

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

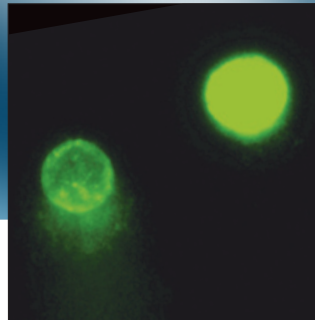
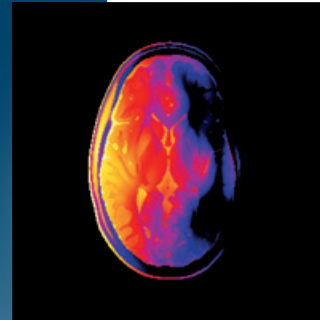
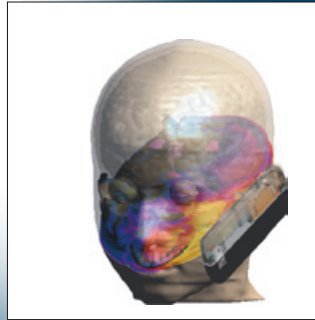








TABLE DES MATIÈRES

	ÉDITORIAL	3
	INTRODUCTION	6
	RÉSULTATS	10
	APERÇU DES PROJETS	30
	CONCLUSIONS	32
	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

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.



Pr em. Alexander A. Borbély
Président du Comité de direction



Pr 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.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'A. Borbély'.

Pr em. Alexander A. Borbély
Président du Comité de direction

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'A. Kléber'.

Pr André G. Kléber
Délégué du Conseil de la recherche du FNS

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.

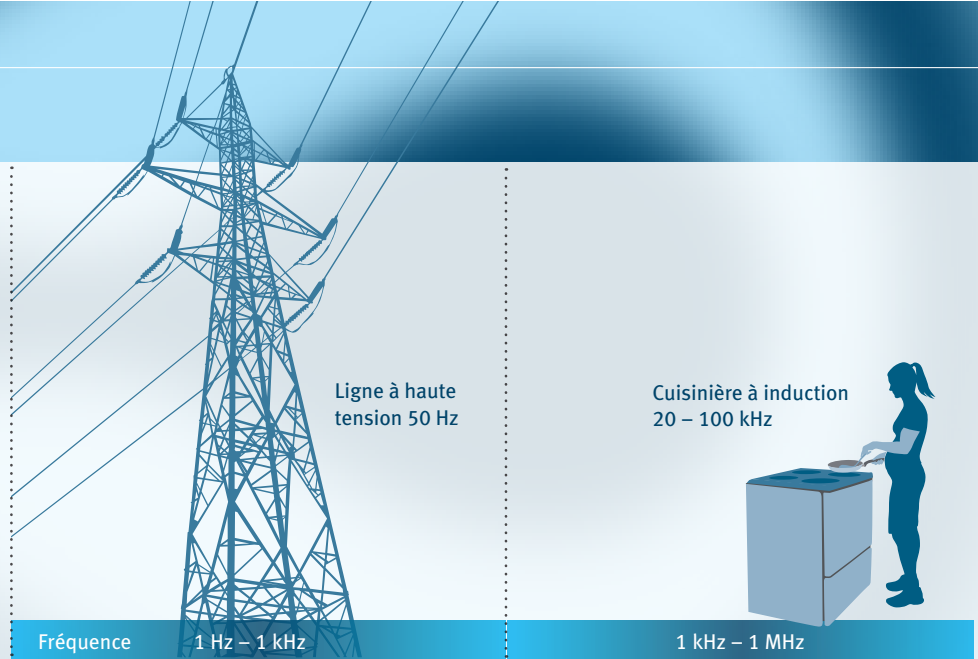
Certes, on sait depuis longtemps que les champs électromagnétiques à forte dose sont en mesure de réchauffer les tissus biologiques et, dans certaines conditions, de provoquer des lésions cellulaires et des problèmes de santé. Au quotidien, nous ne sommes cependant soumis qu'à des rayonnements à faible 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

