendu occupe une place minime dans l'Ancien Testament. Il n'est pas mentionné dans les Évangiles. C'est Paul de Tarse (St Paul) qui a lancé l'idée que le Christ s'est incarné et a subi le supplice de la croix, pour que Dieu le Père pardonne le péché commis par Adam et Ève, un péché qui a scellé le sort de l'Humanité entière : l'expulsion de l'Éden, la transmission de ce péché à tous les hommes, la condition d'être mortel, les souffrances de l'accouchement, la domination de la femme par l'homme, l'obligation de travailler, la honte de la nudité.

Jusqu'à la fin du IV<sup>e</sup> siècle, les chrétiens ont avancé des opinions contradictoires sur la culpabilité d'Adam et Ève et sur l'impact de ce péché (le mal est alors souvent expliqué par l'action du Diable). Augustin d'Hippone (St Augustin), un évêque africain obsédé par le problème du mal, est l'inventeur de l'expression « péché originel » et le grand artisan d'une lecture littérale du récit de la Chute. Il organise des conciles à Carthage, qui aboutissent à l'affirmation de la doctrine du péché originel par le pape en 418. À partir de ce moment, le problème est réglé pour l'Église. Simplement les théologiens consacreront une énergie considérable à comprendre, à expliquer et à justifier une idée qui paraîtra, au fil des siècles, de plus en plus incompréhensible et même scandaleuse : Dieu, tout-puissant et infiniment bon, a condamné sans pitié l'humanité entière à d'injustes souffrances, par la faute de ses deux premières créatures et n'a accepté de pardonner que parce que son Fils bien-aimé a subi un supplice effroyable.

Au XVI<sup>e</sup> siècle, l'interprétation du récit de la Chute devient une « pomme » de discorde entre catholiques et protestants. C'est alors que l'Église

romaine veut en quelque sorte clôturer le procès d'Adam. Aussi le concile de Trente fait-il du péché originel un *dogme*. Désormais tout catholique qui refuse le caractère historique du récit biblique est hérétique et encourt l'anathème. Autres dogmes du même concile : tous les hommes – à l'exception de la mère du Christ, « l'Immaculée Conception » – héritent du péché originel et doivent être baptisés pour qu'il soit effacé. Les enfants sans baptême ne peuvent aller au ciel. Leur âme va dans un endroit déjà imaginé par Thomas d'Aquin au XIII<sup>e</sup> siècle : les limbes.

L'Église s'interdit de revenir sur les dogmes qu'elle a proclamés et ne peut donc faire autrement, aujourd'hui, que de continuer à affirmer, comme « *vérités essentielles de la foi* », le caractère *historique* du péché d'Adam et le rachat de ce péché par le supplice du Christ. Ces dogmes sont donc répétés dans la dernière version du *Catéchisme de l'Église catholique*, publié par le Vatican en 1997 (éd. française en 1998 aux éd. du Cerf). L'Église reconnaît toutefois le caractère irrationnel de ses explications : « *La permission divine de l'activité diabolique est un grand mystère* » (*Catéchisme*, § 395), « *La transmission du péché originel est un mystère que nous ne pouvons comprendre pleinement* » (§ 404).

G. Minois montre que, tout au long de l'histoire du christianisme, des auteurs ont imaginé des interprétations symboliques du récit biblique : par exemple Pélage au IV<sup>e</sup> siècle ou Laménais au XIX<sup>e</sup>. Ces conceptions ont été systématiquement refusées par l'Autorité catholique et les protestants fondamentalistes. L'énoncé de ces conceptions valait à leurs auteurs l'excommunication de l'Église et autres sanctions (à commencer par Pélage, qui fut expulsé de Rome et dont les biens furent confisqués).

