



Les effets des champs électromagnétiques sur l'équilibre énergétique

3 avril 2013

UPJV

Virginie Verschuere

03 22 82 73 46

03 22 82 79 72

virginie.verschuere@-picardie.fr

INERIS

Aurélie Prévot

03 44 55 63 01

06 20 90 03 48

Aurelie.Prevot@ineris.fr

L'INERIS et l'UPJV identifient un effet biologique des champs électromagnétiques sur l'équilibre énergétique

Paris, 3 avril 2013 – L'équipe mixte Pérیتox « Périnatalité et Risques Toxiques » de l'INERIS et de l'UPJV mène des recherches sur les effets biologiques des radiofréquences sur les fonctions de l'équilibre énergétique (régulation thermique, sommeil, alimentation). Les premiers résultats obtenus, qui demandent à être approfondis, montrent que les champs électromagnétiques de type antenne-relais déclencheraient des mécanismes d'économie d'énergie ; ces résultats confirmeraient également un effet de fractionnement du sommeil paradoxal.

Réveils fréquents, difficultés pour se rendormir, insomnie... font partie des symptômes que décrivent les personnes dites « électro-sensibles », lorsqu'elles vivent à proximité d'une antenne-relais. L'étude des causes de l'HyperSensibilité ElectroMagnétique (HSEM) est un champ de recherche prioritaire identifié par le rapport de l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Techniques (OPECST) et par la table-ronde « Radiofréquences, santé, environnement » en 2009.

Le sommeil fait partie des fonctions de l'équilibre énergétique et l'étude des perturbations du sommeil nécessite une approche globale qui prennent aussi en compte les trois autres fonctions : alimentation, activité locomotrice, production d'énergie. A ce jour, aucune étude sur l'impact des ondes sur l'équilibre énergétique des organismes en développement n'a été réalisée, ce qui a conduit Pérیتox à y consacrer une part de ses recherches. La réalisation de cette étude atteste également de l'évolution de la gouvernance de l'INERIS, qui associe plus étroitement, depuis quelques années, l'ensemble des composantes de la société civile à l'élaboration de ses orientations de recherche.

L'étude porte sur les effets d'une exposition aux radiofréquences sur les fonctions de l'équilibre énergétique du jeune rat : le sommeil, la régulation thermique et la prise alimentaire. Le niveau d'exposition simulé correspond à celui rencontré à proximité des antennes-relais. Les auteurs de l'étude considèrent ces travaux comme une contribution à la surveillance et à l'analyse des « signaux faibles », destinés à orienter la recherche. Ce sont les premiers travaux INERIS-UPJV qui montrent un effet biologique athermique des radiofréquences, distinct de l'effet thermique, et qui observent cet effet biologique en continu, à des niveaux similaires à des conditions réelles.

Les premières conclusions montrent des effets biologiques à long terme des radiofréquences simultanés sur la régulation thermique, le comportement alimentaire et le sommeil. Ces effets, qui apparaissent notamment quand la température ambiante augmente, induisent chez les animaux exposés un maintien de la vasoconstriction périphérique. Ce phénomène a pour conséquence de déclencher chez l'animal des processus d'économie d'énergie, comme s'il avait des besoins énergétiques accrus. Des études complémentaires seraient nécessaires pour vérifier si ces mécanismes d'économie d'énergie ont un impact sur la santé.

En ce qui concerne la thermorégulation, le comportement des animaux exposés indique que leur thermosensibilité au froid est différente des animaux témoins. Si les champs électromagnétiques semblent induire « une sensation de froid » chez l'animal, il n'est pas encore possible de dire si cet effet est transposable à l'homme. On observe également une prise alimentaire plus importante de la part des animaux exposés : les mécanismes d'économies d'énergie pourraient conduire à une augmentation de la masse corporelle, mais cela nécessite d'être confirmé. En outre, l'étude ne permet pas déduire que cette prise alimentaire joue un rôle quelconque dans les phénomènes de surpoids et d'obésité.

L'étude permet de confirmer un autre effet des radiofréquences, le fractionnement du sommeil paradoxal. Au vu des résultats de l'étude, ce fractionnement n'occasionne pas de troubles du sommeil : les chercheurs n'ont noté aucune modification des paramètres de qualité du sommeil (réduction du temps de sommeil, réveils répétés, difficultés à se rendormir...) n'est engendrée par cette fragmentation du sommeil paradoxal. L'impact de cet effet sur la santé est encore mal connu mais on peut supposer, en l'état actuel des connaissances scientifiques, qu'il peut être à l'origine de difficultés de mémorisation et de troubles de l'humeur.

Les risques liés aux champs électromagnétiques : état des lieux de la recherche

Les technologies de télécommunication mobile utilisent une partie des rayonnements non-ionisants du spectre électromagnétique¹ : les hautes fréquences, comprises entre 10 kHz et 300 GHz, elles-mêmes divisées en radiofréquences (radio FM, téléphonie, télévision...) et hyperfréquences (ou micro-ondes). Les risques sanitaires en débat aujourd'hui au sein de la société civile concernent à proprement parler les radiofréquences, principalement par l'usage généralisé du téléphone portable, puisque près de 85% des Français déclarent en utiliser un². Par extension, la question des risques s'est également posée sur l'ensemble des équipements de téléphonie mobile, y compris les stations de base (antenne-relais).

Le rôle fondamental de la recherche dans la gestion du risque

6 personnes sur 10 pensent que l'utilisation du téléphone portable peut favoriser l'apparition d'une tumeur au cerveau et 61% des Français estiment que les antennes-relais présentent un risque élevé pour la santé. Les personnes se disant mal informées sur les effets sur la santé de l'utilisation du portable le sont notamment parce que les informations leur semblent « insuffisantes » et « incohérentes voire contradictoires », ce qui laisse penser que la communauté scientifique a un rôle important à jouer, sur ce thème, dans la production et la diffusion de connaissances.

