

*Date de dépôt : 5 février 2013*

## **Rapport**

**de la Commission de la santé chargée d'étudier la proposition de motion de M<sup>me</sup> et MM. Mauro Poggia, Sandro Pistis, Jean-Marie Voumard, Thierry Cerutti, Philippe Schaller, Olivier Sauty, Roger Golay, Bertrand Buchs, Fabiano Forte, Florian Gander, Pascal Spuhler, André Python, Jean-François Girardet, Bernhard Riedweg et Dominique Rolle : Contrôler l'installation de micro-antennes de téléphonie mobile**

### **Rapport de M. Jacques Béné**

Mesdames et  
Messieurs les députés,

La Commission de la santé s'est réunie à 4 reprises pour traiter de cette motion, soit les 28 septembre, 5 octobre, 9 et 23 novembre 2013, sous la présidence experte de M<sup>me</sup> Nathalie Fontanet et de M. Mauro Poggia pour la séance du 23 novembre.

Les travaux ont été suivis par M. Pierre-François Unger, conseiller d'Etat, DARES, M. Adrien Bron, directeur général de la santé, DARES, M<sup>me</sup> Lucie Baillon, cheffe de secteur, service de l'air, du bruit et des rayonnements non ionisants (SABRA), DIME.

Les procès-verbaux ont été tenus par M. Guy Chevalley et M<sup>me</sup> Laura Platchkov.

Qu'ils soient tous remerciés pour leur contribution aux travaux de la commission.

### **Présentation de la motion par M. Mauro Poggia, premier signataire**

M. Poggia explique que le sujet est sensible. L'installation de centrales de téléphonie mobile est soumise à autorisation et la justice a estimé que l'intérêt public lié à ces services prime sur les nuisances. Les micro-antennes

constituent un objet non traité par le droit fédéral, raison pour laquelle M. Poggia avait adressé une question au Conseil fédéral sur le sujet (12.5116). La réponse du Conseil fédéral confirme leur existence, note que l'autorisation n'est pas obligatoire mais que les cantons pourraient l'exiger. Seul le canton de Zoug prévoit que leur installation soit notifiée par formulaire. Il n'existe pas d'inventaire à proprement parler mais les opérateurs sont tenus d'annoncer les composantes de leur réseau à l'OFCOM (toute installation supérieure à 1 watt doit être déclarée).

M. Poggia souligne que la multiplication des antennes est un inconvénient, mais aussi un avantage puisqu'elles évitent l'émission puissante des téléphones portables. Le commissaire estime qu'il serait bon de savoir dans quelles conditions sont installées les micro-antennes, de procéder à leur inventaire et de s'inquiéter de leur incidence sur la santé.

Un député (R) s'interroge sur le but de la motion, qui consiste en une série de questions plutôt qu'à l'établissement d'un projet de loi. Il constate en outre que chaque téléphone portable est en soi un diffuseur d'ondes électromagnétiques, potentiellement nuisibles.

M. Poggia souligne que les questions illustrent un problème et se traduisent par des invites au Conseil d'Etat afin d'établir un système d'autorisation, avec base légale, pour protéger la santé publique. Il convient de s'assurer de la véracité du problème en procédant à des auditions. Sur le second point, il estime que les principes d'évidence et de précaution s'affrontent une fois de plus. Il constate que la (sur)communication est un mal nécessaire ; le but de son action n'est pas une atteinte à la liberté individuelle. Si on ne lutte pas contre les téléphones portables, autant se saisir de la marge de manœuvre sur les micro-antennes où les cantons peuvent légiférer.

Le député (R) pousse la logique à son terme : pourquoi ne pas soumettre à autorisation les individus souhaitant s'équiper d'une antenne de téléphonie mobile portable ?

M. Poggia estime que la liberté personnelle primerait sur cette idée. Si la nocivité était avérée, il s'agirait probablement d'intervenir au niveau suisse, voire plus haut.

Un député (L) demande si M. Poggia a pris connaissance des recommandations émises par l'OMS sur les grandes antennes et s'enquiert de la façon d'apprécier la dangerosité des micro-antennes.

M. Poggia répond que l'OMS fixe des seuils internationaux ; il est possible d'aller au-delà. Les travaux devraient porter sur l'évaluation d'un

danger accru induit par l'adjonction de micro-antennes-relais ; s'ils le confirment, il est possible d'agir.

Le député (L), en l'absence de législation pour des antennes de 6 watts, imagine qu'elles ne sont pas jugées dangereuses. Il remarque que les réseaux WiFi ont aussi une probable incidence.

M. Poggia constate que les réseaux émettent puisqu'ils sollicitent un raccordement au WiFi ; la question se poserait donc. Des autorités responsables devraient se questionner sur l'effet de ce type d'émissions. L'absence de régulation n'équivaut pas à une preuve d'innocuité ; d'ailleurs, un canton a déjà pris des mesures.

Une députée (Ve) comprend la volonté de M. Poggia de réguler ce domaine, mais s'interroge sur l'incidence d'une loi cantonale. Elle estime que ce travail n'est pas celui d'une commission du Grand Conseil.

M. Poggia admet qu'une législation internationale serait plus pertinente mais l'impulsion peut venir d'en haut comme d'en bas. Genève peut faire exemple. La possibilité d'intervenir existe d'après le Conseil fédéral.

Un député (UDC) estime qu'il est plus que temps d'étudier l'effet sur la santé des rayonnements électromagnétiques. Les normes édictées en la matière pourraient être questionnées. Il prend l'exemple des pesticides où c'est l'accumulation des expositions qui pose problème.

M. Poggia doute que des études de cette envergure puissent être mises en place. Les impératifs économiques tendent en outre à primer sur la connaissance scientifique.

Un député (PDC) signale que la commune de Carouge a choisi de ne pas installer de bornes WiFi sur son territoire, ne pouvant se prononcer quant à leur impact sur la santé.

Un député (MCG) demande s'il existe un répertoire des risques avérés liés aux rayons non ionisants.

M. Poggia répond que, si les rayonnements passent les normes, un risque de cancer existe. Les personnes vivant près des antennes rapportent des problèmes de sommeil. Mais le lien de causalité est souvent difficile à établir du fait du temps écoulé entre l'exposition et les symptômes.

Une députée (S) s'enquiert de la littérature existante et de l'acteur institutionnel local qui pourrait réaliser une telle étude.

M. Poggia évoque l'EPFL. Les micro-antennes sont des dérivés de moindre importance ; les seuils sont censés écarter la nocivité mais la multiplication des expositions peut compenser la puissance de l'exposition.

Le commissaire tient ce questionnement de personnes travaillant dans le domaine mais il lui paraît qu'il faut l'étudier avant de réglementer.

Un député (UDC) relate avoir entendu parler d'un système rétablissant une onde normale, afin d'éviter la déstructuration de l'ADN.

Un député (R) relève que les rayons non ionisants ne sont pas censés déclencher de cancer. L'exposition à un champ magnétique puissant provoque plutôt des brûlures.

M. Poggia estime que son texte vise à accroître la protection de la santé publique face à un risque réel ; le régime des autorisations peut rester soumis à des modalités.

Un député (PDC) transmet une référence publiée sur les rayonnements non ionisants : *Vivre dans les champs électromagnétiques ionisants*.

Un député (L) mentionne qu'il y a le programme national de recherche PNR 57 ([http://www.nfp57.ch/files/downloads/PNR57\\_Resultats.pdf](http://www.nfp57.ch/files/downloads/PNR57_Resultats.pdf)) qui aborde également cette thématique. Il cite le passage suivant : « le rayonnement électromagnétique émanant de l'installation de base d'un téléphone sans fil se trouvant à la maison est à peu près équivalent à celui d'une antenne relais de téléphonie mobile se trouvant à l'extérieur. Dans les deux cas, le cerveau n'est exposé qu'à de très faibles champs électromagnétiques. » L'impact du PL est à mettre en rapport avec l'intégralité des expositions aux rayons non ionisants. Mais l'audition de l'un des chercheurs pourrait être intéressante.

### **Audition de M. Enio Castellan, Swisscom, et de M<sup>me</sup> Mélanie Muller, Orange**

Mme Muller indique travailler au département juridique d'Orange communication SA. Elle relève que le texte de référence en la matière est l'Ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI). Selon ce texte, les installations de moins de 6 watts n'ont pas besoin d'être notifiées. Les cantons exécutent l'ORNI mais ne peuvent fixer de valeurs limites plus restrictives. L'auditionnée note que des mesures contraignantes existent déjà. Les micro-antennes doivent être espacées de plus de 5 mètres (art. 61, annexe 1). Toutes les deux semaines, les données opérationnelles sont transférées à l'OFCOM. Le SABRA genevois dispose de deux sources de données qui lui permettent de disposer d'une vue complète sur ces installations. Les opérateurs ont en outre l'obligation (à fin 2012-début 2013) de mettre en place un système d'assurance qualité entre les paramètres théoriques et les paramètres réels.

M. Castellan explique travailler à la communication entre Swisscom et les autorités communales et cantonales, en Suisse romande. Il indique que la demande a crû de manière très importante, en particulier quant au débit de données. La capacité de chaque antenne étant limitée, la marge de manœuvre se réduit à moins de développer d'autres systèmes de communication. Ces services fonctionnent grâce aux antennes. Qu'il s'agisse du rayonnement non ionisant ou des considérations paysagères, des règlements légaux existent. Plusieurs types de stations existent : macros (plusieurs milliers de watts), minis (plusieurs centaines de watts), micros (inférieures à 6 watts) et picos (centaines de milliwatts, pour l'intérieur des bâtiments). L'auditionné mentionne que, aux HUG et au CHUV, 1 500 antennes ont été posées dans les hôpitaux, afin de diminuer la puissance des portables, élément réduit quand le réseau est bon, dans le but de ne pas perturber le fonctionnement des appareils médicaux.

M. Castellan indique que la Suisse a adopté les recommandations de l'OMS pour les lieux à séjour momentané (LSM). Pour les lieux à utilisation sensible (LUS), les facteurs sont dix fois plus sévères en Suisse, ce qui induit la multiplication des antennes et, partant, la baisse de la puissance d'immission d'un natel pour son utilisateur. Lors de la pose d'une macro-antenne, les points les plus exposés (3 au minimum selon l'ORNI) sont sélectionnés pour un diagnostic. Si 80 % des valeurs limites sont atteintes, des mesures doivent être effectuées sur place après la pose de l'antenne pour vérifier le respect des normes. Pour une micro-antenne, le rayon d'étude serait de trois mètres (LUS), voire de 30 cm (LSM). Le rayonnement d'une micro-antenne peut atteindre 6 watts, contre 2 au maximum pour un natel. Il s'agit d'un élément discret, un tube d'une trentaine de centimètres, qui peut aisément se fondre dans le paysage. La qualité du signal, le débit de données et la diminution de l'intensité des appareils nécessitent une proximité de l'antenne avec les utilisateurs.

M. Castellan passe encore en revue les moyens de contrôles : les stations sont soumises, tous les deux mois, à un listage périodique envoyé aux responsables cantonaux (les projets le sont également pour permettre la coordination entre opérateurs) ; la base de données de l'OFCOM est mise à jour toutes les deux semaines (le cas échéant avec formulaire de notification) ; le SABRA peut procéder à des mesures de rayonnement indépendantes ; le système de qualité, automatique, identifie et signale les dépassements, avec transmission aux cantons. En conclusion, les moyens d'information et de contrôle paraissent suffisants pour respecter l'ORNI.

Une députée (S) demande comment ont été fixées les valeurs limites et s'interroge sur le dépassement de celles-ci si les opérateurs ne coordonnent pas la pose d'antennes.

M. Castellan indique que les limites ont été fixées par rapport aux recommandations internationales, celles-ci ayant été établies par des effets avérés, pas forcément nocifs, sur le corps humain (par exemple l'élévation de la température). Sur le second point, il indique qu'un partage a lieu entre les opérateurs pour respecter les valeurs limites.

Un député (L), ayant retenu de la présentation que la puissance équivalente des micro-cellules est comparable à celle d'un téléphone portable tenu à 30 cm de la tête, demande si tout individu est constamment soumis à une semblable exposition. M. Castellan explique que c'est faux ; l'exposition diminue au carré de la distance. Il faudrait se tenir à 5 ou 10 cm de l'antenne micro-cellules pour que l'exposition soit semblable.

Le député (L) s'interroge sur le rayonnement similaire d'appareils domestiques.

M. Castellan prend l'exemple du WiFi qui rayonne à 50 milliwatts, d'une base de téléphone à 100 milliwatts. Ce sont les principales sources d'émission lors de contrôles chez des particuliers se plaignant des effets des ondes.

Un député (MCG) souhaite des précisions sur les informations dont dispose le SABRA, la distance des 5 mètres et la coordination des opérateurs.

M<sup>me</sup> Muller explique que le SABRA est en charge de l'exécution de l'ORNI, effectue les mises à l'enquête et reçoit les données d'exploitation du réseau envoyées tous les deux mois pour les opérateurs. Il a accès à la base de données de l'OFCOM pour le territoire genevois. Le service peut procéder à un contrôle, sur les 5 mètres notamment, en utilisant les bases de données. Les listes envoyées à l'OFCOM comprennent toutes les installations, y compris celles à l'intérieur des bâtiments.

M. Castellan ajoute que le rayonnement peut être orienté dans différentes directions. Le propriétaire doit donner son accord. Le SABRA tire, le cas échéant, la sonnette d'alarme.

Un député (R) imagine que plusieurs portables fonctionnant dans une foule compacte, et émettant à pleine puissance parce que le réseau est mauvais, constituent un danger.

M. Castellan estime que l'effet de son propre appareil est certainement plus important pour un utilisateur que celui des antennes. L'évolution de la technologie a cependant permis de réduire le rayonnement des natels.

Une députée (Ve) demande si la liste bimensuelle comprend les pico-antennes.

M. Castellan répond que, pour Swisscom, ce n'est pas le cas puisqu'elles sont de l'ordre des WiFi (100 à 200 milliwatts). À côté d'une installation de base, les relais peuvent se compter par dizaines ; dans les cas plus complexes, comme les hôpitaux, le risque de dépasser les 6 watts existe mais des mesures ont été faites pour s'assurer du respect des valeurs limites. Sur 400 appareils qu'il a vérifiés personnellement, l'auditionné a noté une erreur ; une entreprise extérieure a vérifié les autres.

Une députée (Ve) s'interroge sur les cas d'électro-sensibilité.

M. Castellan indique qu'aucune sensibilité aux champs magnétiques n'a jamais été réellement constatée. Beaucoup de gens attribuent leur maladie, peut-être réelle, aux antennes, sans qu'un lien de causalité soit établi, parfois alors que l'antenne ne fonctionne même pas.

Une députée (R) s'enquiert du nombre de nouvelles antennes posées chaque mois.

M. Castellan explique que celui-ci a bien diminué désormais, il s'agit surtout de changer les stations pour suivre la technologie, ce qui représente 90 % des opérations. Les 10 % de pose concrète sont parfois liés au non-renouvellement d'un bail d'une antenne déjà posée.

### **Audition de M. Philippe Royer, directeur du service de l'air, du bruit et des rayonnements non ionisants SABRA**

M. Royer rappelle le cadre légal. Ils évoluent dans le cadre de l'ordonnance de la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI), qui couvre 0 Hz à 300 GHz, à l'intérieur de laquelle se trouve toute la gamme de fréquence de téléphonie mobile, et définit deux types de lieux : lieux de séjours momentanés (terrasse de café, trottoirs, etc.) et les lieux à utilisation sensible (logements ou les places de jeux, par l'application du principe de précaution, etc.). Pour ces deux types de zone, l'ORNI définit des valeurs limites du champ électromagnétique produit par l'antenne de téléphonie mobile. Ces valeurs limites sont différenciées selon le type de fréquence, en l'occurrence le type de technologie – GSM, UNTMS, et maintenant la 4G. Toutes ces technologies travaillent sur des fréquences distinctes, et ont donc des valeurs limites différentes. L'ORNI précise que ces valeurs limites s'appliquent pour des antennes supérieures à 6 W – c'est-à-dire la puissance de la source. À Genève, la puissance moyenne des grosses antennes est 900 W, qui est à comparer avec la valeur-plancher, le minimum de 6 W à partir duquel s'applique l'ORNI. D'autres conditions, moins importantes,

sont précisées sur l'application de l'ORNI. Par exemple, l'éloignement de la micro-antenne doit être supérieur à 5 m des autres antennes. Si l'éloignement est inférieur, c'est la puissance cumulée qui doit rester inférieure à 6 W. C'est une condition technique de répartition des antennes. A Genève, ils n'ont trouvé qu'une antenne qui rentre dans ce cadre. Ces conditions sont donc peu significatives. Ils ont un outil de recensement qui est la base de données de l'OFCOM qui liste toutes les antennes, y compris celles de la téléphonie normale et des micro-antennes. En 2011, il y avait 3 810 antennes supérieures à 6 W, et 600 de puissance inférieure à 6 W. La puissance d'émission moyenne est 900 W pour les grandes antennes. Ces micro-antennes servent à faciliter l'accès au réseau là où il y a une grande concentration de gens – comme les gares, les aéroports, ou encore les hôpitaux, pour éviter les interférences avec les équipements médicaux.

M. Royer constate que la limite définie par l'ORNI va être respectée à partir d'une distance de 4 m, pour une micro-source de 6 W. Les champs s'atténuent rapidement avec la distance. En principe, dans la rue, sur un pylône, l'ORNI est respecté. Il y a des cas où les micro-antennes sont installées sur des murs. On peut se demander si la distance est respectée, mais dans ce cas, le mur atténue fortement le champ, et la directivité de ces antennes aussi. Une antenne collée contre un mur a donc peu d'effet. Les places de jeu sont un cas plus critique. Le canton n'a pas de contrôle pour l'installation des micro-antennes, et on peut imaginer qu'elles pourraient être installées à moins de 4 m. Il serait intéressant d'évaluer cela. C'est sans doute le seul point à pouvoir être soumis à examen sur les 600 micro-antennes existantes.

Une députée (Ve) a besoin d'éclaircissement par rapport à l'utilisation des WiFi à domicile, et les type d'ondes qu'ils envoient, avec des appartements en étage, où il y a du béton entre deux, mais en tout cas pas les 5 m requis. Elle s'enquiert aussi de la situation dans les hôtels. D'autre part, elle demande s'ils ont eu à faire avec des gens qui ont la phobie des ondes.

M. Royer pense que les micro-antennes se rapprochent, en termes de puissances d'émission, des appareils WiFi qui sont à peu près à un 1 W. Cela se rapproche de champs électromagnétiques des téléphones eux-mêmes et leur dangerosité est augmentée du fait qu'ils sont très proches du cerveau par exemple. Ils sont sur des champs d'ordres de grandeur similaire. Si on se pose la question des antennes de 6 W, il faudrait faire la même chose pour le WiFi, dont les effets ne sont pas bien connus. Il y a beaucoup d'études sur l'effet des ondes électromagnétiques, c'est une crainte. Toutefois, aujourd'hui, ils n'ont pas réussi à établir de lien direct avec des maladies. La seule étude qui a démontré un lien indirect était une ligne à haute tension sur

des enfants. Ils n'ont pas ça pour la téléphonie mobile et les WiFi. D'autre part, ils sont souvent consultés par des personnes qui ressentent ou pensent ressentir des effets. Dans ces cas, ils mesurent le champ électromagnétique et le comparent avec l'ORNI. Dans tous les cas, c'était largement inférieur à la limite. Ils observent que le cadre légal est respecté. Cela permet de rassurer partiellement les gens, sachant que le cadre légal a pris en compte l'état des connaissances aux moments où il a été fixé.

Une députée (S) mentionne les opérateurs de « pico-antennes », en disant qu'ils en installaient beaucoup et qu'elles n'étaient pas soumises à l'ORNI. Cela avait l'air d'être essentiellement des antennes installées dans les lieux fermés.

M. Royer pense qu'elle fait référence à des antennes inférieures aux micro-antennes, ce qui est donc aussi en dessous du plancher de 6 W. Ce n'est donc pas couvert par l'ORNI. La problématique est la même. Plus la puissance est faible, plus le risque diminue, et plus la distance limite rétrécit. Cela va plutôt dans le bon sens. D'une certaine manière, il y aurait encore moins besoin de légiférer les pico-antennes que les micros. Il les traiterait toutefois de la même façon.

Concernant les lignes à haute tension, Un député (MCG) demande si c'est une autre émanation que les micro-antennes.

M. Royer explique que tout conducteur dans lequel transite un courant électrique, émet un champ électromagnétique. Les mécanismes ne sont pas les mêmes, mais le champ électromagnétique a toujours les mêmes caractéristiques. S'agissant des lignes à haute tension, le courant est important pour déterminer l'émanation. Il n'a pas de chiffre pour comparer l'émanation par rapport aux micro-antennes.

Un député (MCG) a compris que les installateurs qui installent des micro-antennes, doivent informer l'OFCOM qui doit donc avoir cette information et leur lieu d'emplacement. Il conclut qu'ils devraient avoir une carte des emplacements.

M. Royer répond qu'ils n'ont pas de carte. Ils ont accès à une liste qui mentionne la puissance et les coordonnées. Ils pourraient faire une carte, et déduire si c'est proche d'une place de jeu. Ils ne l'ont pas fait, car ils ne s'occupent pas d'antennes inférieures à 6 W, étant hors de l'ordonnance de l'ORNI. La carte existe pour les antennes de plus de 6 W.

S'agissant des WiFi, Un député (MCG) remarque qu'il y a souvent une liste de connexions possibles affichées sur les ordinateurs ou autres. Ces champs traversent donc notre corps. Il n'est pas rare d'avoir une dizaine de connexions disponibles, et donc il y aurait une dizaine de watts qui

traverseraient notre corps de façon constante, ce qui est au-dessus des valeurs limites. Il s'enquiert des analyses scientifiques à ce sujet.

M. Royer explique que cela soulève le problème de la multiplicité des champs qui pourraient se cumuler. Le calcul en puissance ne se fait pas directement. Il est connu qu'il y a un échauffement qui se produit avec les portables situés proche de l'oreille. C'est l'effet « micro-ondes ». L'effet cumulatif peut poser problème, car le corps n'a pas de période de repos. Par contre, il n'est pas complètement possible de tirer un parallèle entre la réception du téléphone qui est prévu pour capter des signaux et le corps traversé par ces signaux. Les seuils ne sont pas a priori les mêmes. Il y a vraiment un manque de connaissances scientifiques sur ce sujet. Il y a peu de réponses aujourd'hui.

Un député (MCG) demande si leur service a reçu un mandat de l'Etat d'informer la population sur les risques potentiels de ces ondes.

M. Royer répond qu'ils ont une mission générale d'information. Ils ont une brochure qui couvre ces aspects et les différentes sources. Ils n'ont par contre rien de spécifique sur le WiFi.

Un député (UDC) demande si leur service a mené des expérimentations sur les effets biologiques des rayonnements non ionisant.

M. Royer dit qu'ils suivent les études, mais ils ne sont pas dans le domaine de la santé. Ces études sont relativement complexes et parfois difficile à interpréter, voire trompeuses. Leurs collègues de la santé peuvent mieux évaluer si elles sont crédibles au niveau scientifique de la santé. Par contre, ils restent vigilants à ajuster le cadre légal en fonction des conclusions. Il précise que, par « protection », ils entendent le respect des normes.

Un député (UDC) s'enquiert des statistiques sur l'électro-sensibilité.

Un député (R) revient au portable qui est une source d'émission. Il demande quels sont ses niveaux d'émissions maximaux, et si la multiplicité des appareils portables a été envisagée comme un facteur qui pourrait devenir plus nocif que la multiplicité des micro-antennes. Il demande si la motion s'adresse au « bon risque », ou si elle néglige le risque potentiel des portables.

M. Royer répond que le portable agit comme émetteur. Effectivement, cette puissance varie. Il ne connaît pas les gammes de variation. Beaucoup de paramètres rentrent en jeu. Sa conviction personnelle est que, sans doute, les portables sont potentiellement plus nocifs que les micro-antennes.

Une députée (Ve) demande si son service prend parfois des mesures au hasard dans la rue ou dans un bâtiment pour mesurer les champs, non pas en fonction d'une antenne, mais de toutes.

M. Royer répond qu'ils ne le font pas. Ils ont des discussions à ce sujet qui deviendra probablement d'actualité dans quelques années. Ils s'y préparent, mais ne sont pas complètement équipés pour cela. Il pense que cela va venir, et que ce sera très utile.

Une députée (L) s'enquiert du type de contrôle et quand ils l'effectuent.

Dans le cadre de l'ORNI, M. Royer explique que cela se fait en plusieurs étapes. Ils sont systématiquement consultés dans la procédure de développement du permis d'installation. Là, ils s'assurent que les valeurs limites sont bien respectées dans tous les lieux sensibles. Si ce n'est pas le cas, une procédure se met en place avec l'opérateur pour modifier les paramètres techniques. L'Etat les contraint à respecter l'ORNI. L'autre procédure de contrôle est quand ils sont à 80-100 % de la valeur limite. Là, ils s'assurent que la valeur est bien en dessous de la limite. Des entreprises externes se rendent sur le lieu pour mesurer le champ. Ils font donc des mesures sur place dans des cas précis.

La députée (L) a vu des limitations pour des plus petites antennes, dès lors qu'elles étaient dans un rayon de moins de 5 m, et que cumulées, elles dépassent la valeur de 6 W. Elle s'enquiert des contrôles pour ces antennes.

M. Royer explique qu'ils ne contrôlent pas dans ces cas-là. Ils se reposent sur la bonne foi de l'opérateur.

### **Audition de M. Martin Pohl, professeur au département de physique nucléaire et corpusculaire UNIGE**

M. Pohl indique avoir été nommé à l'Université de Genève en 2000 ; spécialiste de radiation électromagnétique, il relate avoir déjà travaillé sur ce sujet pour la commission de santé de la TSR et l'avoir revu pour l'occasion. L'ordonnance fédérale ORNI exclut les antennes émettrices et les réseaux au-dessus de 6 watts. Cette puissance est mesurée dans la direction principale de propagation des ondes. Ces antennes servent à réduire les émissions des téléphones portables, dont la puissance d'émission, lorsque le téléphone est actif, s'élève entre 125 et 250 milliwatts. Pour comparaison, un four micro-ondes a une émission de l'ordre de 1 000 watts.

Pour une antenne de 6 watts, la puissance absorbée par le cerveau est de 14 milliwatts lorsqu'elle est située à un mètre de distance, de 3,6 milliwatts à 2 mètres, et de 0,6 milliwatts à 5 mètres. Ceci doit être rapporté à l'émission de son propre téléphone, qui est de 125 milliwatts. Le danger de ces appareils

est donc minime et réduit les risques lors de l'utilisation des téléphones mobiles. Un effet physique existe : le réchauffement du cerveau. Téléphoner trente minutes à plein débit produit une hausse de la température de 0,1 degré. Seul autre effet prouvé, des champs magnétiques à basse fréquence peuvent interagir avec le système nerveux mais la limite en vigueur limite ces champs à un cinquantième du champ d'excitation des nerfs. Il rappelle pour conclure que le seul effet statistique prouvé quant à l'utilisation d'un téléphone portable est de susciter des accidents de voiture.

Un député (S) demande si le risque est accru pour des personnes ayant eu un accident vasculaire cérébral ou une tumeur au cerveau.

M. Pohl n'étant pas médecin, il ne peut répondre.

Un député (MCG) observe que les antennes ne seraient donc pas nuisibles à la santé.

M. Pohl explique que les téléphones sont capables d'adapter leur puissance d'émission en présence d'antenne ; celle-ci est donc même bénéfique si l'on téléphone, en particulier si l'on téléphone régulièrement.

Une députée (Ve) s'enquiert de l'influence du phénomène sur les hormones.

M. Pohl répète qu'il n'est pas médecin. Il relève que, selon le site de l'autorité fédérale pour la santé, il n'y a pas d'évidence d'effets néfastes.

La députée (Ve) relate, pour travailler aux CFF, le cas d'un fermier qui paraît en mesure de prouver que les vaches ont des problèmes de santé à cause des émissions non ionisantes.

M. Pohl souligne qu'aucune statistique significative ne confirme un effet négatif.

Une députée (Ve) souhaite des précisions sur l'effet d'addition lié à la multiplication des antennes ainsi que sur l'impact magnétique du WiFi dans les immeubles.

M. Pohl explique que l'ordonnance précise quel réseau d'antennes est toléré ; là encore, l'addition des émissions des mini-antennes ne peut dépasser 6 watts. Sur le WiFi, l'auditionné rapporte que la fréquence est plus forte (4 à 5 gigahertz, contre 2,5 dans les téléphones) mais la puissance est réduite d'un facteur 10.

Un député (PDC) évoque la perspective épigénétique et s'enquiert d'arguments laissant à penser que les ondes dont il est question ont un effet à long terme.

M. Pohl relate que les interactions avec le système hormonal immunitaire n'ont jamais été démontrées malgré une étude de l'OMS regroupant une

certaine d'études nationales. Il indique ne pas avoir pris connaissance d'évidence positive sur ce point.

Un député (UDC) demande des précisions sur les cas d'électro-sensibilité et cite les travaux de Jean-Paul Bibérian.

M. Pohl répond avoir lu une étude où l'on priait les personnes concernées de détecter la présence d'antennes ; or, sur un plan statistique, rien de significatif n'a été enregistré à cette occasion. Pour autant, cela n'écarte pas la possibilité de symptômes objectifs chez ces individus.

Une députée (Ve) s'enquiert de la portée médicale des études évoquées.

M. Pohl précise qu'il s'agit d'études épidémiques, conduites par des médecins, portant sur des effets sanitaires.

Un député (MCG) demande s'il existe des études prouvant l'innocuité des ondes.

M. Pohl répond que la démonstration d'innocuité, quel qu'en soit l'objet, est quasi impossible à donner. Dans certains cas, l'eau pourrait être nocive. Des études ont été conduites sur de possibles effets dans divers cas (effet sur le système hormonal immunitaire, l'activité cérébrale, la fonction cognitive et le temps de réaction, le développement de tumeurs du cerveau et de l'oreille) ; aucune n'a démontré d'effet nocif.

Un député (S) relate que des immeubles ont été construits à Zurich contre l'électromagnétisme.

M. Pohl explique qu'il s'agit de cages de Faraday construites pour empêcher le passage de certaines ondes. La demande est très faible. L'auditionné se souvient qu'une étude permettait à une souris d'habiter trois cases (une cage de Faraday, une fréquence de beau temps et une fréquence de 50 Hz) : les souris ont préféré la cage de Faraday pour dormir et la cage de beau temps pour leurs autres activités.

Un député (MCG) demande si, par principe de précaution, il serait souhaitable de disposer d'une carte d'installation des micro-antennes, par exemple afin de la mettre en relation avec l'apparition ultérieure de symptômes.

M. Pohl répond que, si l'on veut élire le principe de précaution, il vaut mieux se méfier des antennes plus fortes, à commencer par le téléphone portable. Les micro-antennes réduisent leur émissivité. Sur l'idée d'une cartographie, au vu des exigences de l'ordonnance fédérale, il n'en voit pas l'utilité.

M<sup>me</sup> Baillon rappelle que l'OFCOM répertorie toutes les antennes, y compris leur position, et que le SABRA en dispose. Un cas présentait un dépassement sur les 600 antennes du territoire.

Une députée (Ve) demande s'il serait possible de sentir ou non le fonctionnement de téléphones portables dans une pièce.

M. Pohl renvoie à l'étude qu'il a déjà évoquée sur les personnes électrosensibles ; si celles-ci ne peuvent détecter une antenne, qui le pourrait ? Les nerfs ne travaillant qu'à une fréquence de 10 Hz, la différence s'avère colossale.

Un député (PDC) évoque les troubles découlant de la présence de militaires en Corée où une surveillance radio était très forte. Il s'enquiert aussi de la surveillance des ambassades.

M. Pohl rappelle que les antennes évoquées étaient extrêmement puissantes et on avait construit des petits abris qui étaient des cages de Faraday.

Une députée (Ve) constate que des souris n'ont pas de subjectivité consciente et qu'on pourrait donc douter de la pertinence de ce type d'étude.