À partir des années 1960, la question du péché originel a suscité une profusion de spéculations théologiques, publiées parfois dans un langage incompréhensible pour le commun des mortels. À titre d'exemple, citons Louis Panier, professeur à la Faculté théologique de Lyon, qui s'exprime en langage lacanien. Après avoir rappelé qu'il ne sait pas ce qu'est le péché originel, mais que le texte biblique contient « *une vérité qui [le] concerne en tant que sujet* », Panier réinterprète tous les éléments du récit. Par exemple, le fait que Dieu ait dit à Ève, en la chassant du paradis, « *ton mari dominera sur toi* » serait à entendre comme ceci : « *Dieu n'établit pas le pouvoir des hommes, il révèle à la femme la faille "insue" où il sera question pour elle d'entendre l'altérité de la parole.* » (*Le Péché originel*, éd. du Cerf, 1996, p. 96). Sa conclusion : « *Le péché originel concerne donc ce qui en chaque homme structure l'humanité, pour autant que pour chaque "un" l'unicité est signifiée, posée sous un signifiant qui se détache dans le réel (dans la chair du monde), ce sur quoi s'établit cette humanité singulière.* » (p. 146). On en vient à se demander s'il faut embrasser la foi lacanienne pour conserver la foi dans le catholicisme.

L'ouvrage de Minois fait voyager à travers toute l'histoire de la culture chrétienne. En effet, la doctrine du péché originel a façonné l'image occidentale de l'homme. Elle a alimenté la culpabilisation du plaisir sexuel (pour beaucoup de théologiens, Adam et Ève ont commis le péché de la chair), mais

aussi de la désobéissance et même de la connaissance scientifique. Elle a justifié l'ordre social (l'homme étant foncièrement incliné au mal, il faut de la violence pour maintenir l'ordre) et la misogynie – Paul de Tarse (St Paul) a affirmé que « *ce n'est pas Adam qui se laissa séduire, mais la femme qui, séduite, se rendit coupable de transgression* ». Le péché originel n'a pas seulement occupé les théologiens, il a été l'objet de réflexion pour de nombreux philosophes : Pascal, Leibniz, Kant, Hegel... Au XVIII<sup>e</sup> siècle, il est devenu la cible privilégiée des rationalistes. Au XIX<sup>e</sup>, Adam sera « tué » par le darwinisme. Les chrétiens qui accepteront la théorie de l'évolution en maintenant l'Adam historique devront se livrer à des contorsions intellectuelles qui aboutiront à la doctrine actuelle de l'Église : le corps est « tiré d'une matière déjà existante et vivante », mais chaque « âme » est créée par Dieu.

Minois consacre le dernier chapitre du livre aux progrès de la biologie et de la médecine, nouveaux « arbres de la connaissance ». Pour bon nombre de croyants, il y a là des risques de désobéissance à Dieu tout à fait comparable à celle d'Adam et Ève. On peut dès lors se demander si des représentants de religions, qui ont imposé des règles absurdes, ont leur place dans les comités d'éthique. La principale parade à l'ouvrage de Minois est joliment formulée par un théologien catholique dans la revue *Esprit & Vie* (2003, n° 81) : « *Disons d'emblée qu'un théologien rigoureux ne peut pas s'y retrouver, car G. Minois ne montre pas qu'il possède une intelligence spécifiquement théologique du thème qu'il aborde.* » L'objection est exactement celle que des psychanalystes font à ceux qui critiquent les dogmes freudiens. Lorsqu'en 1929, Georges Politzer critiqua la psychanalyse, Hesnard écrivit : « *M. Politzer juge ici, manifestement, notre mouvement psychanalytique en homme du monde, en théoricien, en lecteur, quelle que soit sa perspicacité psychologique. Il n'y participe pas, n'étant pas praticien ni directement observateur, – comme, hélas, tous les critiques de la psychanalyse*<sup>1</sup> ».

Jacques Van Rillaer

## ***Le Cygne Noir – La puissance de l'imprévisible***

Nassim Nicholas Taleb

Les Belles Lettres, 2008, 496 pages, 23 €



« *Un roman que vous aimez est semblable à un ami. Vous le lisez et le relisez, apprenant ainsi à mieux le connaître.* » (p. 135)

Nassim Nicholas Taleb est un Libano-américain polyglotte (y compris en langues anciennes), ancien trader à Wall Street, philosophe des sciences du hasard et expert en mathématiques financières. Il se consacre aujourd'hui à l'écriture et enseigne les rapports entre l'épistémologie et les sciences de l'incertitude à l'Institut polytechnique de la *New York University* où il a reçu le titre prestigieux de *distinguished professor*.

<sup>1</sup> G. Politzer, G. (1969) *Écrits 2. Les fondements de la psychologie*. Textes réunis par J. Debouzy. Éd. Sociales, P. 215. .