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

Radiodiffusion
FM env. 100 MHz

Téléphonie mobile
400 MHz – 2.6 GHz

Faisceaux hertziens
7 – 8 GHz

Fréquence

1 MHz – 3 GHz

3 GHz – 300 GHz

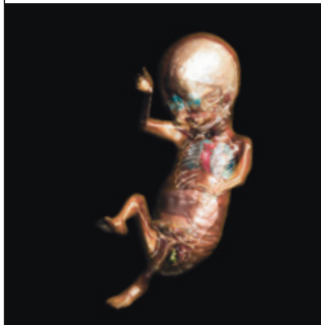
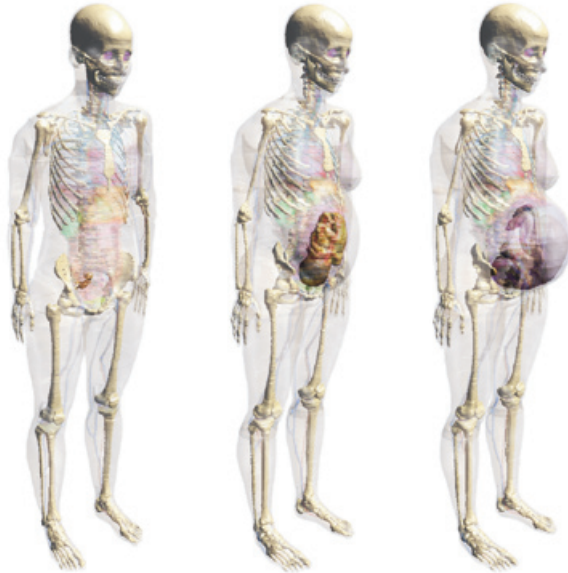
le corps humain et sur la santé, et le rapport éventuel entre un contact à long terme avec les rayonnements non ionisants et des problèmes de santé.

- 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.



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

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

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.

TÉLÉPHONES PORTABLES: PRINCIPALE SOURCE DE CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Niels Kuster, de la Foundation for Research on Information Technologies in Society (IT'IS), 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 ENCEINTES: 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

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

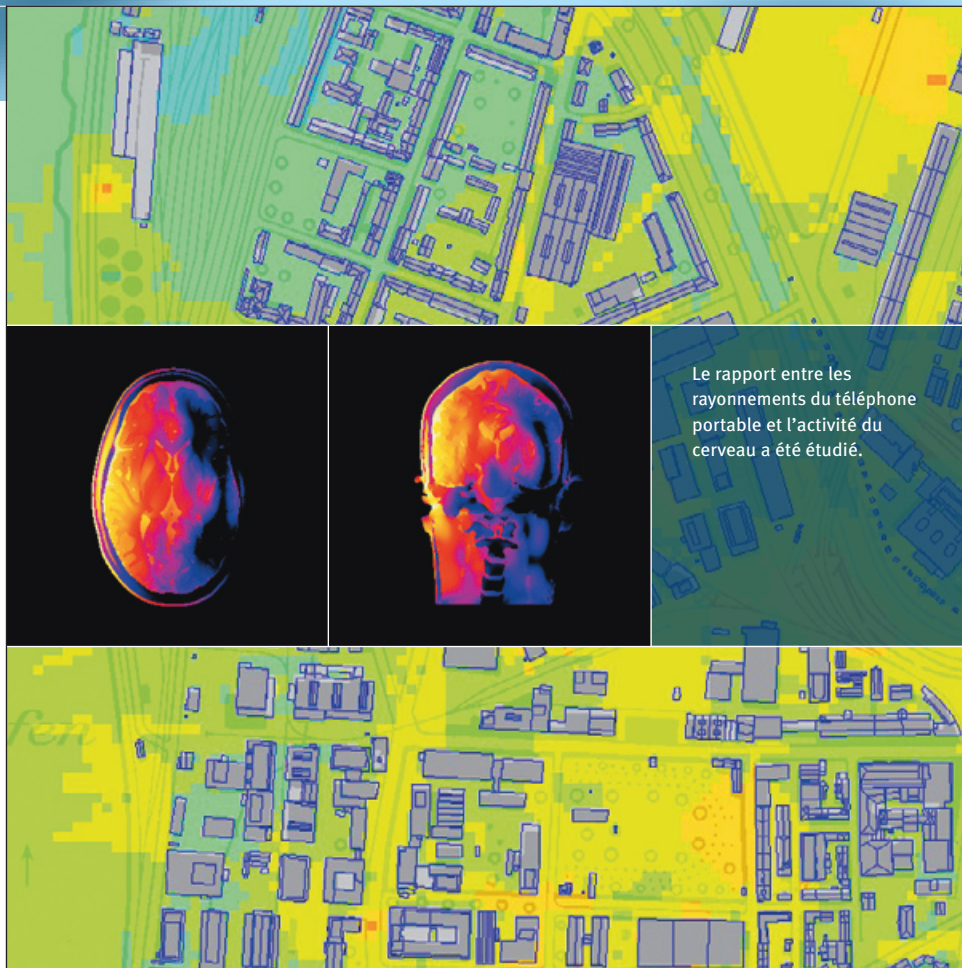
les champs électromagnétiques moyenne fréquence des cuisinières à induction modernes peuvent être problématiques: si une femme enceinte se trouve tout près d'une cuisinière à induction en fonctionnement, l'exposition au rayonnement peut dépasser les valeurs limites admissibles. Si la femme enceinte est 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.