Les pouvoirs publics se sont également appuyés sur les connaissances scientifiques pour établir des recommandations d'usage :

- Eteignez votre téléphone mobile à chaque fois cela vous est demandé (avions, hôpitaux...)
- Ne téléphonez pas en conduisant, même avec un kit mains-libres
- Eloignez le téléphone mobile de votre tête (en utilisant un kit mains-libres)
- Privilégiez les zones de bonne réception quand vous téléphonez
- Utilisez votre téléphone portable avec modération
- Evitez de téléphoner lors de déplacements à grande vitesse (train...)
- Conseillez vos enfants : limitez leur recours au téléphone mobile
- Porteurs d'un implant électronique, éloignez votre téléphone mobile de votre appareil médical

Les effets des radiofréquences sur la santé : un consensus scientifique difficile

La recherche constate des effets thermiques dus à l'augmentation de température des cellules et des tissus consécutive à l'exposition aux radiofréquences, mais l'existence d'effets athermiques, observée dans certaines études, n'a pas été confirmée. Le comité scientifique sur les risques émergents de la Commission Européenne, dans un avis actualisé en janvier 2009, a conclu à l'impossibilité de démontrer un effet cancérigène des radiofréquences pour des niveaux d'exposition inférieurs aux valeurs limites proposées en 1998 par la Commission Internationale de Protection contre les Radiations Non Ionisantes (ICNIRP)³.

En octobre 2009, l'Anses a rendu un avis précisant que « les travaux disponibles ne permettent pas d'identifier un mécanisme d'effet non thermique ». En revanche, l'Anses précise « qu'on ne peut formellement démontrer l'inexistence d'un risque » et que « dès qu'une exposition environnementale peut être réduite, cette réduction doit être envisagée ».

¹ Le spectre électromagnétique comprend les rayonnements non-ionisants (basses et hautes fréquences, rayonnements optiques – infra-rouges, lumière visible, ultra-violets) et les rayonnements ionisants (X et Gamma). Un champ électromagnétique se caractérise par sa fréquence (Hz), sa longueur d'ondes (m), sa puissance (W) et sa densité de puissance surfacique (W/m^2). On tient également compte de l'intensité du champ électrique (V/m) et du champ magnétique (A/m).

² Source : INPES. [Les connaissances, perceptions et comportements des Français vis-à-vis des risques liés à la téléphonie mobile](#). 2009.

³ La valeur limite du débit d'Absorption Spécifique (DAS) est de 0,08 W/kg (corps entier) et 2 W/kg (tête et tronc) pour le téléphone portable. Le niveau de référence d'intensité pour les antennes-relais est de 41 V/m pour le GSM 900 MHz, 58 V/m pour le GSM 1800 MHz et 61 V/m pour l'UMTS.

Les effets sur la santé des radiofréquences sont sujets à de vifs débats au sein de la communauté scientifique : par exemple, l'étude Interphone, dont les résultats ont été publiés en mai 2010, n'a pu établir d'augmentation du risque de tumeurs cérébrales (gliome et méningiome) en relation avec l'utilisation du téléphone portable sur une période supérieure à 10 ans, sauf potentiellement, dans le cas des gliomes, pour les 10% d'utilisateurs les plus intensifs, mais cela reste à vérifier⁴. A l'opposé, le rapport BioInitiative de 2012 cite des études mettant en évidence des effets divers, sur la fertilité et le développement embryonnaire, la mémoire et le comportement, le sommeil, les maladies neurodégénératives et les tumeurs cérébrales.

En mai 2011, le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a classé les radiofréquences « dans la catégorie des cancérogènes possibles pour l'homme (Groupe 2B), catégorie utilisée lorsqu'on considère crédible un lien de cause à effet, mais sans qu'on puisse éliminer avec une certitude raisonnable le hasard, un biais ou des facteurs de confusion ».

Concernant les personnes atteintes d'hypersensibilité électromagnétique (HSEM), l'Anses juge « qu'aucune preuve scientifique d'une relation de causalité entre l'exposition aux radiofréquences et l'hypersensibilité électromagnétique n'a pu être apportée jusqu'à présent ». Cette position est partagée par l'OMS, qui précise que, d'après plusieurs études strictement contrôlées, les symptômes ne sont pas corrélés avec l'exposition aux CEM. La communauté scientifique s'accorde à dire que ces symptômes non spécifiques sont réels et qu'il convient de les traiter de manière adéquate.

Pourquoi étudier l'impact des CEM sur l'équilibre énergétique ?

L'étude de la HSEM est un champ de recherche considéré comme prioritaire par le rapport de la table ronde « Radiofréquences, santé, environnement » de mai 2009, qui insiste sur l'importance des « travaux à conduire pour mieux comprendre les troubles ressentis par les personnes hypersensibles » ; le rapport de l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Techniques (OPECST) de novembre 2009 recommande lui aussi de « développer la recherche sur les causes des problèmes rencontrés par les personnes se déclarant électrosensibles ».

Les équipes de PériTox se sont intéressées aux effets des ondes sur l'équilibre énergétique par le biais des troubles du sommeil potentiellement provoqués par une exposition au téléphone portable et aux antennes-relais. Réveils fréquents, difficultés pour se rendormir, insomnie... font partie des symptômes non spécifiques que décrivent les personnes dites « électro-sensibles », lorsqu'elles vivent à proximité d'une antenne-relais. Les troubles du sommeil peuvent devenir pathologies : l'insomnie peut susciter des désordres psychiques chez l'adulte (état dépressif...) ou des troubles du comportement (nervosité...) chez les enfants, voire des déficiences physiques et mentales à long terme.

Les résultats des études connues concernant les troubles du sommeil sont sujets à débat : un impact potentiel négatif des CEM aurait été observé sur la synthèse de mélatonine, hormone intervenant dans la régulation des rythmes biologiques (et donc du sommeil). D'autres études épidémiologiques relèvent un raccourcissement des cycles de sommeil induit par les ondes ; les études récentes établissent un lien entre une exposition aux radiofréquences de type GSM et un déficit des fonctions cognitives (difficulté de mémorisation).

Or le sommeil fait partie des grandes fonctions de l'équilibre énergétique et l'étude des perturbations du sommeil nécessite une approche globale qui prenne aussi en compte les autres fonctions. A ce jour, aucune étude globale sur l'impact des ondes sur l'équilibre énergétique des organismes en développement n'a été réalisée, ce qui a conduit PériTox à y consacrer une part de ses recherches. La réalisation de cette étude atteste également de l'évolution de la gouvernance de l'INERIS, qui associe plus étroitement, depuis quelques années, l'ensemble des composantes de la société civile à l'élaboration de ses orientations de recherche.

⁴ Les chercheurs ont précisé qu'« un risque accru de gliomes et dans une moindre mesure de méningiomes a été suggéré dans le plus haut décile de temps d'appel cumulé, pour les sujets ayant déclaré une utilisation habituelle du téléphone du même côté de la tête que celui de la tumeur et pour les gliomes, des tumeurs dans le lobe temporal. Les biais et les erreurs limitent la force des conclusions que l'on peut tirer de ces analyses et empêchent d'établir une interprétation causale ».

Un impact des radiofréquences sur la thermorégulation

Un des champs de recherche de PériTox a pour objet les effets des champs électromagnétiques sur les rythmes biologiques et les fonctions responsables de l'homéostasie (processus de régulation des constantes de l'organisme...). L'équilibre énergétique, qui contribue aux fonctions vitales, à la régulation thermique et à la synthèse des tissus, a un rôle particulièrement important pour les organismes en développement, en particulier parce que leur phase de maturation cérébrale n'est pas achevée.

La régulation des ressources en énergie du corps humain est le fruit de l'interaction entre quatre fonctions : entrée de l'énergie (alimentation), économie d'énergie (sommeil), mécanismes de déperdition d'énergie (activité locomotrice dans laquelle le phénomène de vasomotricité joue un rôle majeur⁵), production d'énergie. Toutes ces fonctions sont placées sous contrôle du système nerveux central (hypothalamus).

Les enseignements de l'étude PériTox

L'étude porte sur les effets d'une exposition aux radiofréquences sur les fonctions de l'équilibre énergétique du jeune rat : le sommeil, la thermorégulation et la prise alimentaire. Le niveau d'exposition simulé dans l'étude correspond à celui rencontré à proximité des antennes-relais.

Pour étudier l'influence possible des champs électromagnétiques sur l'homéostasie, il est nécessaire de résoudre plusieurs difficultés méthodologiques : les fréquences et intensités des champs électromagnétiques étudiés doivent être définies avec soin et représenter des intensités semblables à celles observées en conditions réelles ; l'exposition ne doit pas être trop courte et les effets chroniques, sur plusieurs semaines, doivent être considérés ; l'étude doit impérativement être réalisée dans des conditions de contrôle thermique strict, pour éviter les biais scientifiques (les interactions entre le sommeil et un stress thermique sont fortes) ; il est indispensable de prendre en compte simultanément toutes les fonctions de l'équilibre énergétique et pas uniquement le sommeil.

Dans un contexte où le risque sanitaire lié aux CEM n'est pas démontré mais où l'exposition croissante aux radiofréquences suscite des interrogations en matière de santé publique, l'étude menée par l'équipe mixte INERIS-UPJV est une contribution à la surveillance et à l'analyse des « signaux faibles », destinées à orienter la recherche. Ce sont les premiers travaux INERIS-UPJV qui montrent un effet biologique athermique des radiofréquences, distinct de l'effet thermique (DAS < 4 W/kg), et qui observent cet effet biologique en exposition continue, à des niveaux similaires à des conditions réelles. Par ailleurs, l'expérimentation est reproductible : elle a été réalisée deux fois avec des résultats cohérents d'une expérience à l'autre. Enfin, l'étude permet d'obtenir un résultat inédit, à confirmer, sur le lien entre un effet potentiel des champs et la fonction de régulation thermique (thermorégulation) de l'organisme.

Les premières conclusions de l'étude montrent des effets à long terme des radiofréquences simultanés sur la régulation thermique, le comportement alimentaire et le sommeil ; ces effets, qui apparaissent notamment quand la température ambiante est plus élevée, induisent chez les animaux exposés des processus d'économie d'énergie, comme si les besoins énergétiques étaient accrus. En cohérence avec la définition de l'effet biologique donné par l'Anses dans son avis d'octobre 2009⁶, des études complémentaires sont nécessaires pour rechercher si ces mécanismes d'économie d'énergie ont un impact sur la santé.

⁵ Propriété qu'ont les vaisseaux sanguins de changer de diamètre en fonction de modifications du milieu intérieur. La vasomotricité permet d'assurer de façon continue l'équilibre interne de l'organisme. Dans la régulation de la pression artérielle, la vasoconstriction (diminution du diamètre des vaisseaux) permet de faire remonter une pression trop basse, tandis que la vasodilatation (augmentation de ce diamètre) atténue un excès de pression. En ce qui concerne la régulation de la température du corps (thermorégulation), la vasoconstriction périphérique des vaisseaux cutanés empêche les pertes de chaleur par la peau, alors que la vasodilatation les accroît. Au cours de l'effort physique, il se produit une vasodilatation dans les muscles mis en action et une vasoconstriction dans les secteurs inutiles à l'effort.

⁶ « Un effet biologique commence dès lors qu'une modification de fonctionnement d'une cellule ou d'une fonction biologique a pu être observée (...). Il ne signifie pas forcément qu'il entraîne un dommage et encore moins qu'il se traduise par une altération de la santé. Le corps humain est soumis en permanence à un ensemble de stimuli internes et externes, entraînant éventuellement des réactions biologiques d'adaptation, ayant un impact sur les cellules, le fonctionnement des organes et la santé. Un impact sur la santé n'intervient que lorsque les effets biologiques entraînés par une agression dépassent les limites d'adaptation du système biologique considéré ».

Des mécanismes d'économie d'énergie et un fractionnement du sommeil paradoxal

Treize jeunes rats mâles ont été exposés en continu sur 5 semaines à des ondes d'une fréquence de 900 MHz et d'une intensité d'1 V/m, dans une ambiance thermique de 24°C. Les paramètres physiologiques et comportementaux de ce groupe exposé ont été mesurés la 6^{ème} semaine à deux températures différentes, 24°C et 31 °C, et comparés en parallèle à ceux d'un groupe témoin non exposé de onze animaux.

Régulation thermique

D'après l'étude, le comportement des animaux exposés indique que leur thermosensibilité au froid est différente des animaux témoins.

La température caudale des animaux exposés à 31°C est moindre que celle des animaux témoins mais cela n'est pas relevé à 24°C. Ce phénomène est expliqué par un maintien chez les animaux exposés du processus de vasoconstriction périphérique qui empêche ainsi une déperdition de chaleur, d'où la sensation de refroidissement cutané. Ce maintien du tonus vasoconstricteur a été vérifié par le recours à un médicament vasodilatateur sur quelques animaux : la vasoconstriction disparaît chez les animaux exposés lorsqu'on leur injecte le produit. L'étude a également confirmé que ce mécanisme reste cutané et n'implique pas le système nerveux central.

Cette perturbation de la sensation de chaud/froid n'est pas le seul fait des radiofréquences ; leur effet dépend de l'augmentation de la température ambiante. Si les champs électromagnétiques semblent induire « une sensation de froid » chez l'animal, il n'est pas encore possible de dire si cet effet est transposable à l'homme.

Comportement alimentaire

A 31°C, on observe que les animaux exposés mangent plus que les animaux témoins, ce qui n'est pas le cas à 24°C. Cette augmentation de la prise alimentaire, corrélée à une augmentation de la température ambiante, a pour finalité de produire de l'énergie et pourrait être provoquée par les signaux physiologiques (refroidissement de la peau) déclenchés par la vasoconstriction.

Les mécanismes d'économies d'énergie mis en œuvre seraient éventuellement susceptibles de conduire à une augmentation de la masse corporelle, mais cela nécessite de le confirmer par des travaux complémentaires. En outre, cela ne signifie pas que la prise alimentaire observée par les chercheurs de Pérیتox puisse jouer un rôle quelconque dans les phénomènes de surpoids et d'obésité, car ces phénomènes interviennent dans un cadre de déséquilibre énergétique qui n'est pas du tout celui de l'étude.

Sommeil

L'étude permet de confirmer un autre effet des radiofréquences, indépendamment de la température : à 24°C et à 31°C, on observe un fractionnement du sommeil paradoxal (plus important cependant à 31°C qu'à 24°C). Ces changements plus fréquents de cycles de sommeil pourraient être dus, à 31°C, au maintien du tonus vasoconstricteur, stimulant un état d'alerte accrue des animaux exposés. Cet état d'alerte manifeste une modification, pour l'animal, de sa perception de l'environnement et induit une adaptation physiologique de l'organisme.

Au vu des résultats de l'étude, le fractionnement du sommeil paradoxal n'occasionne pas de troubles du sommeil au sens propre du terme : les chercheurs n'ont noté aucune modification des paramètres habituels de qualité du sommeil (réduction du temps de sommeil, réveils répétés, difficultés à se rendormir...). Plus généralement, l'impact sur la santé de cet effet est encore mal connu : d'après l'état des connaissances scientifiques, on peut supposer que des perturbations du sommeil paradoxal pourraient engendrer des difficultés de mémorisation ou des troubles de l'humeur chez l'homme.

Le protocole de l'étude sur les CEM et la régulation thermique

Modèle expérimental

32 rats mâles âgés de 3 semaines ont été répartis en deux expérimentations : à chaque fois, 8 rongeurs pour le groupe exposé aux CEM et 8 rongeurs pour le groupe témoin. Au total, les données issues de 13 animaux exposés et 11 animaux témoins ont été exploitées.

Ce modèle animal est particulièrement pertinent car les rongeurs ont un comportement alimentaire et suivent des rythmes biologiques présentant des similitudes avec ceux des nouveau-nés (alternance de phases d'alimentation et de sommeil toutes les trois heures).

Par ailleurs, la régulation thermique chez le rat est transposable à l'homme, en dehors des situations de stress thermique (pour lequel le rat ne dispose pas de mécanismes de sudation comme l'homme). En température ambiante dite « de confort », l'homéothermie est contrôlée par la vasomotricité périphérique chez les deux espèces.

Paramètres d'exposition

L'étude a été réalisée dans deux chambres d'exposition, dont l'une est équipée de quatre antennes radiofréquences, émettant un champ électromagnétique continu d'une fréquence de 900 MHz et d'une intensité d'1 V/m. Le Débit d'Absorption Spécifique (DAS) des animaux exposés a été évalué à une valeur très inférieure à 4 W/kg (0,5 mW/kg).

Le degré d'exposition de chaque animal a été contrôlé par un dosimètre installé sur chaque cage individuelle à l'intérieur de la chambre d'exposition. Le champ électrique a été mesuré au niveau de la chambre d'exposition à l'aide d'un analyseur de spectre et d'un champmètre large bande.

Les animaux du groupe exposé ont été exposés pendant 5 semaines à des radiofréquences, à une température ambiante de 24°C. La 6^{ème} semaine, les paramètres physiologiques et comportementaux ont été mesurés à une température de 24°C puis à une température de 31°C.

L'étude s'est déroulée dans des conditions d'environnement maîtrisées : cycle régulier jour/nuit de 12h, humidité relative de l'air moyenne (40%), absence de ventilation, nuisance sonore réduite (<65dB). La nourriture et l'eau ont été fournies à volonté.

Analyse des fonctions de l'équilibre énergétique

La fonction de sommeil a été étudiée sur 6h (entre midi et 18h) par polysomnographie, qui a consisté en un électromyogramme du menton (enregistrement de la tonicité des muscles) et en un électroencéphalogramme (enregistrement de l'activité électrique du cerveau – les phases de sommeil se différenciant par le type de fréquences, leur ordre et leur durée). Les données de veille, sommeil paradoxal (ou Phase de Mouvements Oculaires Rapides) et sommeil lent (profond) ont été examinées.

L'analyse des températures corporelles a été réalisée sur 6h (entre midi et 18h) à partir d'une mesure de la température caudale et crânienne par sonde thermique. Afin de confirmer le phénomène de tonus vasoconstricteur observé, une étude additionnelle a été réalisée sur 5 rats exposés et 5 rats non-exposés : un agent pharmacologique vasodilatateur, la prazosine, a été injecté aux animaux avant de mesurer la température corporelle.

Le comportement alimentaire a été analysé individuellement : pour chaque animal, les quantités de nourriture ingérées sur 6h (entre midi et 18h) ont été mesurées tous les jours.

Les travaux de l'INERIS sur les radiofréquences

L'INERIS met depuis plusieurs années sa double compétence en physique et en toxicologie au service de la recherche sur les risques liés aux radiofréquences. A ce titre, le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) a demandé à l'INERIS d'organiser, à la fin du deuxième trimestre 2009, une mobilisation de ses experts sous la forme d'un service d'assistance.

Un site internet d'information a été ouvert (<http://www.ineris.fr/ondes-info/>). Dans ce dispositif, les scientifiques de l'équipe sont amenés à répondre par écrit ou au téléphone aux questions des particuliers mais aussi de représentants de collectivités territoriales et de professionnels comme les médecins du travail.

Premiers travaux sur l'équilibre énergétique

L'Institut a piloté un projet de recherche sur un effet potentiel des CEM sur la structure du sommeil et les fonctions cognitives. Ce travail est basé sur un protocole d'exposition de longue durée d'un groupe de volontaires, à savoir 2 h par jour, 5 jours par semaine pendant 4 semaines, avec des tests physiologiques de base avant le début de l'exposition, deux séries de tests pendant l'exposition au bout de 2 semaines et de 4 semaines, et une dernière série 15 jours après la fin de l'exposition pour étudier la réversibilité d'un effet éventuel.

Il n'a pas été observé d'effet d'une exposition aiguë (de 30 mn à 2 h) ou répétée (de 2 h par jour cinq jours par semaine), sur l'audition, ni sur une batterie de tests cognitifs portant en particulier sur la mémoire, le temps de réaction ou les réflexes. Un effet a été observé sur l'électroencéphalogramme après une heure d'exposition, constitué principalement d'une augmentation de l'amplitude des ondes alpha, mesurée après analyse spectrale par la densité spectrale de puissance. Il a cependant été mesuré un échauffement qui pourrait en partie expliquer l'augmentation des ondes alpha observées.

En toxicologie, l'étude de la neurotoxicité et de la reprotoxicité des radiofréquences

L'INERIS mène des travaux de recherche afin d'évaluer l'éventuelle influence des ondes radiofréquences émises par le téléphone portable sur le système nerveux central.

Plusieurs marqueurs biochimiques en particulier la protéine GFAP (Glial Fibrillary Acidic Protein), marqueur de neurotoxicité, ont été étudiés sur les animaux. Ces résultats indiquent une augmentation de la GFAP au niveau du cortex, du striatum et de l'hippocampe, signe d'une réaction inflammatoire. Aucune conséquence comportementale ni pathologique consécutive aux expositions n'a été observée, ce qui rend difficile l'interprétation de cette inflammation. En outre, les effets observés à 3 jours disparaissent ou ne sont plus significatifs à 10 jours. L'étude n'a pas mis en évidence d'effet cumulatif après exposition répétée, jusqu'à 6 mois. En revanche, l'effet est, dans ce cas, persistant alors qu'il disparaît en quelques jours après une exposition aiguë. Un seuil a pu être déterminé à 6 W/kg pour une exposition aiguë alors qu'il existe un effet à 1,5 W/kg après une exposition chronique. L'étude dosimétrique a permis de déterminer un facteur d'échelle du DAS entre le rat et l'homme : $DAS_{\text{homme}} = 4 \times DAS_{\text{rat}}$. En appliquant ce facteur d'échelle, on en déduit que des risques sanitaires pour l'homme sont peut-être à craindre à partir d'une valeur DAS de 24 W/kg après une exposition aiguë et de 6 W/kg après des expositions chroniques.

L'Institut travaille aujourd'hui sur l'étude des effets neurobiologiques des champs électromagnétiques GSM 900 MHz à doses croissantes (environnementales et fortes) sur des modèles animaux de développement et de vieillissement (modèles sains et pathologiques). Ces stades sont potentiellement les plus fragiles et les plus réactifs face aux facteurs environnementaux. Les résultats permettront d'être en mesure de préciser les effets toxicologiques des CEM et d'identifier une population éventuellement plus vulnérable.

Par ailleurs, l'INERIS cherche à déterminer les effets d'une exposition chronique aux CEM de la téléphonie mobile sur la reproduction des rats, à des niveaux de champ contrôlés et accompagnés d'une aération limitant l'augmentation de température, de façon à ce qu'elle reste inférieure à celle connue pour entraîner une perturbation de la reproduction de façon aiguë (en quelques heures ou plusieurs minutes). Cette étude permettra de déterminer les effets des champs sur la capacité reproductrice, la motilité spermatique, le développement des organes reproducteurs.

La recherche autour des effets physiologiques sur la vascularisation cérébrale

Pour vérifier le rôle de l'échauffement sur le signal de l'électroencéphalogramme, l'INERIS a étudié l'échauffement produit par les téléphones mobiles sur la joue. La contribution des radiofréquences émises par un téléphone mobile à l'échauffement des tissus cutanés est inférieure à 0,1°C. L'augmentation de température cutanée de la joue (de l'ordre de 3°C lors d'une communication de longue durée) est due à la production de chaleur par la batterie de l'appareil et à la suppression de la convection par le contact de l'appareil sur la joue.

Ces travaux se prolongent dans le cadre de Pérیتox : PHYSIOREF est un programme destiné à identifier les modifications physiologiques produites chez l'homme par l'utilisation d'un téléphone mobile en distinguant les effets dus à l'exposition radiofréquence et ceux dus à l'échauffement. Les résultats montrent qu'au cours de la session d'exposition aux radiofréquences, la température cutanée du côté exposé du visage augmentait de façon significative par rapport à celle du côté contrôle. Le même profil de réponse est obtenu au cours d'une exposition factice (sans émission de RF). Cela indique que le réchauffement thermique induit par les composantes électroniques des 2 téléphones portables, est identique. Il n'a pas été observé de modification de la vascularisation cérébrale intracrânienne, ce qui ne permet pas de confirmer par cette méthode, les travaux précédemment rapportés par d'autres équipes. En revanche, une différence importante de microvascularisation cutanée superficielle a été trouvée. Comme cet effet n'est pas expliqué par une différence de température, cela suggère un effet spécifique des champs radiofréquences, indépendant de l'échauffement.