Le titre du livre fait allusion à l'anecdote selon laquelle, avant la découverte de l'Australie, on considérait que tous les cygnes, sans exception, étaient blancs. Il est sous-titré : *La puissance de l'imprévisible*.

C'est principalement de cela dont il est question mais aussi de notre cécité devant les « Cygnes Noirs », ces « aberrations » définies comme étant des événements inattendus parce que très improbables (qui ne se sont jamais produits dans le passé), qui ont des répercussions considérables et que l'on explique, ou tente d'expliquer, *a posteriori*. Selon l'auteur, « *notre monde est dominé par l'extrême, l'inconnu et le très improbable (improbable, selon notre connaissance actuelle)...* » (p. 22). Trop souvent, nous avons tendance à confondre *improbable* et *impossible*, nous sommes enfermés dans des schémas de pensées qui ne considèrent pas ce qui sort de la moyenne, nous utilisons des méthodes simplistes pour expliquer des phénomènes complexes. Toutes les « gaussianisations » ne sont pas fiables : c'est notamment le cas pour les phénomènes sociaux, économiques, politiques. Dans cet ouvrage, la « courbe en cloche » est nommée « *GEI* » pour « grande escroquerie intellectuelle » car elle n'observe que les faits qui se situent autour de la moyenne et ignore ou minimise les phénomènes extrêmes alors que ce sont *eux* qui expliquent la plupart des choses importantes dans ce monde : dynamique des événements historiques, succès des idées, religions, bouleversements technologiques, inventions, modes, émergence de courants artistiques, mais aussi épidémies, catastrophes, actes terroristes...

N.N. Taleb fait la distinction entre deux « provinces utopiques » : le Médiocristan et l'Extrémistan. Le premier – celui de la distribution normale – est le lieu « où l'on doit subir la tyrannie du collectif, du routinier, de l'évident et du prévu » tandis que, dans le second, « on est soumis à la tyrannie du singulier, de l'accidentel, de l'inédit, de l'imprévu » (p. 66). C'est dans ce dernier que surgissent principalement les Cygnes Noirs. Dans la province du Médiocristan, « *quand un échantillon est large, aucun élément ne peut modifier de manière significative l'agrégat ou le tout* » (p. 63). Ex. : Si on prend au hasard mille individus et qu'on y ajoute l'homme le plus lourd du monde, le poids de ce dernier n'aura qu'un faible impact sur la moyenne. En revanche, en Extrémistan, « *les inégalités sont telles qu'un seul et unique phénomène observé peut avoir un impact disproportionné sur l'agrégat ou le tout* » (p. 64). Ex. : Prenons la « valeur nette » des mille individus du premier exemple, et ajoutons-y Bill Gates : les mille personnes ne représenteront qu'un « arrondi » peut-être de quelques millions par rapport aux dizaines de milliards de Bill...

L'erreur à ne pas commettre est d'utiliser, en Extrémistan, les techniques de prévision propres au Médiocristan.

Ce que nous apprenons par l'observation et l'expérience est évidemment limité, et une autre erreur est de s'imaginer pouvoir connaître (et prévoir) l'avenir grâce à ce que l'on sait du passé. Pour illustrer le piège de l'induction, l'auteur reprend l'exemple du poulet de Russell qu'il trans-

forme, pour l'occasion et pour faire plaisir aux Américains, en dinde de *Thanksgiving*<sup>2</sup>.

Sont ensuite décrits différents biais de jugement ou de raisonnement qui font écran à notre vision du monde, comme p. ex. : l'erreur de confirmation<sup>3</sup>, celle de la flèche inversée<sup>4</sup>, ...

Nous avons tendance à surestimer ce que nous savons, nous pensons comprendre plus de choses que ce n'est le cas. Cette « arrogance épistémique » est plus ou moins importante selon les populations. L'auteur constate que, dans de nombreux domaines, le quidam et son instinct peuvent faire aussi bien que le spécialiste et ses modèles sophistiqués, la différence étant que le quidam se croit inepte et l'expert se croit compétent et est écouté : « *nous ne croyons plus à l'infailibilité du pape mais (...) nous semblons croire à celle du Nobel* » (p. 373). Pour identifier les véritables experts, une distinction peut être opérée entre « connaissance implicite, ou savoir-faire » (ex. : le chirurgien) et « connaissance explicite, ou savoir » (ex. : le prévisionniste financier). Si les experts jouent un rôle dans certaines professions (astronomes, champions d'échecs, physiciens...), il en est d'autres où l'on ne trouve aucune preuve de l'existence d'une expertise (psychiatres, analystes de l'intelligence, économistes...) (p. 200).

Certains économistes, cependant, sont plus lucides : N.N. Taleb cite Friedrich Hayek quand il « *s'élève contre l'emploi des outils de la science dure dans le domaine des sciences sociales* » (p. 240), mais il va plus loin et étend les faiblesses des connaissances sociales à « *toutes les connaissances sans exception* ». Si la physique est une science qui connaît des succès, dit-il, il ne faudrait pas les généraliser à *toutes* les sciences...

Suivent quelques chapitres plus techniques (« mais pas essentiels »), dont l'illustration, en finance et en économie, des idées directrices du livre<sup>5</sup>. Enfin, l'auteur propose rapidement quelques pistes pour ne pas être le « dindon de la farce »...

Voilà un *essai* qui porte bien son nom et qui remplit parfaitement son rôle : polémique et peut-être même partisan, il expose et analyse une réflexion personnelle subjective et ouvre les débats ; il n'a pas la prétention d'apporter des démonstrations et peut se permettre l'approximation car ce n'est ni un traité scientifique, ni une étude. La métaphore y est largement utilisée. Si certains thèmes nous semblent déjà connus, la façon hétérodoxe de les évoquer est originale et stimulante. Cet essai a aussi le mérite de se distinguer par un humour, quelquefois pugnace, et un ton enjoué qui n'enlèvent rien à sa qualité, confirmant ce que nous savons bien : il n'est pas

<sup>2</sup> Pendant mille jours, la dinde est nourrie par le fermier. Le mille et unième jour, c'est la même main qui lui tord le cou. Comment aurait-elle pu prévoir ça ? C'est un Cygne Noir pour la dinde, mais pas pour le fermier. L'idéal serait de se rapprocher de la connaissance du fermier.

<sup>3</sup> Nous cherchons et trouvons des exemples qui confirment nos croyances, nos hypothèses, nos modèles et oublions qu'un seul exemple infirmatoire suffit pour les réfuter.

<sup>4</sup> C'est l'erreur qui nous fait confondre « absence de preuve » et « preuve de l'absence ».

<sup>5</sup> Pour illustrer, cf. N.N. Taleb dans un entretien à *La Tribune*, 23 septembre 2008 : « Plus la finance est mathématisée, plus c'est du baratin ».

nécessaire d'être ennuyeux pour parler de choses sérieuses. S'il doit convaincre, que ce soit dans son invitation à oser penser autrement, à remettre en question nos croyances et même certaines « certitudes » – surtout celles des « prophètes diplômés »<sup>6</sup>. Et à rester ouverts.

Nadine de Vos

## ***Géographie de l'environnement***

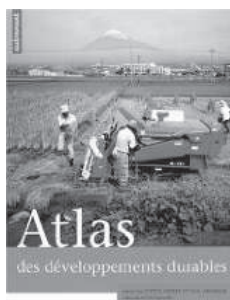
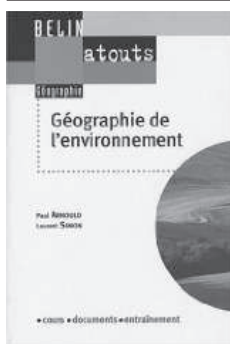
Paul ARNOULD et Laurent SIMON

Belin, 2007, 299 pages, 21 €

## ***Atlas des développements durables***

Paul ARNOULD et Yvette VEYRET (dir)

Autrement, 2008, 87 pages, 15 €



Si le premier ouvrage est paru dans une collection universitaire et le second dans une riche collection d'atlas « grand public », ils ont en commun d'illustrer ce que la géographie, discipline justement définie ici comme à la croisée des sciences de la nature et des sciences sociales, peut apporter comme contribution à la réflexion sur les rapports entre l'Homme et son environnement. Cet apport consiste ici à relativiser, voire parfois à dénoncer, ce qui est décrit comme un discours médiatique de crise, qui s'articule sur l'idée d'une « crise écologique globale » : *« Les chiffres du catastrophisme reposent le plus souvent sur des extrapolations hasardeuses : modèles de plus en plus perfectionnés mais encore incomplets pour le climat, définitions et estimations discutables pour ce qui est des superficies forestières, données très partielles pour ce qui est de la biodiversité. Ces chiffres, pourtant affichés le plus souvent sans nuance, font fi des inflexions dont sont capables les sociétés humaines »*. Paul Arnould et Laurent Simon plaident ainsi, à propos des questions climatiques, contre la tyrannie de la courbe globale, qu'ils voient à l'œuvre aussi bien du côté du GIEC que de certains cli-

mato-sceptiques comme le romancier Michael Crichton ou le statisticien danois Bjorn Lomborg. Les géographes préfèrent une mise en perspective spatiale et temporelle, qui témoigne de réalités différentes selon les échelles considérées (d'où le pluriel des développements durables de l'atlas). La *Géographie de l'environnement* balaie ainsi les différents thèmes que sont le réchauffement climatique, la biodiversité, la déforestation, les déserts, l'érosion des sols, etc., en proposant de nombreuses études de cas très stimulantes (déforestation au Vietnam, biodiversité à Madagascar, la

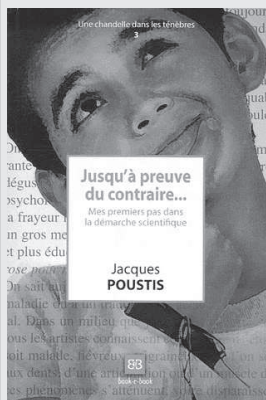
<sup>6</sup> Expression empruntée à l'article « Les disqualifiés », page 3 du *Monde Diplomatique* de novembre 2008. Ces « disqualifiés » étant certains économistes « qui dispensent la bonne parole dans les médias » et qui, finalement, n'ont fait que « montrer leur constance dans l'erreur ».



Méditerranée, etc.). On y trouve aussi d'intéressantes réflexions sur les mots utilisés pour décrire et penser les différents phénomènes : pour mesurer l'ampleur de la « désertification » ou de la « déforestation », encore faut-il se mettre d'accord sur ce qu'est un « désert » ou une « forêt » ! L'*Atlas des développements durables* se réfère à la définition du développement durable donnée dans le rapport Brundtland de 1987 : « *le développement qui répond aux besoins des générations actuelles sans compromettre ceux des générations futures* ». Les nombreux (et souvent prestigieux) géographes convoqués ici s'efforcent de restituer tous les enjeux de cette notion – écologiques, mais aussi économiques, sociaux et culturels –, loin des discours dans l'air du temps qui stigmatisent systématiquement l'activité humaine et prétendent mettre sous cloche une « nature » mythifiée.

Yann Kindo

Nos collaborateurs publient...



## Jusqu'à preuve du contraire

### Mes premiers pas dans la démarche scientifique

Jacques Poustis

Éditeur : book-e-book / Collection : Une chandelle dans les ténèbres, 9,90 €

Que vaut une démocratie sans formation du citoyen à l'esprit critique ? L'objectif de ce livre est de sensibiliser un public « non averti » aux caractéristiques de la méthodologie scientifique : rigueur expérimentale, exigence de preuves, reconnaissance de causalités, cohérence et universalité du propos. L'auteur de l'exposition « Science et pseudo-sciences » – exposition destinée initialement au monde enseignant – élargit les thématiques et son livre met en garde contre les influences conjuguées de médias sensationnalistes, de gourous déifiés, de charlatans sans scrupules ou d'illuminés sincères.

Il met l'accent sur les dangers de dérives sectaires, d'escroqueries cyniques et de cafouillages intellectuels où se confondent, sans discernement critique, l'indispensable liberté pour chacun de croire en ses rêves les plus fous et la nécessité vitale pour l'humanité de connaître la réalité des faits.

## Philippe Joudrier rejoint le conseil scientifique et comité de parrainage de l'AFIS



Philippe Joudrier est biologiste, ancien directeur de recherche à l'Institut national de la recherche agronomique (INRA). Il est un expert des biotechnologies végétales reconnu à l'échelle nationale et internationale. Partie prenante du service public de l'expertise scientifique, il préside le Comité d'Experts Spécialisé (CES) Biotechnologie de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA), en charge de l'évaluation des OGM proposés à l'alimentation animale et humaine.

## *Galilée et les Indiens*

*Allons-nous liquider la science ?*

Étienne Klein

Éditions Flammarion, 2008, 118 pages, 12 €

Étienne  
Klein  
Galilée et  
les Indiens

Flammarion

*« Je ne voudrais pas qu'on liquide l'esprit de la science au motif d'un mauvais usage du monde. » Page 21.*

Le titre commence par intriguer : il n'est pas habituel de juxtaposer le savant qu'était Galilée et un peuple de l'Amazonie. Mais Étienne Klein va très vite nous l'expliquer. Les Indiens, c'est une étape de son parcours personnel, qui lui a fait rencontrer en 2005, grâce à une de ses étudiantes, une tribu d'Amazonie venue à Paris défendre ses droits. En les écoutant, il prend conscience que tout comme nous, ils sont doués pour la conceptualisation, la logique, l'argumentation. Ils craignent que notre monde technologique ne détruise le leur, et le défendent avec intelligence, tout en entretenant avec la nature ce lien étroit fait de mythes et de croyances. L'auteur se plonge alors dans une réflexion sur le statut de la science occidentale qui, grâce à Galilée, a rompu avec la magie pour privilégier les faits et le langage mathématique. La nature devient extérieure à l'homme et peut ainsi être étudiée. Descartes renforcera cette attitude. Étienne Klein admet que cette rupture a sans doute conduit à des excès, à une certaine arrogance. D'étudiée, la nature se retrouve répudiée. Car en introduisant l'idée d'un monde mathématique, Galilée a involontairement et progressivement vidé le monde matériel de sa substance, mettant hors réalité les affects. Affects inutiles à une analyse méthodologique, certes, mais dont le glissement vers l'inutile entraîne alors le mépris et la mise au rebut de tout ce qui est humain.

Ne croyez pas pour autant que l'intention de ce livre soit de discréditer la science moderne initiée par Galilée, bien au contraire. É. Klein va tenter de faire le portrait d'une science belle et admirable, que les étudiants dédaignent de plus en plus, et que l'on doit absolument réhabiliter, en comprenant mieux le hiatus qui la sépare de notre société. Il dénoncera avec vigueur le relativisme qui envahit les disciplines, et qui fait dire à certains de ses étudiants *« qu'ils ne sont pas d'accord avec Einstein »*, ou que *« la science n'est qu'un récit parmi d'autres »*. Pourquoi le relativisme, qui affaiblit la science, est-il sur le point de conquérir les étudiants et le public ? Parce que la quête de vérité que mènent les savants leur paraît outrecuidante. Pourtant, qu'ils y parviennent ou non, les chercheurs ont besoin de ce moteur. Ils savent que la connaissance du monde est toujours incomplète mais ils espèrent pouvoir en combler quelques lacunes. É. Klein a une très belle expression au sujet de l'« objet-science » : il dit de lui qu'il est un « trésor d'incomplétude ».

Le petit livre d'Étienne Klein est un beau plaidoyer, très joliment écrit, où l'amour de la science parcourt les pages, comme un fil conducteur à ne pas lâcher. Malgré les constats alarmistes, il nous exhorte à rester confiants.

*Agnès Lenoire*

## Livres reçus



Grégory Chaitin, *Hasard et complexité en mathématiques*, Flammarion, 2009, 320 pages, 28 €.

Richard Gautier, Pierre Le Ruz, Daniel Oberhaussen et Roger Santini, *Votre GSM, votre santé : on vous ment. 208 pages pour rétablir la vérité*, Marco Pietteur Éditeur, 2006, 208 p, 20 €.

George Carlo et Martin Schram, *Téléphones portables : oui, ils sont dangereux !*, Éditions Carnot, 2001, 185 pages, 15 €.

Cédric Grimoult, *Sciences et politique en France de Descartes à la révolte des chercheurs*, Ellipses, 2008, 336 pages, 25 €.

Etienne Cendrier, *Et si la téléphonie mobile devenait un scandale sanitaire ?*, Éditions du

Rocher, 2008, 120 pages, 9,90 €.

Eric Godeau, *Le tabac en France de 1940 à nos jours : histoire d'un marché*, Presses Universitaires Paris-Sorbonne, 2008, 472 pages, 30 €.

Jonathan Siksou, *Le tabac passionnément ; Les carnets de l'info – Scrineo*, 2007, 160 pages, 17 €.