Le rapport entre les rayonnements du téléphone portable et l'activité du cerveau a été étudié.

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.

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 porteuse 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-

tromagnétiques, 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 Rööfli 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.

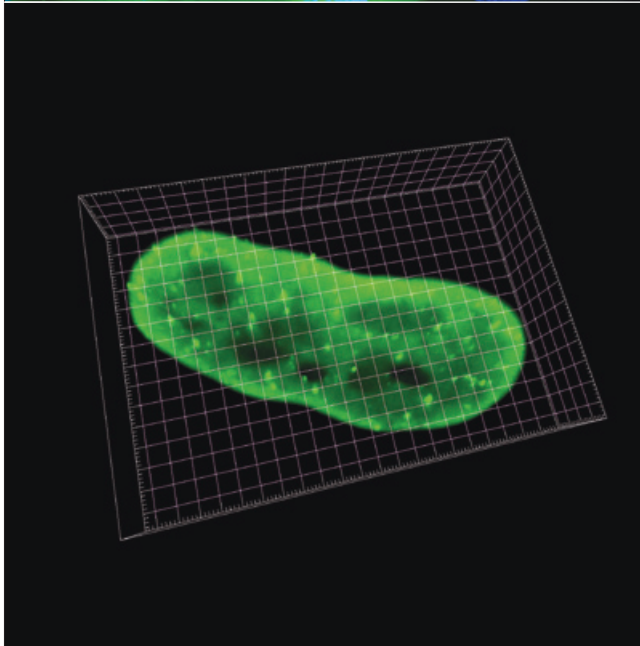
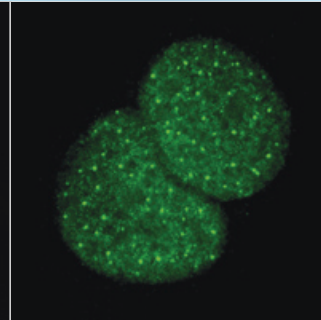
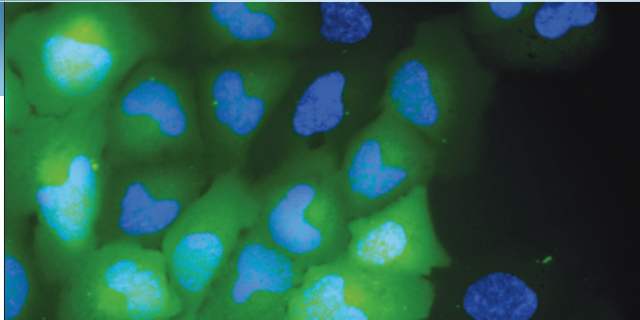
Il apparaît que l'être humain est responsable d'une bonne partie de son exposition aux rayonnements: d'après les mesures par exposimètre, les rayonnements électromagnétiques haute fréquence proviennent essentiellement des téléphones portables, des téléphones sans fil utilisés à domicile et des antennes-relais 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

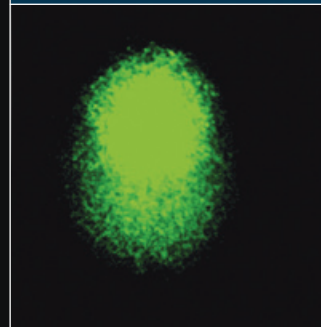
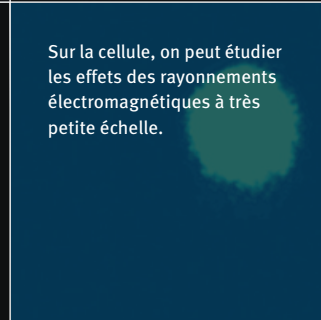
plus trouvé d'indices selon lesquels les personnes qui se décrivent comme «électrosensibles» réagissent différemment des autres aux champs électromagnétiques.