L'évaluation de l'exposition par les biomarqueurs

L'objectif de l'étude réalisée en collaboration avec la société Vigicell était d'identifier des biomarqueurs pertinents du stress cellulaire chez les personnes exposées au champ électromagnétique d'un téléphone mobile. Dix-huit volontaires ont été soumis à ce type de rayonnement. Parmi les biomarqueurs testés seuls l'aldéhyde et l'isoprène – deux substances du métabolisme oxydatif présentes dans l'air expiré – ont montré une augmentation significative après une exposition de trente minutes consécutives. Toutefois, la variabilité des valeurs observées ne permet pas de garantir la validité de ces résultats qui nécessitent d'être vérifiés avant d'être confirmés.

L'INERIS travaille aujourd'hui à l'identification de biomarqueurs pour prédire un risque associé à l'exposition aux CEM. Les équipes étudient les effets des CEM sur l'activité enzymatique et les effets des radiofréquences sur un modèle *in vitro* de barrière hémato-encéphalique.

La métrologie des champs électromagnétiques

Chargé par l'Anses d'une étude d'expométrie, et en particulier de la mise au point d'un protocole de validation des dosimètres individuels permettant l'intercomparabilité des mesures de radiofréquences, l'INERIS a apporté un appui scientifique lors des campagnes de mesures auprès des différents groupes de population. Réalisée dans le cadre d'un projet de recherche sur l'évaluation de l'exposition aux ondes radiofréquences, cette étude a mis en évidence un faible niveau d'exposition individuelle de la population, quels que soient l'âge, la localisation des groupes étudiés (zone urbaine / zone rurale) et les sources d'émission (wifi, téléphone, four à micro-ondes, antennes). Seule situation distinctive : l'exposition d'un individu en déplacement est supérieure à celle d'une personne immobile.

Au titre de ses compétences en métrologie, l'Institut participe depuis février 2012 à une étude pilote indépendante, d'une durée de 44 mois, visant à évaluer un protocole de prise en charge spécialisée des patients atteints d'intolérance environnementale idiopathique (« hypersensibilité ») attribuée aux champs électromagnétiques. Pilotée par le Service de pathologie professionnelle du groupe hospitalier Cochin-Broca-Hôtel Dieu, elle est organisée par l'Assistance Publique - Hôpitaux de Paris, avec la collaboration de l'INERIS et de l'Anses.

L'INERIS travaille également pour le Comité de Pilotage (COPIC) issu de la table-ronde « Radiofréquences, santé, environnement ». Le comité, établi en juillet 2009, est chargé de la réalisation de modélisations et, le cas échéant, d'expérimentations des possibilités d'une diminution de l'exposition aux ondes électromagnétiques émises par les antennes relais de téléphonie mobile, tout en contrôlant l'impact sur la couverture réseau, la qualité du service rendue aux usagers, et le nombre d'antennes ; la définition et l'expérimentation de nouvelles procédures de concertation et d'information locale pour accompagner les projets d'implantation d'antennes relais. L'Institut est impliqué sur le volet expérimental « mesures des niveaux d'exposition aux ondes électromagnétiques ».

L'Institut est également un des principaux co-auteurs du guide d'évaluation des risques « Exposition des travailleurs aux risques dus aux champs électromagnétiques » de l'INRS paru en janvier 2013.

L'unité mixte PériTox

« Périnatalité et Risques Toxiques »

La Direction Générale de l'Evaluation Scientifique (DGES) a reconnu dans le cadre du contrat quadriennal 2008-2011 entre le Ministère de la Recherche et l'Université de Picardie Jules Verne une équipe mixte INERIS-UPJV intitulée « PériTox : Périnatalité et Risques Toxiques » (EA 4285, UMI 01). L'équipe PériTox, dirigée par le Professeur Véronique Bach, est un élément structurant du pôle national applicatif en toxicologie et écotoxicologie lancé en 2009 et dont l'INERIS et l'UPJV sont membres fondateurs.

Cette reconnaissance d'une équipe mixte UPJV-INERIS, qui est une première à l'échelle nationale, fait suite à une collaboration étroite depuis 2000 entre l'équipe universitaire « Environnement Toxique Périnatal – Adaptations Physiologiques et Comportementales » du Professeur Jean-Pierre Libert et l'unité de Toxicologie Expérimentale, à laquelle appartient le Dr René de Seze. Cette collaboration est renforcée par une forte complémentarité au sein des enseignements (master de l'Institut d'Ingénierie de la Santé).

Les compétences

PériTox compte 46 personnes 3 Professeurs des Universités (PU), 5 Maîtres de Conférences des Universités (MCU), 6 chercheurs INERIS, 8 Praticiens Hospitaliers (PH), 1 MCU-PH, 1 Ingénieur Inserm, 1 ingénieur universitaire, 1 ingénieur subdivisionnaire du CHU, 3 agents administratifs, 6 techniciens INERIS et 10 doctorants.

PériTox accueille 9 médecins et s'appuie de façon étroite sur le Pôle Pédiatrie du CHU d'Amiens grâce aux services de Médecine Néonatale et Réanimation Pédiatrique, de Cardio-Pneumo-Allergologie Pédiatrique, de Chirurgie Pédiatrique mais aussi grâce au Centre des Adolescents et Jeunes Enfants, au Centre de Gynécologie et d'Obstétrique, au SMUR pédiatrique et au Service de Bactériologie.

Les compétences regroupées au sein de PériTox sont multiples et complémentaires (physiologie intégrée chez le nouveau-né humain et l'animal, biologie moléculaire, modélisation toxicocinétique et dynamique, modélisation des transferts de chaleur, informatique et électronique).

La recherche

Le thème majeur de recherche est axé sur les effets des facteurs environnementaux, notamment toxiques, sur la santé du nouveau-né, de l'enfant et de la femme enceinte. L'ensemble de ces préoccupations s'inscrit dans une perspective de protection de ces populations à risque particulièrement vulnérables, en vue d'une réelle équité environnementale, mais également dans une perspective de protection vis-à-vis des générations futures⁷.

Parmi les thèmes de recherche abordés dans l'équipe mixte PériTox, sont analysés l'impact des polluants gazeux sur l'asthme de l'enfant, les effets des champs électromagnétiques de la téléphonie mobile sur les rythmes biologiques et le sommeil, l'évaluation de l'exposition *in utero* aux pesticides ainsi que les effets du fer et du tabagisme *in utero* sur la physiopathologie au cours du développement de l'enfant. Les recherches de l'équipe PériTox portent en particulier sur les effets des perturbateurs endocriniens sur la reproduction.

⁷ Préoccupations rappelées par le Grenelle de l'Environnement, le Plan National Santé Environnement, le programme SCALE (Science, Children, Awareness, Legislation, Evaluation) de la Commission Européenne et le règlement européen REACh.

INERIS en bref

Plus de 20 ans d'existence et plus de 60 ans d'expérience : un expert héritier d'un savoir-faire issu des secteurs des mines, de l'énergie et de la chimie.

L'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques a pour mission de contribuer à la prévention des risques que les activités économiques font peser sur la santé, la sécurité des personnes et des biens, et sur l'environnement. Il mène des programmes de recherche visant à mieux comprendre les phénomènes susceptibles de conduire aux situations de risques ou d'atteintes à l'environnement et à la santé, et à développer sa capacité d'expertise en matière de prévention. Ses compétences scientifiques et techniques sont mises à la disposition des pouvoirs publics, des entreprises et des collectivités locales afin de les aider à prendre les décisions les plus appropriées à une amélioration de la sécurité environnementale.

L'INERIS, établissement public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle du ministère chargé de l'Ecologie, a été créé en 1990. Il est né d'une restructuration du Centre de Recherche des Charbonnages de France (CERCHAR) et de l'Institut de Recherche Chimique Appliquée (IRCHA), et bénéficie d'un héritage de plus de 60 ans de recherche et d'expertise reconnues.

- Un effectif total de 588 personnes dont 352 ingénieurs et chercheurs.
- 40 spécialistes des géosciences basés à Nancy dans le cadre d'activités de recherche et d'expertise sur les risques liés à l'Après-Mine.
- Un siège dans l'Oise, à Verneuil-en-Halatte : 50 hectares, dont 25 utilisés pour des plates-formes d'essais, 25 000 m² de laboratoires.

Domaines de compétence

- Risques accidentels : sites Seveso, TMD, GHS, malveillance, dispositifs technologiques de sécurité,
- Risques chroniques : pollution de l'eau et de l'air, sols pollués, substances et produits chimiques, CEM, REACh, environnement-santé,
- Risques sols et sous-sols : cavités, après-mine, émanations de gaz, filière CCS,
- Certification, formation, outils d'aide à la gestion des risques.

Activité (budget 2013)

- Recettes : 75 M€
- Recherche amont et partenariale : 22 %
- Expertise en soutien des politiques publiques: 55 %
- Chiffres d'affaires entreprises : 23 %

L'INERIS est certifié ISO 9001 pour l'ensemble de ses activités depuis 2000. Plusieurs laboratoires disposent d'accréditations (essais, étalonnages, comparaisons inter-laboratoires, certification de produits industriels, portées disponibles sur www.cofrac.fr). L'INERIS possède également une installation d'essai reconnue conforme BPL.

La Cellule d'Appui aux Situations d'Urgence (CASU)

L'Institut a créé en 2003 une Cellule d'Appui aux Situations d'Urgence (CASU) qui met, en temps réel et 24h/24, les compétences scientifiques et techniques de ses ingénieurs et chercheurs à la disposition des Ministères, des services déconcentrés du Ministère chargé de l'Ecologie et des services d'intervention de la Sécurité Civile (pompiers...).

Acteur de l'Europe de la recherche, l'INERIS s'intègre à l'Europe de l'expertise

Avec 47% de taux de succès au 7^{ème} programme cadre européen, l'INERIS est un des acteurs les plus performant au plan national.

Une démarche de développement durable

Conformément au contrat d'objectifs liant avec le MEDDE, l'INERIS a engagé une démarche de développement durable qui repose sur des pratiques éthiques et solidaires : un accord d'entreprise en faveur du travail des handicapés en 2007, la participation à une crèche inter-entreprises sous l'impulsion du CE...

Chronologie de la démarche d'ouverture à la société de l'INERIS

Avril 2005

Visite de la délégation de parlementaires de la Commission « Développement durable et aménagement du territoire ». Au cours de sa visite, la Commission a encouragé l'Institut à développer la capacité de ses experts et chercheurs à participer au débat public.

Septembre 2006

Le renforcement de la capacité des experts à participer au débat public est inscrit dans le contrat d'objectifs 2006-2010 signé entre l'Etat et l'INERIS.

2007-2008

Le Grenelle de l'Environnement conforte la volonté d'ouverture à la société de l'Institut.

Avril 2008

Organisation de la première rencontre-débat avec des représentants d'ONG et d'associations en vue d'échanger sur les résultats de travaux de recherche ou d'expertise de l'Institut. 24 autres débats ont été organisés depuis lors.

Mai 2008

Le Conseil d'administration donne un avis favorable à l'évolution envisagée par l'INERIS de ses instances d'évaluation scientifique et technique. Il engage l'Institut à effectuer les démarches nécessaires pour préciser ses propositions.

Octobre 2008

Signature d'une charte d'ouverture à la société avec l'IRSN et l'ANSES (ex-AFSSET).

Juin 2009

Ouverture du séminaire scientifique annuel de l'Institut à la société civile. La création d'une Commission d'Orientation de la Recherche et de l'Expertise (CORE), composée de représentants des différentes composantes de la société, y est décidée.

Signature de l'avenant Grenelle au contrat d'objectifs Etat-INERIS qui fixe notamment pour objectif l'élargissement de la gouvernance scientifique à de nouveaux acteurs.

Septembre 2009

Le Conseil d'administration est informé des modalités d'évolution de la gouvernance scientifique de l'Institut discutées lors du séminaire de juin.

Gouvernance, alerte et déontologie à l'INERIS

Des règles de déontologie encadrent l'indépendance des avis de l'INERIS. Un comité indépendant suit l'application de ces règles et rend compte chaque année depuis 2001 directement au Conseil d'administration.