M. Pohl souligne le sérieux de ces études sur le plan méthodologique ; or, l'épidémiologie présente la difficulté de devoir considérer de très nombreux facteurs.

Une députée (Ve) rappelle que la pose de pico-antennes n'est pas soumise à déclaration.

M. Pohl ne voit pas de raison de poser une pico-antenne si une micro-antenne est déjà présente à proximité. La limite de 6 watts s'applique à un réseau, ce qui comprend les pico-antennes.

Un député (L) s'enquiert des rayonnements non ionisants liés à l'utilisation d'un ordinateur avec WiFi.

M. Pohl explique que le rayonnement est dix fois moindre que lors de l'utilisation d'un téléphone portable.

Le député (L) demande à quels rayons non ionisants on est soumis hors de chez soi.

M. Pohl cite les émissions de radiotélévision. Celles-ci sont bien plus puissantes et existent depuis 50 ans sans qu'on ait pourtant démontré leur nocivité. Par ailleurs, le soleil émet à 20 watts par kilogramme. Enfin, les rayons X sont nocifs mais des normes limitent l'exposition ; les murs des locaux qui les emploient ne les laissent pas sortir.

Une députée (Ve) s'enquiert du rayonnement hors d'un micro-ondes.

M. Pohl relève qu'il est nul.

Un député (UDC) demande si les rayonnements évoqués s'accumulent.

M. Pohl répond qu'une molécule spécifique absorbe une fréquence spécifique. Ainsi, dans un micro-ondes, on chauffe l'eau qui se trouve dans la nourriture. Il en va de même pour le corps.

Un député (MCG) relève qu'il est interdit de téléphoner dans les stations essence ; certaines auraient explosé.

M. Pohl affirme que la radiation émise par le téléphone ne peut pas déclencher une telle explosion ; immerger le téléphone dans l'essence pourrait entraîner un court-circuit. Dans un avion, l'interdiction de téléphoner provient de l'interférence de ce moyen de communication avec d'autres. Un député (MCG) note que des effluves d'essence s'échappent dans l'air. M. Pohl relève que l'appareil est étanche, du moins en théorie.

### **Audition du professeur Osman Ratib, chef du groupe de recherche de médecine nucléaire aux HUG**

M. Ratib est chef du département d'imagerie et des sciences de l'information, et spécialiste des radiations. A la lecture de la motion, il livre les commentaires suivants. Dans le domaine des ondes rayons, les cantons sont libres de réguler la zone d'émission basse. Au-dessus, les réglementations sont basées sur des estimations. Il existe donc un certain flou, qu'on peut souhaiter réguler, en considérant, non pas les « dangers » mais les effets secondaires et indésirables.

Si la littérature est maigre sur les antennes, elle est beaucoup plus importante sur les téléphones portables. Suite aux pressions, l'OMS a créé un groupe de travail qui a rendu un rapport en 2011, préconisant de classer les portables parmi les « causes possibles » du cancer, et non parmi les « causes probables » comme il était envisagé au départ. La presse a largement commenté cette situation. Sur l'utilisation des téléphones, des études menées dans les pays nordiques ne montrent pas de lien. Quelques corrélations ont été établies, non statistiquement significatives ; mais une corrélation n'est pas un lien de cause à effet.

Pour ce qui est des antennes, M. Ratib rappelle que leur présence vise à éviter l'escalade d'antennes puissantes, au bénéfice d'une diminution de la puissance des téléphones individuels. Ces antennes sont également utilisées pour d'autres appareils.

Un député (MCG) demande si une commission médicale internationale a étudié les radiations.

M. Ratib répond que la commission de l'OMS a été chargée d'étudier les téléphones portables, et non les antennes, mais la problématique est semblable : l'étude reposait sur la proximité du signal vis-à-vis de la tête. Le National Cancer Institute a produit une méta-étude des études existantes et a abouti à la même conclusion.

Le député (MCG) demande comment on passe du possible au probable, voire à la certitude, et comment une cause peut être qualifiée de probable quant à un effet sur le plan médical.

M. Ratib indique que le terme « probable » illustre une corrélation statistique, suffisamment significative pour passer au-delà de « possible ». Il s'applique tant que la causalité n'est pas prouvée. L'auditionné note que le cancer existe en lui-même ; cette prévalence normale doit être prise en compte et complique l'interprétation statistique des causes évaluées du cancer.

Une députée (L) demande l'avis de l'auditionné sur la sensibilité aux ondes et sur l'existence de preuves médicales de ce phénomène.

M. Ratib répond avoir rencontré des cas, comme tout professionnel. Certains appareils peuvent provoquer des gênes, mais dans des contextes précis (IRM, habitation proche d'un pylône électrique) où les ondes sont bien plus puissantes que celles des antennes. Et, bien que les cas aient été décrits, aucune étude n'arrive à préciser la nature de la gêne ressentie.

Un député (PDC) constate que le principe de précaution butte contre une absence de certitude scientifique sur le risque potentiel lié aux antennes. M. Ratib va dans ce sens et souligne qu'une analyse coût-bénéfice serait clairement en défaveur d'une quelconque législation ou stratégie de contrôle. En revanche, il dit soutenir un référencement des antennes avec, le cas échéant, la constitution d'un groupe de travail appelé à produire un rapport. Celui-ci pourrait être à l'origine d'un registre, à l'image de ce qui se fait pour les cancers.

Un député (UDC) s'enquiert des effets des rayonnements athermiques.

M. Ratib explique qu'un rayonnement électromagnétique a deux effets possibles : il peut activer les molécules et donc produire de la chaleur ; il peut déclencher un courant de nature électrique. Mais il existe un effet de seuil : au-dessous d'une certaine puissance, la matière n'est pas mise en mouvement.

## **Audition de M. Jacques Surbeck, directeur de recherche / S.E.I.C. SA**

M. Surbeck relève le postulat sur l'espérance de vie d'un médecin radiologue qui était de cinq ans, jusqu'au recours au tablier de plomb. En avril 1980, au cours d'une recherche sur un autre sujet, une boîte de Petri est restée posée durant un week-end devant un ordinateur. La mortalité avait augmenté de 250 %. L'auditionné explique que des recherches ont ensuite été conduites sur une dizaine d'années, reproduites en France, Italie, Russie, Ukraine et Hongrie. La nuisance, ainsi que les éléments de protection mis au point par l'auditionné, ont été confirmés à chaque fois. Par la suite, des alertes ont été lancées mais, en parallèle, le professeur Repacholi, de l'OMS, a affirmé qu'il n'y avait pas de nuisances liées à ces ondes. Depuis lors, il a été mis en examen pour falsification des résultats, à la solde des industriels.

M. Surbeck indique avoir prouvé, et publié en octobre 2002, que l'ADN humain se décomposait en 24 h devant un ordinateur, ainsi qu'en 7 jours à 40 mètres d'une antenne-relai de téléphonie mobile. L'auditionné précise que les ondes ne sont pas nocives en fonction de la puissance, contrairement aux idées reçues, mais de leur forme. Dans la nature, les ondes sont linéaires ; pour des raisons économiques et techniques, les opérateurs produisent des ondes fragmentées (par 8 en GSM ; par 32 en UMTS) afin de rentabiliser l'achat des ondes porteuses. Ceci atteint directement les fonctions cellulaires ; les mitochondries produisent de l'électricité en ondes linéaires et, lorsqu'elles sont soumises à des ondes fragmentées, elles cherchent à résister ou à s'adapter et le processus de cancérisation débute.

M. Surbeck précise que les assureurs, qui ont visité son laboratoire, ont décrété que, dès le 1<sup>er</sup> janvier 2007, aucune ne couvre plus la responsabilité civile des employeurs en matière de pollution électromagnétique. Or, en 2007, le gouvernement espagnol a publié une étude établissant une relation de causalité entre la multiplication des cancers du sein chez les femmes de plus en plus jeunes et la pollution électromagnétique de leur lieu de travail.

M. Surbeck tient à disposition quatre publications scientifiques internationales établissant un lien de causalité entre les défauts de fonctionnement du cerveau des enfants et l'application d'un téléphone portable sur le ventre de la mère entre le 6<sup>e</sup> et le 9<sup>e</sup> mois. Or, l'autisme est précisément la seule maladie multipliée par un facteur 2 000 ces dernières années, passant de 1 cas pour 100 000 naissances voici 30 ans à 1 cas sur 58 aujourd'hui.

Concernant le WiFi, M. Surbeck note la multiplication de ces ondes. Dans son laboratoire, leur nuisance a été montrée : la drosophile connaît une mortalité naturelle de 35 % en 5 jours mais, dans un contexte WiFi, elle passe

à 85 %. La Grande Bibliothèque de France a débranché son WiFi suite aux plaintes du personnel et des visiteurs.

M. Surbeck précise avoir travaillé, pour remédier au problème, à des appareils permettant de relinéariser les ondes, ce qui les rend biocompatibles. Il a mis au point une puce qui se colle au dos du téléphone (son coût est de 44 F pour une durée de vie de 3 ans), invention qui a reçu la médaille d'or du Jury scientifique international et la Coupe du public au Salon des inventions de Genève sur 783 inventions présentée. Un autre appareil, la sphère de résonance, à usage domestique, sert à créer un champ de protection d'un rayon de 10 mètres ; elle résonne en contre-phase des ondes WiFi, les relinéarisant. Ces deux appareils ne bloquent pas les fonctions des appareils.

L'auditionné ajoute que, voici 3 ans, il a proposé aux opérateurs un développement nouveau pour rendre les antennes non nocives ; après calculs, prototypes et études, le coût revenait à 5 F par jour et par antenne. Les opérateurs qui ont répondu ont indiqué ne pas être intéressés à résoudre une nuisance tolérée par les normes, alors que celles-ci émanent de M. Repacholi. Israël a décidé d'obliger les opérateurs à inscrire sur les téléphones que l'utilisation est dangereuse pour la santé, à l'instar du tabac, et interdit le portable aux enfants de moins de 14 ans.

Un député (R) rappelle que les rayons X évoqués en début d'audition diffèrent des ondes traitées aujourd'hui. Il demande ensuite si les populations accédant aux ordinateurs connaissent une morbidité spécifique ou une diminution de l'espérance de vie. Il souhaite par ailleurs des précisions sur la relinéarisation des ondes électromagnétiques.

M. Surbeck explique sur ce dernier point que les opérateurs paient cher une onde porteuse : il faut donc l'utiliser au maximum, par la connexion d'un maximum de téléphones rendue possible par le fractionnement de l'onde. Sur le premier point, l'auditionné n'a pas de statistique à avancer mais relève que les publications dénonçant la nocivité des ondes fragmentées sont de plus en plus nombreuses.

Le député (R) constate que les téléphones portables se sont répandus il y a 20 ans, soit après l'augmentation des cas d'autisme.

M. Surbeck indique que c'est l'exposition aux ondes fragmentées qui est la cause du problème, ce qui inclut les télévisions.

Le député (R) observe que les statistiques montrent clairement que l'espérance de vie d'un fumeur et d'un non-fumeur diffèrent ; il s'enquiert donc de celle des gens qui regardent ou non la télévision.

M. Surbeck indique ne pas avoir les moyens de réaliser de telles études. Il souligne sa déception quant à la position des instances universitaires suisses ; aucune n'a accepté de reproduire les études qu'il a conduites.

Une députée (S) demande dans quel cadre ont été menées les recherches et s'interroge sur l'absence d'intérêt académique pour ces travaux et les risques soulevés.

M. Surbeck répond que les recherches ont bien été reconduites à l'étranger. Sur le désintérêt académique, l'auditionné note que les médias scientifiques ont des contrats publicitaires avec des opérateurs. M. Surbeck, sur son parcours, indique être né en Belgique. Ingénieur en électrochimie, il s'est formé par la suite en biochimie et biophysique ; sa famille et lui ont vécu en Afrique. A son retour, il a créé une entreprise de recherche, laquelle a été le cadre de la découverte inopinée déjà décrite.

Un député (MCG) imagine que l'invention récompensée doit nécessiter des certifications internationales reconnues.

M. Surbeck explique que c'est le cas : pour la puce, il a travaillé avec l'Institut Curie, de Paris : sur une goutte de sang, une modification de la structure des globules rouges intervient en dix minutes lors de l'usage d'un téléphone portable standard ; elle reste identique lorsque la puce fonctionne.

Le député (MCG) relève que certaines personnes pourraient avoir l'impression que l'auditionné dispose d'une personnalité originale, un peu recluse dans son monde.

M. Surbeck répond qu'il a été initié à la science par son grand-oncle, prix Nobel de médecine en 1938, qui lui a appris l'éthique et le respect de la science.

Un député (L) constate que d'autres auditionnés ont affirmé que les antennes étaient peu dangereuses, voire que l'effet des micro-antennes était positif puisqu'elles réduisent la puissance d'émission des téléphones portables ; il s'interroge donc sur l'opportunité de légiférer sur leur pose.

M. Surbeck est d'accord sur le principe de la réduction ; il indique toutefois ne pas avoir de réponse formelle car, à son sens, l'effet positif supposé est limité puisque les micro-antennes ne relinéarisent pas les ondes, ce qui est le cœur du problème. Il note que les chercheurs israéliens ont mis au point des éléments végétaux permettant la détermination d'une nocivité dans une radiation d'antenne. Il suggère donc d'inviter les instances universitaires suisses à reproduire des tests sur l'ADN humain et les lentilles israéliennes.

Le député (L) s'étonne que les spécialistes rencontrés n'aient pas soulevé la question de la fragmentation des ondes.

M. Surbeck estime que ces chercheurs s'inscrivent dans les travaux du professeur Repacholi, se concentrant ainsi à tort sur la puissance des ondes.

Un député (UDC) s'interroge sur l'électrosensibilité et sur le WiFi.

M. Surbeck cite les travaux sur la drosophile, qui prouvent la nocivité. Lors d'études lancées par la Confédération, voici deux-trois ans, onze laboratoires y ont pris part et ont tous utilisé des générateurs d'ondes linéaires, au prétexte d'avoir une « pureté » des ondes. Certaines nouvelles études en Suisse seraient en projet en 2013. Sur l'électrosensibilité, l'auditionné explique que, en 2006, personne n'avait mené d'étude sur la synergie entre pollution chimique et pollution magnétique. Selon lui, il s'agit d'une véritable maladie ; il donne lecture d'un courrier montrant que ses inventions peuvent réduire la nuisance. Sur les expériences qui ont été menées, il dénonce le conditionnement des sujets d'expérience, et fait une différence entre électro-sensibilité physiologique et psychologique.

Une députée (S) s'enquiert des mesures que l'auditionné suggérerait.

M. Surbeck appelle à conduire des études avec des biologistes, et non des physiciens, avec des protocoles adaptés puisque les appareils de mesure ont une sensibilité de  $10^{-6}$  voltmètre, alors que les cellules vivantes ont une sensibilité de  $10^{-15}$ . Il observe qu'il faut trouver un moyen de conserver l'usage du téléphone portable, devenu indispensable, et de préserver la santé de la population.

Un député (R) s'enquiert de la nocivité des rayonnements cosmiques.

M. Surbeck indique qu'ils sont linéaires, comme toute onde naturelle.

Un député (L) demande pour quelles raisons les opérateurs refuseraient d'intégrer des éléments éliminant définitivement la nocivité, réelle ou supposée, de leurs ondes, plutôt que de combattre éternellement ceux qui la dénoncent.

M. Surbeck répond que la crainte des opérateurs est d'essayer des séries de procès rétroactifs ; il serait possible de créer un appareil sain. Le Dr Paul Lannoy, député Vert européen, a déposé une motion suite à une présentation de l'auditionné au Parlement européen. M. Lannoy suggérait un moratoire au terme duquel il ne serait plus possible de porter plainte, ce qui serait une solution. En France, EDF a fait bloquer la motion.

Un député (UDC) demande si l'auditionné connaît les travaux de Pierre Aubineau sur la barrière hémato-encéphalique.

M. Surbeck répond que l'hyperactivité des enfants vient de l'intoxication par les phosphates dans l'alimentation et la boisson ; lorsque l'enfant est soumis à un rayonnement électromagnétique, la barrière hémato-encéphalique s'ouvre et les produits toxiques passent dans le cerveau, ce qui provoque l'hyperactivité. L'auditionné a conduit une expérience sur huit enfants dans une clinique lausannoise : leur alimentation a été nettoyée des phosphates, leur écrans et téléphones ont été protégés des rayonnements ; en trois mois, ces enfants étaient guéris. Ces résultats n'intéressent personne puisque les pharmaceutiques vendent des millions de doses de médicaments par jour, supposés bloquer l'hyperactivité des enfants.