Bernadette Bensaude-Vincent, Raphaël Larrère et Vanessa Nurock (dir), *Bionano-éthique Perspectives critiques sur les bionanotechnologies*, Vuibert, 2008, 224 pages, 21 €.

Pierre Segond, *Travail social et soin psychologique, des éducateurs, des psys, des juges, les « sauvages » et leurs familles*, Éditions Érès, 2008, 155 pages, 20 €.

Oliver Sacks, *Musicophilia : la musique, le cerveau et nous*, Seuil, 2009, 472 pages, 25 €.

Gérard Lambert, *Vérole, cancer & cie. La société des maladies*, Seuil, 2009, 300 pages, 20 €.

Neil Shubin, *Au commencement était le poisson*, Robert Laffont, 2009, 256 pages, 20 €.

Marc Giraud, *Darwin c'est tout bête ! Mille et une histoires d'animaux pour comprendre l'évolution*, Robert Laffont, 2009, 352 pages, 21 €.

Nos collaborateurs publient...



## Vous avez dit hasard ? Entre mathématiques et psychologie Nicolas Gauvrit

Éditions Belin-Pour la science, 2009, 240 pages, 25 €

Quand les mathématiques et la psychologie parlent du hasard... Qu'est-ce que le hasard et existe-t-il vraiment ? Par quels mécanismes près d'un tiers des personnes interrogées répondent-elles 7 à la question « donnez un chiffre au hasard » ? Pourquoi n'y a-t-il rien d'improbable à partager un ami commun avec son voisin de siège en avion ? Découvrez la réponse à ces

questions et bien d'autres dans ce livre ludique et passionnant, à la croisée de deux disciplines : les mathématiques et la psychologie. Recourir aux mathématiques et à l'informatique paraît naturel pour définir formellement le hasard et en dégager les principales caractéristiques. Moins attendue pourtant est l'illusion qui nous affecte souvent face à l'imprévu et aux coïncidences : comme les psychologues l'ont montré, l'irrationalité de nos décisions, de nos superstitions, voire de nos croyances, tient en partie à une perception aussi fluctuante qu'imprécise du hasard ! C'est ce qu'illustre l'auteur à travers de nombreux exemples issus de notre quotidien, de l'horoscope au loto en passant par le biais d'alternance ou l'apparition de la vie sur Terre... Un dialogue inattendu entre deux domaines-phares du savoir, une invitation à la découverte fascinante du hasard.

**Abonnement, adhésion et commandes****Adhésion à l'AFIS (Association Française pour l'Information Scientifique)**

Cotisation pour l'année 2008 .....21 €

**Abonnement à la revue Science et pseudo-sciences (SPS)**

France. Un an : 5 numéros .....25 €

France. Deux ans : 10 numéros .....50 €

Étranger. Un an : 5 numéros .....30 €

Étranger. Deux ans : 10 numéros .....60 €

**Sous-Total abonnement et cotisation : .....€****Abonnés, faites des cadeaux à demi-tarif !**

J'offre .....abonnements à 5 numéros, à 12,5 € chacun

J'offre .....abonnements à 10 numéros, à 25 € chacun

Destinataires du ou des cadeaux :

Nom : ..... Prénom : .....

Adresse complète : .....

Nom : ..... Prénom : .....

Adresse complète : .....

(début de l'abonnement au prochain numéro).

**Commande d'anciens numéros** (indiquez les numéros)

4,5 € (du n°246 au n°275) : .....

5 € (à partir du n°276 et hors série) : .....

**Sous-Total cadeaux et anciens numéros : .....€****Total : .....€**

Nom : ..... Prénom : .....

Adresse complète : .....

.....

Mail : ..... Profession .....

Chèque à l'ordre de l'AFIS (uniquement en France) ou virement IBAN : FR 65 2004 100001 2100000P020 50. BIC : PSSTFRPPPAR. N° de compte : 20041 / 00001 / 2100000P020

**AFIS, 14 rue de l'École Polytechnique, 75005 PARIS**  
service.abonnements@pseudo-sciences.org

L'Association Française pour l'Information Scientifique se donne pour but de promouvoir la science contre ceux qui nient ses valeurs culturelles, la détournent vers des œuvres malfaisantes ou encore usent de son nom pour couvrir des entreprises charlatanesques. La science ne peut résoudre à elle seule les problèmes qui se posent à l'humanité, mais on ne peut les résoudre sans faire appel à la méthode scientifique. Les citoyens doivent être informés des progrès scientifiques et techniques et des questions qu'ils soulèvent, dans une forme accessible à tous et sans tenir compte de la pression des intérêts privés. Ils doivent être mis en garde contre les fausses sciences et ceux qui dans les médias leur prêtent la main par intérêt personnel ou mercantile.

Au travers de sa revue *Science et pseudo-sciences*, elle veut :

- retenir dans l'actualité scientifique et technique un certain nombre de faits pour en considérer d'abord la signification humaine ;
- diffuser une information scientifique constituée de nouvelles d'actualité dans toutes les branches de la recherche, dans un langage accessible à tous ;
- dénoncer sans réserve les marchands de fausses ou de pseudo-sciences (astrologie, soucoupes volantes, sectes, « paranormal », médecines fantaisistes) et les charlatans malfaisants pourvoyeurs de l'irrationnel ;
- défendre l'esprit scientifique contre la menace d'un nouvel obscurantisme.

Elle se veut indépendante des groupes de pression afin d'éviter toute concession au sensationnalisme, à la désinformation et à la complaisance pour l'irrationnel.



Anciens numéros disponibles sur commande  
(voir la liste sur notre site Internet)

La revue *Science et pseudo-sciences* a été créée en 1968

# Science et pseudo-sciences n°285

<i>Éditorial : Esprit critique, où es-tu ?</i> .....	1
<i>Du côté de la science</i> .....	3
<hr/>	
<b>Dossier « Ondes et champs électromagnétiques »</b>	
<b>Comment se retrouver dans l'information ?</b> ( <i>Anne Perrin</i> ) .....	10
<b>Ondes et champs électromagnétiques</b> ( <i>Alain Azoulay</i> ) .....	17
<b>Comment les animaux perçoivent-ils les champs magnétiques ?</b> ( <i>Henri Brugère</i> ) .....	25
<b>Faut-il avoir peur des champs magnétiques liés à l'électricité ?</b> ( <i>Martine Souques</i> ) .....	32
<b>Les leucémies de l'enfant et les champs basse-fréquences</b> ( <i>Jacqueline Clavel</i> ) .....	41
<b>Les animaux de ferme sont-ils le révélateur d'un danger pour l'homme ?</b> ( <i>Henri Brugère</i> ) .....	46
<b>Expertise scientifique et concertation pour les élevages agricoles</b> ( <i>François Gallouin</i> ) .....	54
<b>Les effets sanitaires éventuels des téléphones mobiles</b> ( <i>Bernard Veyret et Isabelle Lagroye</i> ) .....	57
<b>Les lampes basse-consommation</b> ( <i>Martine Souques</i> ) .....	63
<b>Après les jugements des tribunaux de Carpentras et de Tassin-la-Demi-Lune</b> ( <i>Communiqué de l'Académie de Médecine</i> ) .....	65
<b>L'étude <i>Interphone</i></b> ( <i>André Aurengo</i> ) .....	67
<b>L'étude <i>BioInitiative</i>, ou l'apparence de sérieux scientifique</b> ( <i>Jean-Paul Krivine</i> ) .....	69
<b>Les étiquettes intelligentes à radiofréquence (RFID)</b> ( <i>Jean-Claude Debouzy, David Crouzier et Anne Perrin</i> ) .....	73
<b>Les feux de Moirans-en-Montagne, ou l'expertise en situation de crise</b> ( <i>Marc Poumadère</i> ) .....	78
<b>Ondes et croyances paranormales</b> ( <i>Henri Brugère</i> ) .....	82
<b>Sornettes sur Internet : les « dispositifs protecteurs »</b> ( <i>Jean Günther</i> ) ..	91
<b>Débat : Les antennes relais rendent schizophrène, c'est prouvé !</b> ( <i>Jean-Paul Oury</i> ) .....	95
<hr/>	
<b>Faux souvenirs et thérapies de la mémoire retrouvée</b> ( <i>Brigitte Axelrad</i> ) .....	99
<i>Un monde fou, fou, fou...</i> .....	106
<i>Lecteurs et Internautas</i> .....	108
<i>Notes de lecture</i> .....	111

L 16571 - 285 - F: 5,00 € - RD