La gouvernance scientifique de l'INERIS est constituée d'un Conseil scientifique qui examine les orientations stratégiques de l'Institut; de trois commissions spécialisées qui évaluent les programmes et équipes scientifiques (la commission « risques accidentels », la commission « risques chroniques » et la commission « risques liés à l'utilisation du sol et du sous-sol »); et de la commission d'orientation de la recherche et de l'expertise (CORE) présentée ci-après.

Commission d'Orientation de la Recherche et de l'Expertise (CORE)

La Commission d'Orientation de la Recherche et de l'Expertise (CORE) représente la concrétisation de la démarche d'ouverture de l'Institut. Officialisée par l'arrêté du 26 avril 2011 relatif aux comités d'orientation scientifique et technique de l'INERIS, elle marque le passage d'une gouvernance scientifique à une gouvernance scientifique et technique ouverte à la société civile.

Composition

La Commission d'Orientation de la Recherche et de l'Expertise réunit 5 collègues (industriels, élus, syndicats, associations, État) et des personnalités qualifiées de l'enseignement supérieur ou de la recherche.

Missions

- Identifie et propose des questions à traiter en priorité dans les différents domaines de la recherche et de l'expertise publique,
- Peut donner un avis sur les finalités des programmes de recherche et d'appui envisagés par l'Institut, notamment lors de l'élaboration de son contrat d'objectifs avec l'État,
- Est consultée sur les modalités de diffusion des travaux scientifiques permettant de rendre ceux-ci accessibles à un large public,
- Peut être consultée sur le contenu de certains rapports d'étude.

Suites à donner aux éventuelles alertes

L'INERIS a la possibilité de se saisir de questions portant sur des risques, notamment à caractère environnemental ou sanitaire. Cet aspect a été pris en compte en septembre 2010, lors de l'adoption par délibération du CA, de la **Charte Nationale de l'Expertise**.

Cette dernière prévoit en effet dans son article 9 qu' « *en cas d'expression [au sein de l'Institut] d'un risque, notamment à caractère environnemental ou sanitaire, les établissements signataires s'engagent à s'en saisir pour rendre un avis sur les suites à y donner en termes d'expertise* ».

En conséquence, le protocole de gestion des ressources publiques, signé le 23 décembre 2010 par le directeur général de la prévention des risques, commissaire du Gouvernement, Laurent Michel et Vincent Laflèche, directeur général de l'INERIS, prévoit pour l'INERIS d'entreprendre une première investigation du sujet « en amont » en cas d'expression de ces risques et précise que les propositions d'actions ou recherches complémentaires ont vocation à être présentées à la CORE pour avis : le rapport de la CORE étant transmis au Conseil d'administration de l'Institut...

Mars 2010

Visite de la CORE à l'INERIS.

Juin 2010

Première participation de la CORE au séminaire des orientations scientifiques et techniques de l'INERIS portant sur la préparation du contrat d'objectifs 2011-2015 de l'Institut.

Septembre puis Décembre 2010

L'INERIS adopte, par délibération du Conseil d'administration, la charte nationale de l'expertise qui prévoit dans son article 9 des dispositions particulières relatives au devoir d'alerte. Le protocole de gestion des ressources publiques signé avec l'Etat en décembre prévoit donc pour l'INERIS d'entreprendre l'investigation « en amont » des suites à donner « en cas d'expression en son sein d'un risque, notamment à caractère environnemental ou sanitaire » et précise que les rapports qui en seront issus ont vocation à être présentés à la CORE pour avis.

Octobre - Novembre 2010

Premières réunions de travail de la CORE qui s'implique notamment sur les travaux de hiérarchisation des substances chimiques conduits par l'Institut.

Avril 2011

Parution au Journal Officiel de l'arrêté ministériel relatif aux comités d'orientation scientifique et technique de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques. La CORE est officiellement créée.

Septembre 2011

Le Conseil d'administration est informé de l'élargissement du comité de suivi de la charte de déontologie à un membre de la CORE issu du collège associations.

Septembre - Octobre 2011

Les membres de la CORE sont nommés par le directeur général de l'INERIS après consultation du Conseil scientifique pour une durée de trois ans renouvelable.

Avril 2012

Le Conseil d'administration de l'INERIS approuve la proposition de nomination du président et vice-président de la CORE.

L'Université de Picardie Jules Verne

Tournée vers l'International, proposant plus de 200 cursus omni-disciplinaires étroitement liés à ses 32 équipes de recherche et adaptés à la réalité du monde du travail, l'UPJV est une université à taille humaine située dans un environnement privilégié au cœur de l'Europe du Nord (à 1 heure de Paris et Lille, à 2 heures de Bruxelles et à 3 heures d'Amsterdam et Londres).

Ses missions

- Offrir des formations omni-disciplinaires initiales et continues de haute qualité, de tous niveaux, et proches de la réalité du monde économique, pour une meilleure insertion professionnelle des étudiants
- Favoriser l'accès aux études et à la réussite, grâce à des mesures efficaces d'accompagnement des étudiants et un maillage territorial adapté
- Soutenir la recherche d'excellence, les projets innovants, l'émergence de nouvelles équipes, et répondre aux besoins du tissu économique local
- Structurer, moderniser et intensifier les partenariats avec les industriels pour mieux valoriser la recherche
- Développer les échanges à l'international

Les formations dispensées

- 12 Diplômes Universitaires Technologiques (DUT)
- 34 licences professionnelles
- 25 licences générales, avec 56 spécialités
- 20 masters, avec 79 spécialités recherche et/ou professionnelles

dans les domaines de formation :

- *Arts, lettres et langues*
- *Droit, économie, gestion*
- *Sciences humaines et sociales*
- *Sciences, technologie, santé*

Chiffres-clés

- 24 000 étudiants répartis sur 6 campus en Picardie : Amiens, Beauvais, Creil, Laon, Saint-Quentin, Cuffies-Soissons
- 1 248 enseignants et enseignants-chercheurs
- 1 062 Biatss
- 32 équipes de recherche (CNRS – INSERM – INERIS)
- 2 écoles doctorales (Sciences, Technologies et Santé ; Sciences de l'Homme et des Sociétés) : près de 200 docteurs formés à l'UPJV chaque année