### **Discussion de la commission**

Un député (UDC) trouve la motion et les propos de M. Royer intéressants. Il se demande ce qui les intéresse ici : si les normes sont respectées ou de savoir si les ondes ont un effet dans la santé, à court ou moyen terme, dans la vie de tous les jours.

Un député (MCG) rappelle qu'il n'est pas là pour faire la guerre aux téléphones portables. Ceci dit, il y a rarement l'occasion d'approfondir un sujet si nouveau, et cela pourrait inciter d'autres motions. L'ORNI fixe des limites. Ces antennes sont en-dessous. En même temps, le service devrait vérifier que ces limites ne sont pas dépassées dans toutes les configurations possibles, ce qu'il ne vérifie pas. Il se demande si c'est un problème d'application de la loi, ou s'il y a d'autres multiplications d'émissions de sources non contrôlées qui, soit par leur accumulation ou leur répétition, engendreraient des problèmes de santé. Il suggère l'organisation d'une conférence pour faire venir les spécialistes français, car cela peut intéresser d'autres organisations.

Une députée (Ve) relève que M. Surbeck est le premier à mentionner la fragmentation des ondes ; elle regrette de ne pas avoir pu interroger les autres intervenants sur ce point.

Un député (R) se dit convaincu que les avis émis par M. Surbeck sont farfelus. La médecine quantique évoquée, par exemple, recouvre notamment l'homéopathie, l'électro-acupuncture, la réflexologie, les fleurs de Bach, l'équilibrage des méridiens, les corps subtils, etc. Certaines de ces thérapies sont d'ailleurs assistées par ordinateurs, ce qui est paradoxal.

Un député (UDC) note que certaines choses existent sans qu'on les voie ; l'intérêt qu'elles suscitent est soumis à une vision plus ou moins avant-gardiste. Il trouverait intéressant d'initier des études biologiques sur l'exposition aux champs magnétiques.

Une députée (S) souligne la complexité du sujet, dont témoigne la production de très nombreuses études. Les intérêts financiers majeurs qui sont en jeu l'incitent à refuser autant la naïveté que le cynisme. Elle souhaiterait demander aux instituts de recherche scientifique locaux les raisons qui motivent leur désintérêt pour ce champ-là.

Une députée (Ve) met en lien la problématique avec les médecines parallèles, qui fonctionnent pour certaines personnes et pas pour d'autres. Elle rejoint en outre ce qui a été dit : les groupes pharmaceutiques et industriels sont peu enclins à conduire des recherches dont les résultats pourraient leur poser des problèmes.

Un député (L) estime que les questions n'obtiendront pas de réponse, même avec des auditions supplémentaires. Il appelle donc à traiter la motion.

Un député (PDC) relève que, par principe de précaution, les évidences nécessitent des mesures protectrices or, dans ce cas, s'il ressort des auditions que, si le problème peut exister, il n'y a pas assez d'éléments pour justifier une décision politique.

M. Poggia, en tant que premier signataire de la motion, appelle à une certaine humilité face à la perspective historique de la science, prenant l'exemple de la condamnation de Galilée. Ceci ne suffit pas pour autant à justifier des lois qui auront un impact social et économique important. Cependant, il ne souhaite pas retirer la motion, afin qu'une trace de ces interrogations perdure. Pour ces raisons, lui-même s'abstiendra mais demande que le rapport reflète l'incertitude qui entoure le sujet ainsi que le caractère évolutif de l'évaluation du sujet.

#### **Vote sur la M 2072**

**Pour :** 0

**Contre :** 9 (2 S, 2 Ve, 1 PDC, 2 R, 2 L)

**Abstentions :** 2 (1 UDC, 1 MCG)

**La M 2072 est refusée.**

#### **Conclusions**

Le rapporteur souhaite, en guise de conclusion, reprendre quelques extraits du PNR 57 (Programme national de recherche) cité dans ce rapport. Bien que ne traitant pas spécifiquement des micro-antennes, les résultats de ce programme peuvent parfaitement être transposés à la problématique de la motion traitée. Ces éléments représentent un intérêt général évident.

Ce rapport est librement disponible sur internet à l'adresse suivante : [http://www.nfp57.ch/files/downloads/PNR57\\_Resultats.pdf](http://www.nfp57.ch/files/downloads/PNR57_Resultats.pdf)

Voici ces extraits :

- Un élément intéressant est que le rayonnement électromagnétique émanant de la station de base d'un téléphone sans fil se trouvant à la maison est à peu près équivalent à celui d'une antenne-relais de téléphonie mobile se trouvant à l'extérieur : dans les deux cas, le cerveau n'est exposé qu'à de très faibles champs électromagnétiques.
- Il est apparu qu'au quotidien, les téléphones portables sont de loin la principale source de champs électromagnétiques.
- Un téléphone portable UMTS soumet le cerveau à moins de rayonnements qu'un téléphone sans fil utilisé à la maison.
- La principale découverte de ce projet de recherche est que l'exposition de la femme enceinte et de l'enfant à naître aux rayons issus de sources quotidiennes à domicile – par exemple ampoules à basse consommation, téléphones sans fil ou réseau sans fil (WiFi) – est inférieure aux valeurs limites en vigueur pour l'ensemble de la population. Mais les chercheurs ont constaté que les champs électromagnétiques moyenne fréquence des cuisinières à induction modernes peuvent être problématiques : si une femme enceinte se trouve tout près d'une cuisinière à induction en fonctionnement, l'exposition au rayonnement peut dépasser les valeurs limites admissibles.
- Une autre découverte cruciale est que l'exposition aux champs électromagnétiques ne conduit à aucun problème de santé patent dans la population bâloise. Pendant un an d'observation, on n'observe ni maux de tête, ni problèmes de concentration, ni troubles du sommeil en rapport avec l'exposition aux champs électromagnétiques.
- A noter que le rayonnement constaté a une puissance moyenne de 0,21 volt par mètre, c'est-à-dire nettement inférieure aux valeurs limites en vigueur.
- Les connaissances – objectives – en sciences naturelles et médicales sur les risques éventuels des champs électromagnétiques pour l'être humain et l'environnement sont une chose. Mais le sentiment que l'être humain éprouve vis-à-vis d'une technologie en tant que danger ou non pour sa santé dépend aussi de la manière dont il évalue subjectivement les risques, dont il les perçoit et dont il y réagit.

- Plus on se trouve éloigné d'une antenne-relais, plus le rayonnement émis par le téléphone portable est fort lorsque celui-ci essaye d'établir la communication. Les personnes qui sont au courant de cet état de fait acceptent mieux les antennes-relais à proximité que les personnes qui l'ignorent.
- Globalement, les recherches du PNR 57 n'ont pas mis au jour de nouveaux faits alarmants qui exigeraient une réaction immédiate des autorités.

La commission espère que les recherches se poursuivront afin que les incertitudes quant à l'absence totale de danger pour la santé puissent être levées. Dans cette attente, tous les efforts fournis pour limiter les atteintes possibles sur la santé seront salués. La commission restera attentive aux progrès techniques et à l'évolution de la situation.

Au bénéfice de ces explications, la commission, à l'unanimité moins 2 abstentions, vous recommande donc de ne pas entrer en matière sur cette motion.

*Catégorie de débat : Extraits.*

## **Proposition de motion (2072)**

### **Contrôler l'installation de micro-antennes de téléphonie mobile**

Le GRAND CONSEIL de la République et canton de Genève  
considérant :

- que l'installation d'antennes de téléphonie mobile a été réglée dans le cadre de la loi fédérale sur les télécommunications (LTC RS 784.10) du 30 avril 1997 ;
- que la puissance d'émission des installations de téléphonie mobile peut être très faible (inférieure à 10 watts), faible (entre 10 et 100 watts), moyenne (de 100 à 1 000 watts) ou forte (supérieure à 1 000 watts) ;
- que, si l'intérêt public pour la téléphonie mobile est généralement admis, il est également admis que l'exploitation de stations émettrices génère du rayonnement non ionisant (RNI), qui est une atteinte au sens de la loi sur la protection de l'environnement (LPE RS 814.01) du 7 octobre 1983 ;
- qu'ainsi des mesures de prévention sont prises à la source, afin de limiter les émissions autant que le permettent l'état de la technique et les conditions d'exploitation ;
- que l'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI RS 814.710) du 23 décembre 1999, régit la limitation des émissions des champs électriques et magnétiques générés par des installations stationnaires ;
- que la législation encadre de manière complète la procédure d'autorisation relative aux stations de téléphonie mobile, l'exécution étant de la compétence des cantons ;
- qu'il apparaît toutefois que de nombreuses micro-antennes ou micro-cellules sont installées par les opérateurs afin d'améliorer la couverture à l'intérieur des bâtiments et d'optimiser la qualité du service offert dans des lieux à très forte fréquentation ;
- que la législation actuelle ne prévoit pas de mesures contraignantes pour les émetteurs de faible puissance, à savoir d'une puissance rayonnée inférieure à 6 watts ;
- qu'il est de la compétence des cantons de légiférer en la matière s'ils le jugent nécessaire ;

- que la santé des habitants est susceptible d'être mise en danger par la multiplication de micro-antennes, dont la nécessité technique ne serait pas démontrée, et qui sont installées sans aucun contrôle à ce jour ;
- qu'il s'impose dès lors d'édicter des normes cantonales afin de compléter une lacune du droit fédéral,

invite le Conseil d'Etat

à présenter un projet de loi visant à établir, dans l'optique d'une protection accrue de la santé publique, les bases légales d'un système d'autorisation pour l'installation de micro-antennes de téléphonie mobile.

## PARLEMENT EUROPEEN

## FICHE DE DEPOT D'UNE QUESTION PARLEMENTAIRE(1)

Destinataire :

CONSEIL  
COMMISSION

QUESTIONS ORALES		QUESTIONS ECRITES	
Question orale (art. 40)	<input type="checkbox"/>	Question écrite (art. 42)	<input checked="" type="checkbox"/>
Heure des Questions (art. 41)	<input type="checkbox"/>	Question écrite prioritaire (art. 42.5)	<input type="checkbox"/>

AUTEUR(S):

Jean-Pierre RAFFIN et Paul LANNOYE

OBJET:  
(à préciser)Effets biologiques des radiations électromagnétiques  
pulsées sur l'enfant

TEXTE(2):

Depuis quelques années, des chercheurs de divers pays ont mis en évidence chez les organismes vivants (stades embryonnaire et pré-pubertaire) des effets nocifs liés à une exposition aux radiations électromagnétiques pulsées générées par les écrans cathodiques des ordinateurs et récepteurs de télévision.

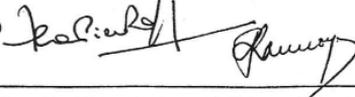
Des travaux en cours\* menés en France montreraient une délatéralisation des hémisphères cérébraux entraînant une dyslexie de plusieurs heures chez des enfants de 5 ans après une exposition de 40 minutes devant un écran cathodique.

Ces effets nocifs n'apparaîtraient pas lorsque les écrans cathodiques sont munis de dispositifs de protection. \*\*

La Commission est-elle au courant de ces travaux ? En cas de nocivité avérée des radiations électromagnétiques pulsées quelles mesures compte-t-elle prendre pour assurer dans l'Union européenne la sécurité et la santé des utilisateurs d'ordinateurs et de récepteurs de télévision notamment les enfants ?

**Note de S.E.I.C.**

\* Travaux menés par des **Docteurs en Médecine**, français, à l'instigation de S.E.I.C. sa/Genève  
 \*\* Appareils de protection par résonance à contre-phase : **A.NOX®/System**, (avoid Noxiousness = évite la nuisance) développés par S.E.I.C. sa/ Genève après 8 ans de recherche, et 3 ans de vérifications d'efficacité par 11 scientifiques **officiels** de 6 pays, dont les résultats furent retenus par les comités de 3 congrès scientifiques internationaux : BEMS/91 - EBEA/92 - WWDU/93 -

Signature(s):  
(Voir aussi au verso)


Date: 1.02.1994

- (1) A compléter à la machine à écrire et à adresser à la Division du Statut du Député, bâtiment Schuman, bureau 254 - Luxembourg  
 (2) Limitation: 10 lignes pour "Heure des questions" (art. 41); 25 lignes pour questions orales (art. 40) et questions écrites (art. 42 et 42.5) - Décision du Bureau Elargi des 25 et 26.2.1986 -

VOIR INSTRUCTIONS COMPLEMENTAIRES AU VERSO

## Les ondes de la téléphonie mobile ont-ils des effets sur l'organisme ?

## ANNEXE 2

Oui, on distingue généralement les effets thermiques qui produisent un échauffement immédiat des tissus et les effets athermiques ou « spécifiques » attribués à des réactions physiologiques induites par des rayonnements plus faibles dans le cas d'expositions chroniques. Les effets thermiques sont les plus connus et ont servi de base pour la plupart des normes actuelles (IRC/NIRP, notamment repris par l'OMS et de nombreux pays européens). Les effets athermiques sont encore aujourd'hui considérés comme négligeables par l'industrie et les opérateurs de téléphonie mobile, malgré de nombreuses études scientifiques récentes qui tendent à démontrer qu'il apparaît des effets biologiques sur des cultures cellulaires et sur des animaux sous de très faibles densités de puissance. Ces effets athermiques semblent à première vue être totalement indépendants d'une quelconque élévation de température et rien ne permet d'affirmer aujourd'hui qu'ils sont véritablement négligeables.

Le débat actuel que posent nombres d'associations et de scientifiques indépendants supposerait donc que nous ne pouvons plus prendre comme limite d'effets biologiques la densité de puissance des rayonnements impliquant des effets thermiques. Nous sommes même aujourd'hui dans une situation où il est impossible de définir avec précision un seuil réel de nocivité pour la santé humaine et animale. D'autant plus que si nous connaissons certains effets, nous n'en connaissons nullement les mécanismes biologiques ou biochimiques profonds.

La téléphonie mobile est bien sûr au cœur de ce débat mais pas seulement puisque bon nombre de technologies sans fils récentes utilisent des fréquences pulsées similaires. On peut par exemple cité le réseau TETRA (Terrestrial Trunked Radio) qui est en Europe le système de communication spécialement conçu pour les services officiels tels que services de secours, forces de polices, ambulances et pompiers, services de transport public et pour l'armée. Sont concernés également toutes les technologies sans fil utilisées par l'industrie et le grand public tels que le WIFI et le WiMAX pour l'accès au réseau internet, le Bluetooth pour tous les périphériques de proximité (oreillettes, casques, souris, systèmes mains libres, consoles de jeu) et le DECT utilisé par tous les téléphones résidentiels sans fil actuels.

### Quels sont les perturbations que ces ondes ou rayonnements peuvent faire subir aux êtres vivants ?

Au contraire des champs magnétiques statiques qui pénètrent indifféremment nos tissus, les rayonnements électromagnétiques (REM) sont influencés par la présence du corps humain. Ainsi, au contact de la peau, ils sont partiellement réfléchis et partiellement pénétrants, jusqu'à une profondeur qui varie dans un rapport inverse à la fréquence. Par exemple, aux fréquences de la FM (100 MHz) les tissus n'absorbent que moyennement l'énergie de l'onde pénétrante, de sorte que l'on retrouve encore 10% de celle-ci à 10 cm de profondeur. En revanche, aux fréquences du GSM 1800 (1,8 GHz), les tissus absorbent beaucoup plus cette énergie, la quasi-totalité de celle-ci étant alors absorbée dans les 2 premiers centimètres de profondeur. C'est ce phénomène qui entraine une production locale de chaleur, du moins au-delà d'un certain seuil d'intensité supérieur à 30 V/m (principe du four à micro-ondes).

Concernant les effets athermiques moins connus, ils peuvent apparaître à des seuils beaucoup plus faibles (inférieur à 1 V/m) et sont en général considérés comme des effets neuro-endocrino-immunitaires dont certaines conséquences sont détectables par analyse sanguine :

- Neuro : perturbation du système nerveux et neurologique, troubles du sommeil, stress, agressivité
- Endocrino : dérèglement du système hormonal
- Immunitaire : production et fonctionnement des globules blancs perturbés

### Comment mesurer les effets des rayonnements sur la santé ?

Il est difficile de répondre à cette question sans faire un rapide résumé de la physique ondulatoire. Voici donc la base indispensable pour comprendre les techniques de mesure (en [bleu](#), ce passage peut être sauté si vous êtes familier avec ces notions).

Le spectre électromagnétique est un tableau qui regroupe l'ensemble des REM naturels ou artificiels qui nous entourent. Il peut se diviser en deux grandes parties (Cf. figure 1) :

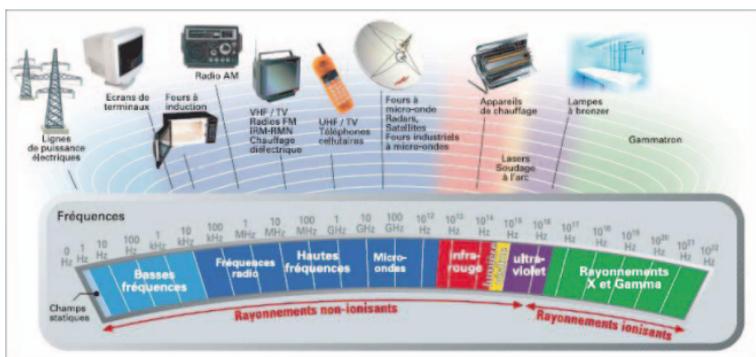


Figure 1 : spectre électromagnétique connu (source INRS France)

- Celle des rayonnements dits ionisants, qui se caractérisent par le fait que leur énergie est suffisante pour « casser » certaines molécules et chasser les électrons des orbites atomiques (exemple : rayons gamma, rayons X). C'est ce qu'on appelle couramment la radioactivité.
- Celle des rayonnements dits non ionisants, dont l'énergie est théoriquement insuffisante pour chasser les électrons de leurs orbites atomiques ou provoquer des cassures de molécules.

Un REM est une onde qui associe un champ électrique (E qui s'exprime en Volt par mètre ou V/m) et un champ magnétique (B qui s'exprime en ampère par mètre ou A/m). Ces champs sont perpendiculaires entre eux mais aussi perpendiculaires avec la direction de propagation (c). Ils varient de manière sinusoïdale (Cf. figure 2).

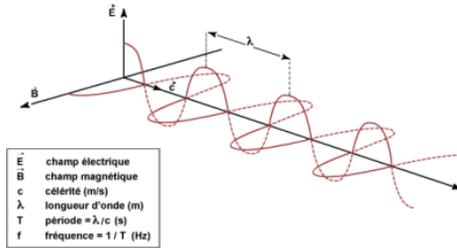


Figure 2 : schéma de principe d'une onde électromagnétique

Rappelons simplement pour mémoire, qu'une onde est caractérisée par :

- Sa longueur d'onde ( $\lambda$ ), exprimée en mètre : distance entre deux points de même état
- Sa fréquence (F), exprimée en Hertz (Hz) : nombre de cycles par seconde.

Un lien relie la longueur d'onde et la fréquence puisque l'onde se propage dans l'air à la vitesse de la lumière C (environ 300.000 km par seconde) On a donc :  $L = C/F$  et  $F = C/L$ . Plus la fréquence d'une onde est élevée, plus sa capacité à transporter de l'énergie est grande.

Les fréquences des REM qui nous préoccupent sont dans le début de la bande des micro-ondes (Cf. figure 1), à savoir entre 800 et 900 MHz pour le GSM, de 1800 à 2200 MHz pour l'UMTS (3G), 1900 MHz pour le DECT, 2400 à 2500 MHz pour le WiFi et le Bluetooth, 3 à 5 GHz pour le WiMAX. Mais toutes ces fréquences correspondent en fait à la fréquence des ondes pulsées qui transportent l'information et qui sont émises en paquets. Ces paquets d'ondes sont séparés par des trous et s'appuient sur des ondes porteuses dont la fréquence est beaucoup plus basse (par exemple, 217 Hz pour le GSM, 100 Hz pour le DECT). Cette caractéristique commune à toutes les technologies de transmission numérique sans fil complexifie la mesure et le rend beaucoup plus problématique sur le plan biologique qu'une onde radio analogique classique qui se comporte comme une onde sinusoïdale régulière.

Ces ondes pulsées transportent donc de l'énergie qui s'exprime en Watt par unité de surface. Vu les niveaux communément atteints, on utilise le micro-watt par cm<sup>2</sup> ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) qui peut également être converti en volt par mètre (V/m). C'est cette unité, le V/m qui est couramment utilisée pour les normes et les rapports de mesure car elle facilite la lecture des chiffres. Les appareils de mesure utilisent donc une sonde qui mesure l'énergie dégagée et la transforme en V/m. Il faut bien préciser si la valeur mesurée est une valeur moyenne ou une valeur crête. D'un point de vue physiologique, nombre de scientifiques considèrent que les valeurs crêtes sont les plus significatives pour quantifier les effets athermiques et les valeurs moyennes les plus significatives pour quantifier les effets thermiques.

En France et en Allemagne, la norme de compatibilité électromagnétique est de 3 V/m, au-delà de cette valeur on considère que les appareils électroniques peuvent dysfonctionner. En revanche les normes de téléphonie mobile (décret du 3/05/2002 pour la France) sont comprises entre 41 V/m (GSM 900) et 61 V/m (UMTS 2200) soit 15 à 20 fois supérieures. Rappelons cependant que ces normes ont été établies sur des recommandations de l'ICNIRP datant de 1998 qui ne prenaient alors en compte que les effets thermiques des micro-ondes pour des expositions de 6 min. maximum ; les valeurs mesurées sur le terrain sont heureusement toujours très inférieures.

### Les rayonnements « non-ionisants » sont-ils vraiment « non ionisants » ?

En principe oui mais certaines interactions biologiques rendent cette question complexe dans le cas des organismes vivants. En effet, il existe plusieurs exemples qui démontrent que ces radiations dites non-ionisantes peuvent entraîner des ruptures de la chaîne d'ADN à des niveaux faibles par rapport aux normes actuellement en vigueur. Voir par exemple :

- « Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells » by H. Lai and N.P. Singh. Bioelectromagnetics 17 : 165 ; 1986
- Etude REFLEX 2004 financée par l'union européenne sous égide de la fondation Verum  
Le 1/10/2007 dans le cadre de l'université ouverte sur le forum des scientifiques de Gelsenkirchen, le professeur Franz Adlkofer a présenté ses résultats concernant la recherche sur les conséquences des rayonnements UMTS

sur les cellules humaines : "Des coupures de brins ADN apparaissent à seulement 1/40ème des valeurs limites (environ 1,5 V/m), les signaux UMTS ont une efficacité supérieure presque de dix fois à celui du GSM "

### Y-a-t-il des recherches fiables menée dans le domaine des effets des rayonnements à ce jour ?

Oui, de nombreuses études réalisées dans le monde depuis environ une décennie constatent des effets extrêmement préoccupants. On peut par exemple citer parmi les plus significatives :

- L'étude COMOBIO 2002 – groupe 6 : le Pr. Pierre Aubineau a mis en évidence le phénomène d'ouverture et donc de perméabilité de la membrane hémato-encéphalique, avec constitution et propagation de mini-œdèmes et inflammation des méninges. Ces travaux sont aujourd'hui confirmés par l'équipe du professeur Belpomme, un oncologue français, qui s'est spécialisé dans l'étude des pathologies d'électro-hypersensibilité (EHS) et qui a mis au point, sur la base d'un panel de 400 malades, un protocole de diagnostic extrêmement précis. Ce test repose essentiellement sur un échodoppler cérébral pulsé et sur des examens sanguins qui permettent d'évaluer les dommages subis par cette membrane ainsi que les zones du cerveau qui sont affectées.
- Le rapport BIOINITIATIVE 2007 : bien qu'il ait été largement critiqué par les industriels et même certaines institution de santé, ce rapport, initié par l'Agence Européenne pour l'Environnement, reprend 1500 études réalisées par différentes équipes et met en évidence de nombreux risques pour la santé. Il établit indiscutablement la preuve scientifique de certains effets pathogènes des champs électromagnétiques basse fréquence du courant domestique ainsi que des REM haute fréquence des technologies sans fil actuelles. Les principaux effets cités dans ce rapport sont :
  - des effets génotoxiques avec lésions irréparables de l'ADN (220 travaux référents)
  - la promotion des protéines de stress (196 travaux référents)
  - des perturbations du système immunitaire (70 travaux référents)
  - des perturbations du fonctionnement du système nerveux entraînant des troubles du comportement (375 travaux référents)
  - l'initiation de tumeurs du cerveau et de neurinomes acoustiques (148 travaux référents)
  - le développement de cancers infantiles du type leucémie (118 travaux référents)
  - des effets sur la production de mélatonine, sur la maladie d'Alzheimer et sur les cancers du sein (171 travaux référents)

Enfin, on ne peut passer sous silence les propos du Dr. Pierre Le Ruz, président actuel du CRIREM en France (Centre de Recherche et d'Information Indépendante sur les Rayonnements Electromagnétiques) qui indique avoir travaillé depuis les années 1970 avec le monde militaire. A cette époque, les militaires travaillaient sur les effets des REM pulsés entre 800 MHz et 3 GHz pour mettre au point des armes électromagnétiques capables de détruire les circuits électroniques. D'après Dr. Le Ruz, de nombreux effets pathogènes ont été observés chez les animaux et les humains et ces fréquences ont été abandonnées à l'époque parce que considérées comme trop dangereuses. C'est pourtant bien ces mêmes fréquences que l'ANF (l'agence nationale des fréquences) a attribué aux opérateurs de téléphonie mobile quelques années plus tard.

### Quelles seraient les mesures à prendre pour diminuer les effets sur l'organisme ?

Voici les recommandations donné par le CRIREM :

- Pas de téléphone mobile pour :
  - les enfants de moins de 15 ans
  - les femmes enceintes
  - les personnes équipées d'appareils électroniques d'assistance médicale
- Choisir et utiliser un téléphone mobile dont la valeur de DAS (Débit d'Absorption Spécifique, mesure en Watt /kg qui figure sur la fiche technique du portable) ne dépasse pas 0,5 Watt/kg (une quinzaine de modèles sur le marché).
- Utiliser systématiquement le kit piéton livré avec votre téléphone (sauf dans les automobiles).
- Limiter le nombre et la durée de vos appels (pas plus de 3minutes)
- Ne pas téléphoner en voiture, ni dans les transports en commun (nous vous rappelons que dans les avions et les hôpitaux l'utilisation du téléphone mobile est interdite).
- La nuit, ne jamais conserver un téléphone mobile allumé à moins de 2 m du corps (l'idéal est qu'il soit éteint durant votre sommeil).

On peut également citer l'existence de kit piéton à tube d'air permettant d'annuler complètement la transmission des ondes à l'oreille (mais pas l'émission du téléphone qui reste dans tous les cas à moins d'un mètre du corps), ainsi que la mise sur le marché de housse de téléphone blindées qui semblent réduire de façon significative l'exposition aux rayonnements.

Dans les véhicules automobiles, la généralisation du Bluetooth a rendu obsolète la pose de kit mains libres avec un socle pour le téléphone et une antenne extérieure. Ces kits avaient cependant le mérite de limiter très fortement les rayonnements émis à l'intérieur du véhicule.

### Quelles mesures l'Etat pourrait-il prendre pour protéger la population ?

En France, l'association Robin des toits milite pour la sécurité sanitaire dans les technologies du sans-fil et se donne pour mission de rechercher des technologies et des pratiques de communication sans fil respectueuses de la santé publique.

Ses propositions sont les suivantes :

- une réglementation réelle centrée sur un maximum d'intensité en tous lieux de 0,6V/m pour les émissions de la téléphonie mobile GSM.
- un moratoire sur la 3G (UMTS) et 4G jusqu'à diffusion d'un rapport scientifique crédible
- installer plus d'antennes GSM (2G), différentes des antennes actuelles, moins puissantes et concentrées sur la couverture des espaces extérieurs
- l'interdiction légale des émissions Wi-fi, Wimax, DECT et Bluetooth, pour lesquels la protection du public est impossible en raison de leurs caractéristiques techniques (fréquence, densité des données transmises...)
- établissement d'un réseau de zones à intensité plus faible garantie par l'Etat en raison du nombre croissant des personnes victimes d'EHS (électro-hypersensibilité)
- diffusion par l'Etat, y compris en milieu scolaire de documents comportant la liste des risques et les moyens simples de protection individuelle. Affichage dans les points de vente de ce document

#### **Existe-t-il des techniques pour neutraliser les effets néfastes des rayonnements non ionisants ?**

Compte tenu de l'état actuel des connaissances, la meilleure technique semble déjà de limiter l'exposition des personnes à ces rayonnements en abaissant les niveaux de puissance reçus. Il faut également informer des risques et recommander un usage modéré de ces technologies. Le nombre grandissant de cas d'EHS (hyper-électrosensibilité) prouvent déjà que certains organismes sont plus sensibles que d'autres et que tout le monde n'a pas la même résistance vis-à-vis de ces rayonnements.

De nombreux dispositifs dit « quantiques » ou « informationnels » existent aujourd'hui sur le marché, mais il est difficile de se faire une opinion objective de leur efficacité du fait de l'absence d'études scientifiques rigoureuse à ce jour. Ces dispositifs se présentent en général sous la forme de patch à placer sur le téléphone ou sur sa housse. Ils permettraient de limiter les perturbations subies par les cellules vivantes exposées aux REM mais ils ne présentent pas d'effets physiques détectables par les appareils de mesure existant. Il faut noter que ces dispositifs peuvent représenter un danger supplémentaire, car si les personnes se croient protégées, elles prennent parfois moins de précaution pour limiter leur exposition.

Dans tous les cas, il conviendrait déjà de développer les pratiques qui limitent les risques. Pour la téléphonie mobile, certaines protections avec des effets physiquement mesurables existent déjà (housses blindées, oreillettes à tubes d'air, combinés filaires basse émission, kit mains-libres avec antenne externe pour les véhicules...). Il faut encourager leur usage et les évaluer rigoureusement afin de pouvoir faire des recommandations pratiques aux usagers.

Document de synthèse à l'attention de la Commission de la santé du Grand-Conseil de l'Etat de Genève, rédigé par :

#### **Thierry Ladreyt**

*Docteur-Ingénieur / Consultant en biologie de l'habitat  
Expertises en Géobiologie et pollution électromagnétique*

Institut des Sciences Positives

10 quai des marans

71000 Mâcon - France

Email : ladreyt@gmail.com

#### **Jean-Paul Bibérian**

*Docteur es Sciences / Maître de Conférence à la faculté des Sciences de Marseille / Luminy*

*Expert en transmutations biologiques et fusion froide*

*Editeur en Chef du Journal of Condensed Matter Nuclear Science*

*Membre du conseil scientifique de la Fondation Fluvio Frizone*

CNRS CINAM - Centre Interdisciplinaire de Nanoscience de Marseille

Campus de Luminy

13000 Marseille - France

Email : jpbiberian@yahoo.fr

**Question no 12.5116 de M. Mauro Poggia au Conseil fédéral du 7 mars 2012 : Téléphonie mobile. Quel est le contrôle sur les micro-antennes?****Texte déposé**

La loi et les ordonnances d'application ont instauré des mesures de protection contre le rayonnement non ionisant en matière d'installation d'antennes de téléphonie mobile (loi sur les télécommunications, loi sur la protection de l'environnement, ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant notamment), en fixant la distance entre les antennes et la puissance de celles-ci.

1. Est-il exact que des micro-antennes, servant de relais dans certains lieux privés (centres commerciaux), sont installées?
2. Ces installations sont-elles soumises à autorisation?
3. Un inventaire en est-il tenu?

**Réponse du Conseil fédéral du 12.03.2012**

1. En effet, de nombreuses micro-antennes ou micro-cellules sont installées par les opérateurs de téléphonie mobile. D'une part, elles permettent d'améliorer la couverture à l'intérieur de bâtiments. D'autre part, il s'agit d'optimiser la qualité du service offert dans des lieux à très forte fréquentation.
2. La législation actuelle ne prévoit pas de mesures contraignantes pour les émetteurs de faible puissance, c'est-à-dire pour les antennes avec une puissance rayonnée inférieure à 6 watts. Les micros-antennes ont en général une puissance rayonnée largement inférieure à 6 watts. L'application de la législation est de la compétence des cantons. Un canton pourrait prévoir une procédure d'autorisation pour de telles installations mais, à notre connaissance, aucun ne l'a fait à ce jour. Par contre, certains prévoient une obligation de notification pour de telles installations, par exemple le canton de Zoug. L'OFEV met à disposition un formulaire pour de telles notifications.
3. Les opérateurs sont tenus d'annoncer régulièrement toutes les composantes de leurs réseaux à l'OFCOM. Toutes les installations d'émission des réseaux de téléphonie mobile ayant une puissance supérieure à 1 watt sont répertoriées sur Internet.

## ANNEXE 4

**FNSNF**  
FONDS NATIONAL SUISSE  
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

RÉSULTATS DU PROGRAMME NATIONAL  
DE RECHERCHE SUR LES ÉVENTUELS  
RISQUES SANITAIRES ÉMANANT DES  
RAYONNEMENTS ÉLECTROMAGNÉTIQUES



**Rayonnement non ionisant. Environnement et santé**  
Programme national de recherche PNR 57

TABLE DES MATIÈRES	<span style="color: yellow;">■</span> ÉDITORIAL	3
	<span style="color: purple;">■</span> INTRODUCTION	6
	<span style="color: yellow;">■</span> RÉSULTATS	10
	<span style="color: lightblue;">■</span> APERÇU DES PROJETS	30
	<span style="color: red;">■</span> CONCLUSIONS	32
	<span style="color: green;">■</span> INFORMATIONS	36

## NOUVELLES CONNAISSANCES PRÉCIEUSES SUR LES ÉVENTUELS RISQUES ÉMANANT DES CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Que ce soit au téléphone, en écoutant la radio, en surfant sur Internet, au cours d'un diagnostic médical ou tout simplement en utilisant des appareils électriques de toutes sortes: les rayonnements électromagnétiques nous accompagnent au quotidien et font partie de notre environnement. De nouvelles technologies et de nouveaux appareils arrivent sans cesse sur le marché et leur utilisation s'accompagne

de rayonnements électromagnétiques. Il est donc judicieux d'étudier les éventuels risques émanant de ces rayonnements pour la santé de l'être humain et de l'environnement. De telles recherches ont lieu depuis des années dans le monde entier.

Afin de mieux évaluer les risques liés à la communication mobile et à d'autres types de rayonnements non ionisants, le Conseil fédéral a décidé le lancement du Programme national de recherche «Rayonnement non ionisant. Environnement et

3

santé» (PNR 57) et a chargé le Fonds national suisse de l'exécuter. Au bout de trois ans de travail intensif dans onze projets de recherche, les résultats du programme sont à présent disponibles.

Nous sommes heureux de vous proposer dans cette brochure un aperçu de la recherche suisse actuelle dans le domaine du «Rayonnement non ionisant». Cette publication souligne l'importance de la contribution fournie par les projets de recherche du PNR 57 à l'effort mené à

l'échelon international pour comprendre les effets du rayonnement non ionisant. Dans ce domaine, la Suisse dispose de scientifiques de renom international et est en mesure de proposer de nouvelles connaissances précieuses au sujet des risques éventuels émanant des champs électromagnétiques.

C'est aussi grâce au PNR 57 que nous savons aujourd'hui que les rayonnements non ionisants peuvent déclencher des effets biologiques dans les cellules et les

organes par d'autres voies que le réchauffement des tissus. On ne peut en revanche pas encore dire si ces effets ont une signification pour la santé et, si oui, s'ils sont négatifs, positifs ou neutres. Par conséquent, nombre de questions sur l'impact des rayonnements non ionisants restent encore sans réponse scientifique. Il est donc d'autant plus important que les chercheuses et chercheurs suisses continuent à se pencher sur ces questions et échangent leurs expériences avec d'autres scientifiques à l'échelon international.



P<sup>r</sup> em. Alexander A. Borbély  
Président du Comité de direction



P<sup>r</sup> André G. Kléber  
Délégué du Conseil de la recherche du FNS

La recherche doit avoir pour but de créer des bases scientifiques permettant de mieux évaluer les éventuels risques sanitaires émanant des rayonnements électromagnétiques des technologies actuelles et futures, ainsi que d'optimiser les mesures à prendre et les comportements à adopter avec ces technologies. Les projets de recherche du PNR 57 apportent une importante contribution en ce sens.

Nous espérons que les résultats du PNR 57 attireront l'attention d'autres cercles que ceux de la recherche. C'est à présent aux entreprises, aux autorités et aux instances politiques d'apprécier les résultats du PNR 57 à leur juste valeur et d'en tenir compte dans leur travail.

P<sup>r</sup> em. Alexander A. Borbély  
Président du Comité de direction

P<sup>r</sup> André G. Kléber  
Délégué du Conseil de la recherche du FNS

5

## ÉTUDE D'ÉVENTUELS EFFETS SANITAIRES NÉGATIFS DES CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES À FAIBLE DOSE

L'essor des téléphones portables, des réseaux sans fil (WiFi) et des téléphones sans fil a pour effet que nous sommes de plus en plus exposés au quotidien à des champs électromagnétiques. Bien des questions sont encore sans réponse au sujet d'éventuels risques sanitaires de ces rayonnements à faible dose. Le Programme national de recherche «Rayonnement non ionisant. Environnement et santé» (PNR 57) s'est penché sur celles-ci.

Les Suisses sont très enclins à utiliser le téléphone portable et à surfer sur Internet. D'après l'Office fédéral de la statistique (OFS), plus de 90% des ménages disposent actuellement d'un téléphone portable ou d'un smartphone; trois quarts des plus de 14 ans surfent plusieurs fois par semaine sur Internet. En même temps, de nouvelles normes techniques font leur apparition en téléphonie mobile et de nouveaux appareils

sans fil arrivent sur le marché. L'être humain est donc exposé à de plus en plus de champs électromagnétiques (ou rayonnements non ionisants).

La téléphonie mobile, les réseaux sans fil (WiFi), mais aussi les stations d'émission radio et TV produisent des rayonnements haute fréquence. Les appareils électroménagers tels que cuisinières à induction ou ampoules à basse consommation ainsi que les lignes à haute tension génèrent des rayonnements basse fréquence. On

parle communément d'«électrosmog». Mais contrairement aux polluants atmosphériques, la science ne sait pas encore bien si et dans quelle mesure les rayonnements non ionisants sont néfastes à la santé de l'être humain et de l'environnement. Cette question préoccupe non seulement les scientifiques, les autorités et l'industrie, mais de larges pans de la population s'en inquiètent aussi, et les médias s'en font l'écho en rendant régulièrement compte des risques de la téléphonie mobile.

Certes, on sait depuis longtemps que les champs électromagnétiques à forte dose sont en mesure de réchauffer les tissus biologiques et, dans certaines conditions, de provoquer des lésions cellulaires et des problèmes de santé. Au quotidien, nous ne sommes cependant soumis qu'à des rayonnements à faible dose. Un réchauffement de la température du corps n'est de ce fait pas mesurable ou reste très faible. De plus, le Conseil fédéral a déterminé en 2000 des valeurs limites pour les champs électromagnétiques – en partie plus strictes que les

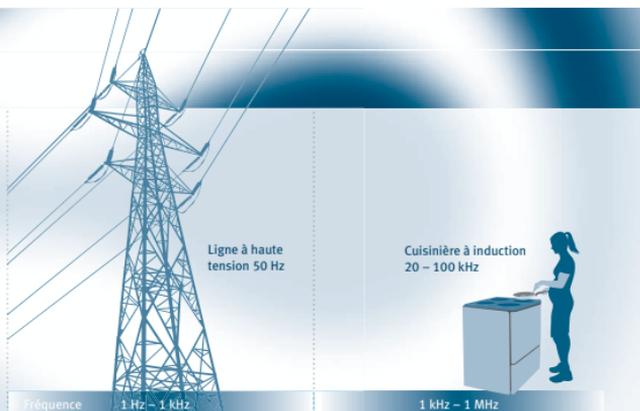
normes internationales – dans l'«Ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant» (ORNI). Cependant, on ne sait pas si, en deçà des valeurs limites existantes, il existe des effets dits «non thermiques» sur la matière vivante et donc sur l'être humain.

#### ÉLUCIDER DES QUESTIONS ESSENTIELLES EN RAPPORT AVEC LES RAYONNEMENTS NON IONISANTS

Le PNR 57 s'est donné pour but, dans un délai de trois ans de recherche, d'étudier des questions scientifiques essentielles en

7

#### CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES



rapport avec les éventuels effets sanitaires négatifs des rayonnements non ionisants sur l'être humain et l'environnement. Ce faisant, le PNR 57 s'est axé sur l'agenda de recherche défini par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS). Cet agenda indique les domaines à étudier d'urgence. Le PNR 57 a donc étudié en particulier les mécanismes biologiques d'éventuels effets non thermiques tels que des modifications

du patrimoine génétique de la cellule. Globalement, il s'agissait pour les projets de recherche du PNR 57 – de même que pour d'autres programmes de recherche internationaux – de contribuer à une meilleure évaluation des éventuels risques sanitaires des nouvelles technologies.

Les onze projets de recherche du PNR 57 s'articulaient en quatre modules thématiques:

- Le module «Dosimétrie et mesures d'exposition» cherchait à décrire et à mesurer les champs électromagnétiques et leur absorption dans les tissus.
- Le module «Études en laboratoire et épidémiologie» se penchait sur l'effet des rayonnements non ionisants sur

## INTRODUCTION

Radiodiffusion  
FM env. 100 MHz

Téléphonie mobile  
400 MHz – 2.6 GHz

Faisceaux hertziens  
7 – 8 GHz

Fréquence

1 MHz – 1 GHz

3 GHz – 300 GHz

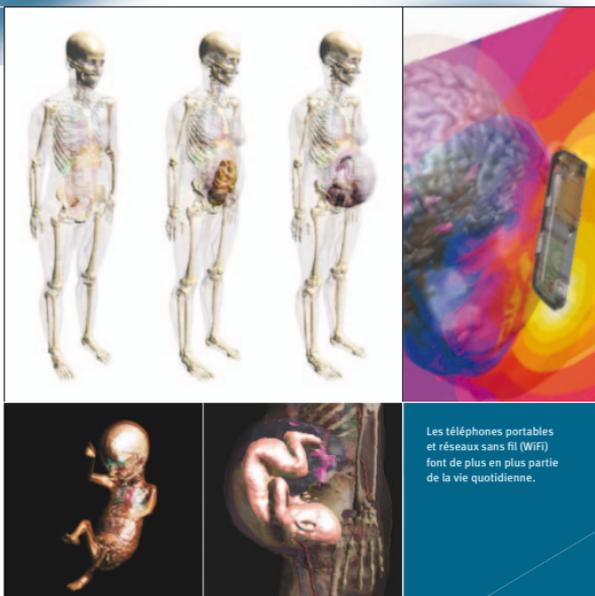
- le corps humain et sur la santé, et le rapport éventuel entre un contact à long terme avec les rayonnements non ionisants et des problèmes de santé.
- Le module «Biologie cellulaire» étudiait les mécanismes par lesquels les champs électromagnétiques agissent sur les cellules et l'impact des rayonnements électromagnétiques sur le patrimoine génétique et sur l'activité des gènes.

- Le module «Perception du risque» étudiait comment et par quels mécanismes l'être humain perçoit et évalue les risques émanant des champs électromagnétiques.

En raison de la pertinence de ses découvertes pour la vie quotidienne, le PNR 57 s'adresse non seulement à la communauté scientifique, mais aussi aux politiques,

aux médias et tout particulièrement au public intéressé. Cette brochure présente les principaux résultats de projets choisis et évalue la recherche dans le cadre de travaux scientifiques internationaux.

9



Des modèles informatiques sophistiqués permettent de mesurer l'exposition de l'être humain aux rayonnements.

Les téléphones portables et réseaux sans fil (WiFi) font de plus en plus partie de la vie quotidienne.

## MESURER ET DÉCRIRE L'ABSORPTION ET LA RÉPARTITION DES RAYONNEMENTS ÉLECTROMAGNÉTIQUES DANS LES TISSUS

Dans quelle mesure sommes-nous exposés au quotidien aux rayonnements non ionisants?

C'est la question sur laquelle se sont penchés les scientifiques du module «Dosimétrie et mesures d'exposition». Leurs découvertes fournissent des bases importantes pour d'autres études sur les risques sanitaires des rayonnements électromagnétiques et aideront à mieux respecter les valeurs limites et à prendre des mesures préventives plus efficaces.

On sait relativement bien dans quelle mesure le cerveau est exposé aux champs électromagnétiques lors de l'utilisation d'un téléphone portable. En revanche, on ne connaissait pas jusqu'à présent l'ampleur de l'exposition quotidienne cumulée aux rayonnements non ionisants, émanant non seulement des téléphones portables, mais aussi de diverses sources telles qu'appareils électroménagers ou réseaux sans fil (WiFi).

Par leurs projets de recherche, les scientifiques du module «Dosimétrie et mesures d'exposition» voulaient combler cette lacune. Une fois l'ampleur de l'exposition quotidienne cumulée aux rayonnements non ionisants connue, on pourra mieux respecter les valeurs limites en vigueur. De plus, de telles connaissances permettront de mieux planifier d'autres études sur le danger sanitaire éventuel pour la population.

11

### TÉLÉPHONES PORTABLES: PRINCIPALE SOURCE DE CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Niels Kuster, de la Foundation for Research on Information Technologies in Society (IT<sup>2</sup>S), et ses collaborateurs ont étudié dans quelle mesure la population est exposée au quotidien aux champs électromagnétiques. À l'aide de modèles informatiques et de mesures directes, l'équipe de recherche a analysé l'exposition cumulée du système nerveux central, en particulier du cerveau, aux champs électromagnétiques haute fréquence. L'étude a couvert

une gamme de fréquence allant de 30 mégahertz à 6 gigahertz, comprenant les appareils et sources de rayonnement tels que téléphones portables et sans fil, transmetteurs, babyphones, réseaux sans fil (WiFi) et technologie Bluetooth. Il est apparu qu'au quotidien, les téléphones portables sont de loin la principale source de champs électromagnétiques. Le modèle de téléphone portable utilisé n'est pas le seul élément important: en utilisant des écouteurs pour téléphoner, on peut diviser par dix l'exposition du cerveau aux

rayonnements. De plus, la technique de téléphonie mobile UMTS, actuellement la plus répandue dans notre pays, divise l'exposition moyenne par cent par rapport à GSM, la référence technique de deuxième génération. Un téléphone portable UMTS soumet le cerveau à moins de rayonnements qu'un téléphone sans fil utilisé à la maison. Par ailleurs, la région du cerveau touchée et la quantité de rayonnement électromagnétique absorbée dépend de la manière dont on tient son téléphone portable pendant la conversation téléphonique.

Un élément intéressant est que le rayonnement électromagnétique émanant de la station de base d'un téléphone sans fil se trouvant à la maison est à peu près équivalent à celui d'une antenne-relais de téléphonie mobile se trouvant à l'extérieur: dans les deux cas, le cerveau n'est exposé qu'à de très faibles champs électromagnétiques.

On aura besoin d'autres travaux de recherche sur l'exposition quotidienne cumulée de la population aux champs électro-

magnétiques pour couvrir les nouveautés techniques. Dans certains pays, on utilise déjà LTE, technique de téléphonie mobile de quatrième génération. LTE (Long Term Evolution) dispose d'une autre structure de signal et d'autres techniques d'accès que les standards précédents. De plus, il faut tenir compte du fait que les nouveaux smartphones, contrairement aux téléphones portables classiques, sont utilisés plus loin de la tête et plus près du corps.

#### FEMMES ENCEINTE: ATTENTION AUX CUISINIÈRES À INDUCTION

Le fœtus a besoin d'une protection particulière. Des lésions qui se forment pendant la grossesse peuvent entraîner des handicaps durables. Nicolas Chavannes et son équipe de la Fondation IT'IS se sont penchés sur les champs électromagnétiques auxquels sont soumises les femmes enceintes au quotidien et sur la manière dont les rayonnements sont absorbés par le corps de la mère et de l'enfant. Comme on ne peut pas, du point de vue

13

éthique, soumettre des femmes enceintes de manière ciblée à des champs électromagnétiques dans le cadre d'un projet de recherche, les scientifiques se sont servis de modèles informatiques. Des modèles anatomiques très précis de femmes enceintes de trois, sept et neuf mois simulaient les modifications des caractéristiques tissulaires de la mère et de l'enfant et ont permis aux scientifiques d'évaluer dans le détail dans quelle mesure le rayonnement de champs électromagnétiques haute fréquence est absorbé et comment

les champs électromagnétiques basse fréquence induisent des courants électriques dans les tissus de la mère et de l'enfant.

La principale découverte de ce projet de recherche est que l'exposition de la femme enceinte et de l'enfant à naître aux rayons issus de sources quotidiennes à domicile – par exemple ampoules à basse consommation, téléphones sans fil ou réseau sans fil (WiFi) – est inférieure aux valeurs limites en vigueur pour l'ensemble de la population. Mais les chercheurs ont constaté que

les champs électromagnétiques moyenne fréquence des cuisinières à induction modernes peuvent être problématiques: si une femme enceinte se trouve tout près d'une cuisinière à induction en fonctionnement, l'exposition au rayonnement peut dépasser les valeurs limites admissibles. Si la femme enceinte est exposée à des champs électromagnétiques autorisés pour les personnes actives, la plupart des sources de rayonnement sont trop fortes pour la mère et pour l'enfant. En effet, les valeurs limites sont plus élevées pour

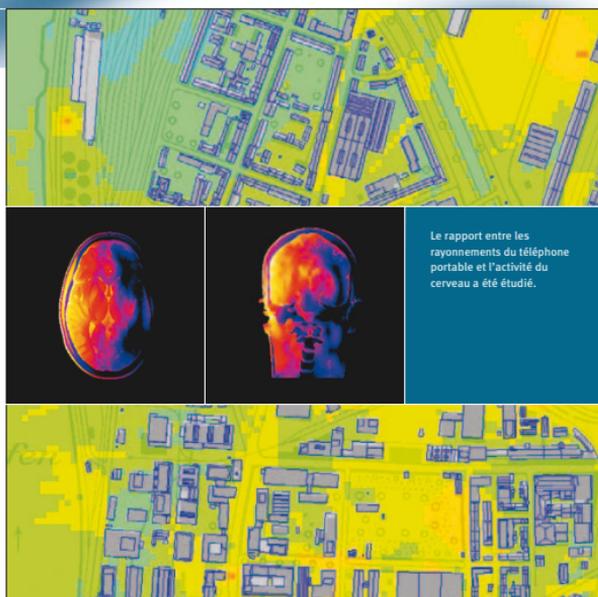
les personnes actives, généralement en meilleure santé et mieux à même de se protéger qu'un enfant.

En raison des résultats de leurs travaux de recherche, Nicolas Chavannes et son équipe conseillent d'adapter les normes en vigueur pour les appareils électroménagers, plus particulièrement les cuisinières à induction, aux besoins spécifiques de protection de la santé des femmes enceintes. Entre-temps, les fabricants de cuisinières à induction

ont adopté des recommandations pour les femmes enceintes dans le mode d'emploi de ces appareils. D'après les scientifiques, les femmes enceintes ont de manière générale intérêt à éviter les champs électromagnétiques dépassant les valeurs limites en vigueur en Suisse pour l'ensemble de la population. De plus, les autorités sanitaires devraient envisager des valeurs limites plus strictes sur le lieu de travail si des femmes enceintes y sont employées.

Pour la première fois, Nicolas Chavannes et son équipe ont réussi à créer un modèle informatique permettant de mesurer et d'enregistrer avec précision l'exposition des femmes enceintes aux champs électromagnétiques. Il est souhaitable que des travaux de recherche futurs s'efforcent d'améliorer encore la pertinence de ces modèles informatiques virtuels.

15



Le cadastre des immissions montre la répartition dans l'espace de l'exposition au rayonnement due aux stations émettrices de téléphonie mobile et de radiodiffusion dans le canton de Bâle-Ville.

## IMPACT DES CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES SUR LE CORPS HUMAIN

Les projets du module «Études en laboratoire et épidémiologie» se sont penchés entre autres sur les effets des rayonnements non ionisants sur le corps et sur la santé. Ce faisant, les scientifiques ont étudié d'une part les effets directs, d'autre part la question de savoir s'il y a un rapport entre une exposition à long terme et des problèmes de santé.

Dans le premier module du PNR 57, les chercheurs ont calculé dans quelle mesure l'être humain est soumis aux champs électromagnétiques dans certaines situations. Mais cette exposition a-t-elle un impact quelconque sur le corps humain? Telle était la question étudiée dans le cadre du module «Études en laboratoire et épidémiologie». Les expériences en laboratoire offrent le cadre idéal pour étudier dans

des conditions contrôlées les effets à court terme des champs électromagnétiques, par exemple sur l'activité cérébrale, la fréquence cardiaque ou le taux hormonal. Les effets à long terme, en revanche, ne se révèlent que dans des études épidémiologiques. Celles-ci étudient sur une longue période si un rapport tout au moins indirect apparaît entre l'exposition aux champs électromagnétiques et le bien-être général de l'être humain.

17

### RAYONNEMENTS DU TÉLÉPHONE PORTABLE ET MODIFICATIONS DE L'ACTIVITÉ CÉRÉBRALE PENDANT LE SOMMEIL

On soupçonne depuis assez longtemps que les champs électromagnétiques haute fréquence – usuels en téléphonie mobile – ont un effet sur la physiologie du cerveau. Des études ont fourni des indices que leur influence porte parfois atteinte aux capacités cognitives des personnes testées, mais parfois aussi les améliore. Peter Achermann, de l'Institut de pharmacologie et de toxicologie de l'Université

de Zurich, et son équipe ont réalisé une série d'expériences visant à élucider le rapport entre le rayonnement des téléphones portables et l'activité du cerveau humain.

Dans une première expérience, les chercheurs ont soumis, pendant une demi-heure, 30 jeunes hommes en bonne santé à divers champs électromagnétiques haute fréquence, juste avant que ces hommes aillent se mettre au lit pour la nuit. Les champs électromagnétiques

choisis se distinguaient par leur porteur et par le composant de modulation basse fréquence présent dans le signal.

De fait, les champs électromagnétiques de téléphonie mobile ont un effet sur l'activité du cerveau pendant le sommeil. L'électroencéphalogramme (EEG) – qui représente l'activité électrique du cerveau – a montré un renforcement de certains types d'excitation typiques du sommeil. À intensité de rayonnement égale, seuls les signaux modulés avaient cet effet.

pas les signaux sans modulation. Cette découverte importante permet de mieux délimiter quels composants du signal sont décisifs pour ce qui est de l'impact sur le cerveau.

En revanche, les légères modifications observées dans le tracé de l'électro-encéphalogramme chez les jeunes hommes n'avaient pas d'impact sur le déroulement ou la qualité du sommeil. De plus, soumis à un test de réaction avant d'aller se coucher et pendant l'exposition aux champs élec-

tronnétiques, les participants avaient d'aussi bons résultats qu'en l'absence de rayonnements.

Une autre expérience consistait à exposer 23 adolescents de 11 à 13 ans aux rayonnements du téléphone portable pendant la phase éveillée, et à tester leur capacité de réaction et leur mémoire de travail. Les résultats de cette expérience ne sont pas encore disponibles.

Même si les expériences de Peter Achermann n'ont pas démontré d'impact négatif des champs électromagnétiques sur le cerveau, certaines questions restent en suspens: ainsi la recherche devra-t-elle à l'avenir déterminer si ces résultats sont valables, non seulement pour les adolescents et les jeunes adultes, mais aussi pour les personnes âgées ou atteintes de problèmes neurologiques.

#### **EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS: FORTE RESPONSABILITÉ INDIVIDUELLE**

Tandis que l'équipe de Peter Achermann se concentrait en laboratoire sur les effets à court terme des champs électromagnétiques, Martin Röösli de l'Institut Tropical et de Santé Publique Suisse à Bâle et ses collaborateurs ont étudié d'éventuels effets à long terme. Ils voulaient en particulier savoir si l'exposition quotidienne aux rayonnements issus de sources haute fréquence telles que téléphones portables, téléphones sans fil utilisés à la maison ou

réseaux sans fil (WiFi) portent atteinte à la santé de l'être humain.

Pour parvenir à des conclusions pertinentes, les spécialistes de médecine préventive ont choisi des méthodes novatrices. D'une part, ils ont équipé 166 personnes de la région de Bâle d'exposimètres. Il s'agit d'appareils portables qui enregistrent toutes les 90 secondes l'exposition aux champs électromagnétiques haute fréquence. D'autre part, à l'aide de modèles spatiaux, ils ont enregistré l'exposition

totale à laquelle la population bâloise est soumise, incluant donc aussi celle qui émane de sources fixes telles qu'antennes-relais. Enfin, ils ont été l'un des premiers groupes de recherche au monde à avoir une approche prospective: ils ont accompagné 1 200 personnes pendant un an, les ont interrogées deux fois au sujet de leur état de santé et ont mis les résultats en rapport avec l'exposition aux rayonnements pendant la même période.

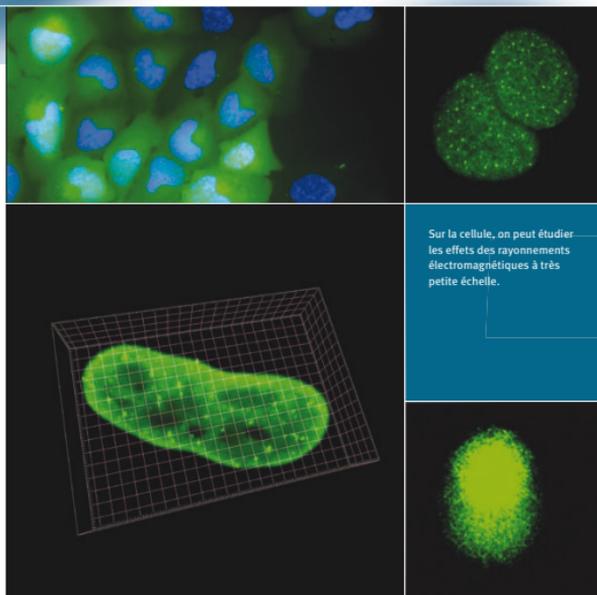
Il apparaît que l'être humain est responsable d'une bonne partie de son exposition aux rayonnements: d'après les mesures par exposimètre, les rayonnements électromagnétiques haute fréquence proviennent essentiellement des téléphones portables, des téléphones sans fil utilisés à domicile et des antennes-relais de téléphonie mobile. À noter que le rayonnement constaté a une puissance moyenne de 0,21 volt par mètre, c'est-à-dire nettement inférieure aux valeurs limites en vigueur. Cependant, si on n'a pas de téléphone sans

fil chez soi et si on ne se sert que rarement du téléphone portable, on limite son exposition en réduisant ou en supprimant deux sources essentielles de rayonnements au quotidien. Une autre découverte cruciale est que l'exposition aux champs électromagnétiques ne conduit à aucun problème de santé patent dans la population bâloise. Pendant un an d'observation, on n'observe ni maux de tête, ni problèmes de concentration, ni troubles du sommeil en rapport avec l'exposition aux champs électromagnétiques. Les scientifiques n'ont pas non

plus trouvé d'indices selon lesquels les personnes qui se décrivent comme «électrosensibles» réagissent différemment des autres aux champs électromagnétiques.

En dépit de ces résultats, les chercheurs bâlois estiment qu'il faudrait poursuivre les recherches. En effet, en raison de la faible puissance de rayonnement constatée, on ne peut pas dire comment les êtres humains réagissent aux champs électromagnétiques haute fréquence plus proches des valeurs limites actuelles.

21



À l'aide de différents tests, on a étudié quels mécanismes biologiques sont déclenchés par le rayonnement non ionisant dans les cellules humaines.

## EFFETS DES RAYONNEMENTS ÉLECTROMAGNÉTIQUES SUR LE PATRIMOINE GÉNÉTIQUE DES CELLULES

Les projets de recherche du module «Biologie cellulaire» ont entre autres étudié l'impact des rayonnements électromagnétiques sur le patrimoine génétique des cellules. Les chercheurs se sont surtout intéressés aux conditions dans lesquelles des cassures de brins d'ADN se produisent et si celles-ci sont inoffensives ou si elles sont susceptibles de causer des modifications génétiques durables.

Pour déterminer l'impact des champs électromagnétiques sur le corps humain, la mesure et l'enregistrement de l'exposition aux rayonnements et l'observation des éventuelles conséquences sanitaires ne sont que la première étape. Il est également décisif d'analyser et de comprendre avec précision quels mécanismes biologiques sont déclenchés dans les cellules par les rayonnements non ionisants.

De telles études de biologie cellulaire permettent le cas échéant de tirer des conclusions directes au sujet de risques sanitaires susceptibles d'être dus aux rayonnements électromagnétiques. Ainsi est-il envisageable que l'exposition aux champs électromagnétiques porte atteinte à la stabilité de l'ADN, ce qui pourrait être cause de cancer ou de vieillissement précoce.

23

### CONFIRMATION DE L'IMPACT DU RAYONNEMENT SUR LA CELLULE

Diverses études – controversées – des dernières années avaient conclu que les champs électromagnétiques basse fréquence et haute fréquence entraînent des cassures de brins d'ADN. Ces résultats ont conduit l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) à accorder en 2006 une haute priorité à la recherche sur d'éventuelles modifications génétiques. Mais le débat scientifique tournait jusqu'à présent surtout autour de la question de savoir si ces

effets existent réellement ou non, et moins de savoir quel est leur impact biologique et comment les interpréter. Primo Schär et ses collaborateurs de l'Institut de biochimie et de génétique de l'Université de Bâle voulaient par conséquent, dans le cadre du module «Biologie cellulaire», clarifier non seulement les conditions dans lesquelles les cassures de brins d'ADN se produisent, mais aussi si elles sont inoffensives ou si elles peuvent conduire à des modifications génétiques durables.

Afin d'observer d'éventuelles lésions de l'ADN par les champs électromagnétiques, les chercheurs se sont servis de ce que l'on appelle le test des comètes. Ce processus extrêmement sensible permet de détecter les modifications ayant lieu au niveau de la cellule suite à des cassures au niveau de la molécule d'ADN. À l'instar d'études précédentes, Primo Schär et son équipe ont eux aussi constaté que les cellules des tissus conjonctifs humains présentent un surcroît de cassures de brins d'ADN sous l'effet de champs électromagnétiques

basse fréquence alternativement allumés et éteints à intervalles réguliers. Cet effet s'observe en partie également lorsque les cellules des tissus conjonctifs sont exposées aux champs électromagnétiques haute fréquence usuels en téléphonie mobile.

Des analyses biochimiques approfondies, réalisées dans le cadre de ce projet de recherche, ont montré que ces modifications de l'ADN ne sont pas le résultat de lésions physiques directes du patrimoine génétique. Les chercheurs ont observé

qu'il s'agit d'une légère augmentation de la fréquence de processus naturels, étant donné que les cassures de brins d'ADN sont un phénomène qui n'est pas inhabituel lors de la multiplication normale de la cellule. Les chercheurs de l'équipe de Primo Schär supposent par conséquent que les cassures qu'ils ont observées ne représentent pas de risque particulièrement élevé et que les cellules sont en mesure de les réparer assez facilement.

Les scientifiques bâlois ont obtenu leurs résultats sur certaines cellules précises et dans des conditions précises. Il est donc important que d'autres groupes de recherche réalisent des expériences similaires sur d'autres types de cellules que celles étudiées par Primo Schär et son équipe.

25

Les sentiments et les émotions ont une influence sur la perception et l'évaluation des risques du rayonnement électromagnétique.

**Gregor Dürrenberger**  
Forschungstiftung Mobilkommunikation, Zürich

antennes risquent, oppositions aussi

Les études en sciences sociales apprennent comment modifier la communication sur les effets des rayonnements non ionisants de manière à mieux tenir compte des inquiétudes de la population.

## PERCEPTION ET ÉVALUATION DES RISQUES DES CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

L'inquiétude de la population au sujet des risques émanant des rayonnements électromagnétiques dépend aussi de la manière dont elle perçoit et évalue ces risques. C'est sur ces aspects que se sont penchés les projets de recherche du module «Perception du risque». Les résultats des études en sciences sociales peuvent aider à mieux comprendre les soucis des gens et à mieux en tenir compte dans la communication sur les conséquences des rayonnements électromagnétiques.

Les connaissances – objectives – en sciences naturelles et médicales sur les risques éventuels des champs électromagnétiques pour l'être humain et l'environnement sont une chose. Mais le sentiment que l'être humain éprouve vis-à-vis d'une technologie en tant que danger ou non pour sa santé dépend aussi de la manière dont il l'évalue subjectivement les risques, dont il les perçoit et dont il y réagit. Dans

ce module axé sur les sciences sociales, les chercheurs ont donc dépisté les facteurs qui font que les gens comprennent l'électrotechnologie comme une chance ou comme un risque. Les résultats obtenus permettent d'apprendre à mieux tenir compte des peurs et des soucis de la population pour la communication sur les conséquences des rayonnements non ionisants.

27

### LES SENTIMENTS ET LES ÉMOTIONS INFLUENCENT FORTEMENT LA PERCEPTION DE LA TECHNOLOGIE DE TÉLÉPHONIE MOBILE

L'affect, c'est-à-dire les sentiments et les émotions, a une influence particulièrement grande sur la perception du risque. Si les expert-e-s ont recours pour leur évaluation aux probabilités, aux réflexions logiques ou aux faits, les profanes se fient plutôt à leurs expériences subjectives. Celles-ci sont souvent empreintes de facteurs «mous» tels que métaphores, récits ou sentiments. Michael Siegrist, de

l'Institute for Environmental Decisions de l'EPF de Zurich, et son équipe ont étudié par toute une série d'expériences et de sondages comment naissent ces mécanismes marquants.

Le test d'associations implicites (TAI) est un processus qui permet de saisir les intimes convictions de l'être humain en mesurant comment et à quelle vitesse une personne-test réagit à un mot clé. Par le biais de ce test, Michael Siegrist et ses collaborateurs ont constaté sur une soixantaine de

participant-e-s que leurs opinions vis-à-vis des champs électromagnétiques sont effectivement déterminées par l'affect. C'est ainsi que le mot-clé «antennes-relais» éveille des associations positives chez les spécialistes de téléphonie mobile, des associations neutres chez les profanes, mais des associations négatives chez les opposants à la téléphonie mobile.

Un sondage réalisé auprès de 500 personnes de la grande région de Zurich a révélé une majorité de conceptions

négatives vis-à-vis des antennes-relais, les participants jeunes s'avérant plus familiers de la communication mobile et ayant une attitude moins négative à son égard. Les réponses des personnes interrogées ont aussi montré quel rôle jouent la peur et la colère dans la perception de la technologie de la communication: les personnes qui ont peur des antennes-relais sont plutôt obnubilées par les risques; les personnes qui éprouvent de la colère vis-à-vis de ces antennes ont du mal à en voir les avantages.

Enfin, Michael Siegrist et son équipe ont également découvert dans le cadre de leur sondage qu'à part les sentiments et les émotions, la compréhension technique individuelle a aussi une grande influence sur la perception et l'évaluation de la technologie de téléphonie mobile.

Plus on se trouve éloigné d'une antenne-relais, plus le rayonnement émis par le téléphone portable est fort lorsque celui-ci essaye d'établir la communication. Les personnes qui sont au courant de cet

état de fait acceptent mieux les antennes-relais à proximité que les personnes qui l'ignorent.

Les résultats de recherche de Michael Siegrist montrent bien que les sentiments et émotions profondes qui s'expriment de manière directe marquent fortement la perception de la technologie de téléphonie mobile. Pour la communication, il importera donc à l'avenir de tenir particulièrement compte des facteurs qui touchent à ces émotions.

29

## LISTE DES PROJETS

Au total, onze projets de recherche répartis entre quatre modules thématiques ont été réalisés dans le cadre du PNR 57.

## DOSIMÉTRIE ET MESURES D'EXPOSITION

**Détermination de l'effet sur le fœtus des champs électromagnétiques en environnement non contrôlé**

**D<sup>r</sup> Nicolas Chavannes, D<sup>r</sup> Andreas Christ**  
Foundation for Research on Information Technologies in Society (ITIS), Zurich Pages 11 – 15

**Exposition cumulative du système nerveux central dans une plage de temps et de fréquence**

**P<sup>r</sup> D<sup>r</sup> Niets Kuster, D<sup>r</sup> Sven Kühn**  
Foundation for Research on Information Technologies in Society (ITIS), Zurich Pages 11 – 15

**Observations microscopiques de cellules pendant l'exposition aux champs électromagnétiques**

Andreas Christ et Myles Capstick de la Foundation for Research on Information Technologies in Society (ITIS) ont élaboré un microscope permettant d'observer les cellules pendant qu'elles sont soumises au rayonnement électromagnétique.

**D<sup>r</sup> Andreas Christ, D<sup>r</sup> Myles Capstick**  
Foundation for Research on Information Technologies in Society (ITIS), Zurich

## ÉTUDES EN LABORATOIRE ET ÉPIDÉMIOLOGIE

**Effets sur le cerveau humain des champs électromagnétiques à modulation pulsée de téléphonie mobile: paramètres clés, lieu de l'interaction et sensibilité au début de l'adolescence**

**P<sup>r</sup> D<sup>r</sup> Peter Achermann**  
Institut de pharmacologie et de toxicologie  
Université de Zurich Pages 17 – 21

**Étude de cohorte prospective sur l'influence des champs électromagnétiques haute fréquence sur la qualité de vie associée à la santé**

**P<sup>r</sup> D<sup>r</sup> Martin Röösli**  
Institut Tropical et de Santé Publique Suisse  
Université de Bâle Pages 17 – 21

**Observation des effets des champs UMTS sur la circulation sanguine cérébrale par imagerie proche infrarouge**

Martin Peter Wolf, de la clinique de néonatalogie de l'Hôpital Universitaire de Zurich, a étudié comment les champs électromagnétiques issus des rayonnements UMTS, technique de référence en téléphonie mobile, affectent la circulation sanguine et l'oxygénation du cerveau.

**PD D<sup>r</sup> Martin Peter Wolf**  
Laboratoire de recherche en optique biomédicale  
Clinique de néonatalogie, Hôpital universitaire de Zurich

## BIOLOGIE CELLULAIRE

**Effets des rayonnements non ionisants chez l'organisme modèle *Caenorhabditis elegans***

Pierre Goloubinoff, du Département de biologie moléculaire végétale de l'Université de Lausanne, a étudié l'effet des rayonnements non ionisants sur le nématode *Caenorhabditis elegans*, un ver souvent utilisé par la recherche comme organisme modèle.

**Pf D<sup>r</sup> Pierre Goloubinoff**

Département de biologie moléculaire végétale  
Université de Lausanne

**Effets génotoxiques des rayonnements non ionisants**

**Pf D<sup>r</sup> Primo Schür**  
Institut de biochimie et de génétique  
Département des sciences  
de biologie clinique  
Université de Bâle

Pages 23 – 25

**Effets des champs électromagnétiques *In vitro* et *In vivo*: interactions avec des facteurs de réponse au stress**

Meike Mevisen, de l'Unité de pharmacologie et de toxicologie vétérinaire de l'Université de Berne, a analysé si les champs électromagnétiques haute fréquence déclenchent des réactions de stress dans certaines cellules.

**Pf D<sup>r</sup> Meike Mevisen**

Unité de pharmacologie vétérinaire  
Faculté Vetsuisse Berne  
Université de Berne

## PERCEPTION DU RISQUE

**Structures et effets de la communication sociale sur les rayonnements non ionisants**

Peter Schulz, du Health Care Communication Laboratory de l'Università della Svizzera italiana, a étudié les mécanismes par lesquels on se fait une opinion sur les rayonnements électromagnétiques et les comptes-rendus des médias à ce sujet.

**Pf D<sup>r</sup> Peter J. Schulz**

Health Care Communication Laboratory  
Facoltà di Scienze della comunicazione  
Università della Svizzera italiana

**Affect et perception des rayonnements non ionisants: conséquences pour la communication des risques**

**Pf D<sup>r</sup> Michael Siegrist**  
Institut de recherche sur les  
décisions environnementales  
EPF de Zurich

Pages 27 – 29

## DÉCOUVERTES DE PORTÉE INTERNATIONALE ET CONTRIBUTION À L'ÉLUCIDATION DE CERTAINES QUESTIONS

Le PNR 57 «Rayonnement non ionisant. Environnement et santé» a apporté une contribution importante à l'élucidation de certaines questions relatives à l'impact des champs électromagnétiques sur la santé humaine. Il a étoffé la recherche suisse dans ce domaine, mais aussi renforcé l'attention portée aux travaux de recherche suisses à l'échelon international.

Les sujets étudiés par le Programme national de recherche 57 correspondent largement aux priorités de recherche formulées par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) en 2010 au sujet des rayonnements haute fréquence. Les scientifiques du PNR 57 ont particulièrement mis l'accent sur la recherche de mécanismes fondamentaux susceptibles d'expliquer l'effet des champs électromagnétiques sur les

systèmes biologiques. Ainsi ont-ils réussi à démontrer des effets au niveau cellulaire et cérébral et à rechercher sur cette base d'éventuels mécanismes d'action. Ces recherches ont été très remarquées à l'échelon international.

De plus, des chercheurs du PNR 57 ont observé un groupe de population pendant un certain temps et évalué l'exposition quotidienne de ces personnes aux rayonnements. Aucune étude n'avait couvert jusqu'alors une aussi longue période

d'observation et permis une évaluation aussi détaillée de l'exposition aux rayonnements. Celle-ci est donc optimale pour ce qui est de révéler d'éventuels rapports entre bien-être et exposition effective aux rayonnements. Cependant, les chercheurs n'ont pas trouvé de rapport direct.

Globalement, les recherches du PNR 57 n'ont pas mis au jour de nouveaux faits alarmants qui exigeraient une réaction immédiate des autorités. Mais on ne sait pas encore si les effets révélés au niveau

cérébral et cellulaire ont une signification pour la santé de l'être vivant. Vu les résultats du PNR 57, il sera particulièrement important à l'avenir de poursuivre les recherches au sujet de l'effet des champs électromagnétiques sur les fonctions cérébrales et le métabolisme de l'ADN cellulaire. Ainsi pourrait-on à l'avenir prouver un mécanisme d'action des champs électromagnétiques sur les organes et les organismes et évaluer d'éventuelles conséquences sanitaires.

#### AMPLEUR DU SAVOIR-FAIRE DE LA RECHERCHE SUISSE

Bien qu'avec ses fonds de 5 millions de francs et sa durée de recherche de trois ans, le PNR 57 ait été un programme de recherche comparativement modeste et bref en comparaison internationale, il a atteint ses objectifs. Les fonds ont été utilisés de manière ciblée dans les domaines où les activités de recherche précédentes permettaient d'escompter un haut bénéfice. C'est pourquoi le PNR 57 a par exemple renoncé à étudier

33

s'il y a un rapport entre l'apparition du cancer et les rayonnements non ionisants, cette question ayant déjà fait l'objet de coopérations internationales de recherche de grande envergure.

Le rôle important des chercheuses et chercheurs suisses au niveau international se révèle entre autres par le fait que la Bioelectromagnetics Society (BEMS) et la European Bioelectromagnetics Association (EBEA) ont organisé en juin 2009 à Davos un congrès scientifique très remarqué,

auquel le Programme national de recherche 57 a participé par un symposium satellite.

Afin de conserver et de développer le savoir-faire que les experts du PNR 57 ont acquis au cours de trois ans de recherche, il faut poursuivre en Suisse la recherche sur les champs électromagnétiques et leurs éventuels effets négatifs sur l'être humain et l'environnement. Ce type de recherche est une entreprise de longue haleine qui requiert un soutien à long

terme. En même temps, les technologies évoluent rapidement et représentent un défi qui ne pourra être relevé qu'en continuant le travail en étroite coopération entre différentes disciplines scientifiques. Le PNR 57 en a jeté les bases.

## CONCLUSIONS

## CONTEXTE

Le PNR 57 a été dirigé par un groupe d'expert-e-s qui ont soutenu les chercheuses et les chercheurs par leur savoir et leur expérience et ont tiré les conclusions des résultats du programme.

Les personnes suivantes étaient membres du Comité de direction:

**Pr D<sup>r</sup> em. Alexander A. Borbély**  
(Président)  
Institut de pharmacologie et de toxicologie  
Université de Zurich  
Zurich, Suisse

**Pr Dr Anders Ahlbom**  
Institut d'épidémiologie, Karolinska Institut  
Stockholm, Suède

**Pr D<sup>r</sup> Jørgen Bach Andersen**  
Institut de systèmes électroniques, Université d'Aalborg  
Aalborg, Danemark

**Pr D<sup>r</sup> Elisabeth Cardis**  
Centre de recherche en épidémiologie  
environnementale (CREAL)  
Barcelone, Espagne

**Pr D<sup>r</sup> Yngve Hamnerius**  
Groupe d'étude des effets biologiques  
Université technique Chalmers  
Göteborg, Suède

**Pr D<sup>r</sup> Christian W. Hess**  
Clinique Universitaire de neurologie, Hôpital de l'île  
Berne, Suisse

**Pr D<sup>r</sup> Dariusz Leszczynski**  
Recherche et surveillance de l'environnement  
Office pour la sécurité nucléaire et des rayonnements (STUK)  
Helsinki, Finlande

**Pr D<sup>r</sup> Ragnar Läfstedt**  
Centre de gestion du risque, King's College London  
Londres, Grande-Bretagne

35

## QU'EST-CE QUE LE FONDS NATIONAL SUISSE (FNS)?

Le Fonds national suisse (FNS) est la principale institution de promotion de la recherche scientifique en Suisse. Il soutient chaque année quelque 7 200 scientifiques, dont près de 80% n'ont pas plus de 35 ans. Sur mandat et à l'aide de fonds de la Confédération, il encourage la recherche fondamentale dans toutes les disciplines, de la philosophie aux nanosciences en passant par la biologie et la médecine. Dans divers domaines, il investit aussi dans la recherche orientée vers la pratique.

Ses activités se concentrent principalement sur l'évaluation scientifique des projets déposés par les chercheuses et les chercheurs. Le FNS soutient les meilleurs d'entre eux par environ 700 millions de francs suisses par an.

Afin de garantir l'indépendance de l'encouragement de la recherche, le FNS a été créé en 1952 sous la forme d'une fondation de droit privé. Il soutient la recherche fondamentale principalement sous forme de projets individuels et s'engage pour assurer la relève scientifique. Il veille en outre à ce que

## INFORMATIONS

la recherche suisse dispose des meilleures conditions pour se développer sur le plan international et encourage le dialogue avec la société, la politique et l'économie.

D'autres exemplaires de cette brochure sont disponibles gratuitement à l'adresse:

**Elisabeth Hale, ehale@snf.ch**

**Tél. +41 (0)31 308 23 47**

**Pour plus d'informations: [www.pnr57.ch](http://www.pnr57.ch)**

**Le site Internet du PNR 57 contient le résumé de tous les projets de recherche, les communiqués de presse ainsi que d'autres informations et liens.**

**Diese Broschüre ist auch in Deutsch erhältlich.**

**Questo opuscolo è disponibile anche in italiano.**

37

## INFORMATIONS

**Impressum**

© Mai 2011  
Fonds national suisse (FNS)  
Berne

**Éditeur**

Programme national de recherche PNR 57  
Division IV Recherche orientée  
Fonds national suisse de la recherche  
scientifique (FNS)  
Wildhainweg 3  
Case postale 8232  
CH-3001 Berne  
Tél. +41 (0)31 308 22 22  
Fax +41 (0)31 301 30 09  
[www.fns.ch](http://www.fns.ch)

**Rédaction**

Patrick Imhasly, Berne  
advocacy AG, Zurich

**Réalisation graphique**

Andreas Keller  
SPLASH | Visual Communications GmbH, Zoug

**Photos**

Les photos sont issues des projets de recherche du PNR 57 et sont protégées par le droit d'auteur.