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.

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



Sur la cellule, on peut étudier les effets des rayonnements électromagnétiques à très petite échelle.



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.

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

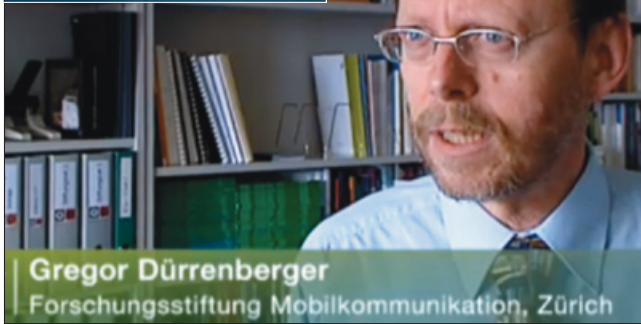
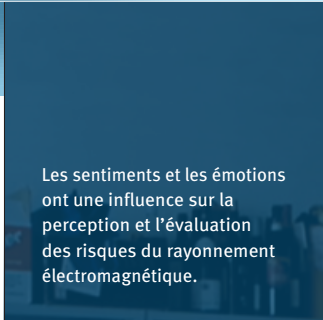
basse fréquence alternativement allumés et éteints à intervalles réguliers. Cet effet s'observe en partie également lorsque les cellules des tissus conjonctifs sont exposées aux champs électromagnétiques haute fréquence usuels en téléphonie mobile.

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.

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



Gregor Dürrenberger
Forschungsstiftung Mobilkommunikation, Zürich



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 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.

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

négligentes 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.

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^r Nicolas Chavannes, D^r Andreas Christ
Foundation for Research on Information
Technologies in Society (IT^{IS}), Zurich **Pages 11 – 15**

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

P^r D^r Niels Kuster, D^r Sven Kühn
Foundation for Research on Information
Technologies in Society (IT^{IS}), 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 (IT^{IS}) ont élaboré un microscope permettant d'observer les cellules pendant qu'elles sont soumises au rayonnement électromagnétique.

D^r Andreas Christ, D^r Myles Capstick
Foundation for Research on Information
Technologies in Society (IT^{IS}), 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^r D^r 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^r D^r 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^r 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.

Pr D^r Pierre Goloubinoff

Département de biologie moléculaire végétale
Université de Lausanne

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

Meike Mevissen, 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.

Pr D^r Meike Mevissen

Unité de pharmacologie vétérinaire
Faculté Vetsuisse Berne
Université de Berne

Effets génotoxiques des rayonnements non ionisants

Pr D^r Primo Schär

Institut de biochimie et de génétique
Département des sciences
de biologie clinique
Université de Bâle

Pages 23 – 25

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.

Pr D^r 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

Pr D^r 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

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.

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 Dr 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 Dr Jørgen Bach Andersen

Institut de systèmes électroniques, Université d'Aalborg
Aalborg, Danemark

Pr Dr Elisabeth Cardis

Centre de recherche en épidémiologie
environnementale (CREAL)
Barcelone, Espagne

Pr Dr Yngve Hamnerius

Groupe d'étude des effets biologiques
Université technique Chalmers
Göteborg, Suède

Pr Dr Christian W. Hess

Clinique Universitaire de neurologie, Hôpital de l'Île
Berne, Suisse

Pr Dr Dariusz Leszczynski

Recherche et surveillance de l'environnement
Office pour la sécurité nucléaire et des rayonnements (STUK)
Helsinki, Finlande

Pr Dr Ragnar Löfstedt

Centre de gestion du risque, King's College London
Londres, Grande-Bretagne

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

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

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.

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

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.

Programme national de recherche PNR 57
Fonds national suisse de la recherche scientifique
Wildhainweg 3, case postale 8232, CH-3001 Berne
www.pnr57.ch

FNSNF
FONDS NATIONAL SUISSE
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE