

> Effets sanitaires du rayonnement à haute fréquence

Evaluation d'études scientifiques pour des rayonnements de faible intensité. 2^e édition actualisée.

*Résumé de la publication
«Hochfrequente Strahlung und Gesundheit»
www.umwelt-schweiz.ch/uw-0722-d*

> Résumé

Au printemps 2003, l'OFEV – qui s'appelait encore OFEFP – avait publié un rapport sur l'évaluation du risque sanitaire engendré par l'exposition au rayonnement non ionisant à haute fréquence de faible intensité. Ce document, qui s'appuyait sur quelque 200 études scientifiques relatives aux conséquences sur l'homme, évaluait l'état des connaissances scientifiques à la fin de l'année 2002 (Documents environnement n°162, OFEFP, 2003, abrégé ci-après UM-162).

Le rayonnement non ionisant à haute fréquence « de faible intensité » concerne les intensités inférieures aux valeurs limites d'immissions de l'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI) ou, pour les téléphones mobiles, inférieures à la valeur limite du taux d'absorption spécifique (TAS) local, recommandée par la Commission internationale pour la protection contre le rayonnement non ionisant (ICNIRP). Les effets thermiques survenant à fortes intensités sont suffisamment connus et ne sont pas traités dans le présent rapport.

Les études expérimentales et épidémiologiques sur l'exposition de l'homme aux hautes fréquences ont été répertoriées et décortiquées depuis la fin 2002 au fur et à mesure de leurs publications. Une première actualisation de l'état des connaissances scientifiques a été publiée au printemps 2004 sous la forme d'un « Complément A ». Le présent rapport de synthèse fait suite à ce complément. Il repose sur près de 150 travaux scientifiques relatifs à l'exposition de l'homme aux hautes fréquences, dont les conclusions ont été rendues publiques entre fin 2002 et septembre 2006. Les études sur l'homme ont été rassemblées et évaluées par le service de documentation ELMAR de l'Institut de médecine sociale et préventive de l'université de Bâle. Les détails sont disponibles dans la banque de données ELMAR, publiquement accessible sur Internet (www.elmar.unibas.ch/index.html). En complément, les résultats des deux programmes de recherche internationaux Perform B et REFLEX, lesquels portent non pas sur des humains, mais sur des cellules et des animaux, ont également été évalués. Cette partie du rapport a été rédigée par le Centre de biomédecine de l'université de Bâle.

Comme dans le rapport UM-162, la **preuve de l'existence** d'un effet biologique résultant d'une exposition au rayonnement à haute fréquence a été évaluée au moyen d'une échelle différenciée, en tenant compte de toutes les études faites en relation avec l'effet concerné. La répartition s'effectue selon la classification de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) relative à l'évaluation de la cancérogénicité d'une substance ou d'un agent (<http://monographs.iarc.fr>). Cette classification a été reprise et étendue aux effets non cancérogènes. Pour chaque degré de preuve, les critères sont les suivants:

> **Prouvé:** un effet est considéré comme « prouvé » lorsqu'il peut être démontré de manière scientifique, c'est-à-dire s'il est reproductible de manière indépendante, s'il existe un modèle d'interaction plausible et s'il n'est pas en contradiction avec d'autres données scientifiques.

- > **Probable:** un effet est considéré comme « probable » lorsqu'il a été constaté à plusieurs reprises, de manière relativement cohérente et indépendante. La qualité de l'étude est telle que d'autres facteurs peuvent être exclus avec une assez grande certitude. Il n'existe pas de modèle d'interaction plausible.
- > **Possible:** un effet est considéré comme « possible » lorsqu'il a été observé de manière sporadique dans les études. Les résultats ne sont cependant pas cohérents dans leur globalité et peuvent peut-être provenir d'insuffisances méthodologiques des études. Les données scientifiques sont corroborées par des rapports de cas. L'évaluation « possible » se rapporte au lien entre l'exposition et la conséquence. Il ne s'agit pas d'apprécier la probabilité de l'apparition de l'effet.
- > **Improbable:** il n'existe pas d'indications relatives à une association mais plusieurs indications relatives à son absence. Il n'existe pas de modèles d'interaction théoriquement plausibles.
- > **Non évaluable:** la quantité de données disponibles est insuffisante pour permettre une évaluation. Il existe quelques résultats, souvent controversés. La méthodologie des études correspondantes est jugée insuffisante pour pouvoir en tirer des conclusions.

Par ailleurs, les effets examinés du rayonnement à haute fréquence ont été classés en trois groupes en fonction de leur **impact sanitaire**. Dans un souci de clarté, les libellés adoptés ont été modifiés par rapport à l'UM-162:

- > **Affections et mortalité:** les répercussions étudiées sont des atteintes à la santé qui constituent une limitation radicale de la qualité de vie. Elles peuvent être délétères et réduire l'espérance de vie. Cette catégorie comprend les affections cancéreuses, les avortements et les malformations des nouveau-nés ainsi qu'une augmentation de la mortalité.
- > **Limitation du bien-être:** la qualité de vie ou le bien-être sont fortement limités. Le symptôme n'est pas directement délétère. Font partie de cette catégorie les symptômes de maladies non spécifiques, en particulier les maux de tête, les troubles du sommeil, l'état psychique, l'hypersensibilité aux ondes électromagnétiques ainsi que les sensations auditives liées aux micro-ondes.
- > **Modification des grandeurs physiologiques:** les effets sont mesurables du point de vue physiologique. Les changements observés se situent dans le cadre des réponses « adaptatives » des personnes en bonne santé. Ils ne présentent pas de risque sanitaire en soi et ne restreignent pas la qualité de vie car, en général, ils sont imperceptibles. On ignore s'ils représentent un risque sanitaire à long terme. Font partie de ce groupe les fluctuations des systèmes hormonal, immunitaire et circulatoire, les effets génotoxiques, les variations de l'EEG ainsi que les changements dans la perception des stimulations externes et dans les réactions qu'elles suscitent.

L'exposition minimale nécessaire à l'apparition d'un effet a été estimée, sur la base des résultats des études, pour chacun des effets classés comme prouvés, probables ou possibles. Afin de pouvoir comparer les études relatives aux téléphones mobiles, aux installations émettrices stationnaires et aux expositions en laboratoire, il a fallu unifier les différentes indications dosimétriques. Ce faisant, on a choisi d'exprimer les doses par le TAS₁₀ maximal (en anglais SAR₁₀). Cette grandeur indique la quantité de rayon-

nement localement absorbée par l'organisme à l'endroit le plus exposé (taux d'absorption spécifique local moyenné sur 10 grammes de tissu organique, en W/kg). Le TAS₁₀ figure dans certaines études, pour les autres il a été estimé dans la mesure du possible.

Résultats et évaluation des études portant sur l'homme fin septembre 2006:

Le tableau 2 résume l'évaluation des degrés de preuve des effets sanitaires engendrés par le rayonnement à haute fréquence de faible intensité. Il tient compte de toutes les études directement réalisées avec ou sur l'homme, disponibles à la fin septembre 2006.

Aucun nouvel effet pouvant être considéré comme prouvé n'a été identifié. Il est incontestable que le rayonnement à haute fréquence peut perturber le fonctionnement d'appareils techniques, ce qui peut avoir des conséquences sur la santé, en particulier dans le cas des implants médicaux, tels que les stimulateurs cardiaques. Toutefois, de nombreux appareils sont aujourd'hui insensibles au rayonnement de téléphones mobiles. Il a également été prouvé que des sensations auditives anormales, liées à des micro-ondes pulsées, apparaissent lorsque les impulsions du rayonnement dépassent un certain seuil énergétique. Dans le cas des installations radar, ce phénomène peut se produire même lorsque les valeurs limites d'immissions sont respectées. Pour ce qui est du rayonnement de la téléphonie mobile, aucun indice tangible n'a été mis en avant. Par ailleurs, on considère comme prouvé que le risque d'accidents augmente lorsqu'on téléphone en conduisant, indépendamment du fait qu'on utilise un kit « mains libres » ou non. Ce risque n'est cependant pas dû au rayonnement, mais à la distraction.

prouvé

Il est considéré comme probable que l'exposition au téléphone mobile modifie l'activité électrique du cerveau. S'agissant de l'EEG spontané pendant le sommeil ou à l'état d'éveil, l'élément le plus constant qui a pu être observé consiste en une élévation de l'amplitude dans la bande alpha. Dans certaines études, les effets sont apparus dans les quinze premières minutes suivant l'exposition. On peut également considérer comme probables certaines modifications des phases de sommeil, car celles-ci ont été observées dans de nombreuses études. De même, dans la majorité des expériences étudiant les potentiels cérébraux évoqués, des effets d'exposition se sont produits. Au cours de deux études de réplication employant des méthodes améliorées, les résultats antérieurs n'ont toutefois pas été confirmés. Les effets observés sont apparus à des intensités de rayonnement si faibles qu'ils ne peuvent pas être expliqués par le modèle d'action thermique conventionnel.

probable

Les études récentes n'ont pas toutes trouvé un lien entre l'apparition de symptômes non spécifiques (maux de tête, malaises, sensation de fatigue, vertiges, échauffements de la peau) et l'utilisation du téléphone mobile. Certaines présentaient même des insuffisances méthodologiques notables. Mais, dans la droite ligne des résultats d'études scandinaves antérieures (voir UM-162), il apparaît toujours probable qu'une utilisation intensive du téléphone mobile est associée à une fréquence accrue de symptômes non spécifiques. On ne peut toutefois pas établir si cet accroissement est provoqué par le rayonnement à haute fréquence ou par d'autres facteurs liés à l'utilisation du téléphone mobile, par exemple un niveau de stress élevé.

Une seule étude s'est intéressée de manière ciblée aux troubles du sommeil à proximité d'un émetteur radio. De nouvelles analyses à propos de cette étude ont été publiées. Celles-ci ayant révélé également l'existence d'un lien entre les deux facteurs, il est considéré, à l'instar de l'UM-162, comme possible que les puissants émetteurs radio à ondes courtes peuvent gêner la qualité du sommeil.

possible

Les données concernant l'influence de l'exposition au téléphone mobile sur les fonctions cognitives sont moins homogènes que fin 2002. La réduction des temps de réaction alors observée ne s'est pas confirmée dans des études de réplication en double aveugle. L'existence des effets de l'exposition au téléphone mobile sur les fonctions cognitives a donc été déclassée de « probable » à « possible » par rapport à l'estimation de l'UM-162.

Les nouvelles études de provocation relatives à l'acuité aux champs électromagnétiques faibles montrent que même des personnes attribuant leurs symptômes d'état à l'exposition aux hautes fréquences ne peuvent généralement pas percevoir ces champs en situation de test. Il n'existe aucune nouvelle étude comportant des tests répétitifs sur les mêmes personnes. D'anciens examens avec cette situation de test laissaient supposer que rares étaient les personnes ayant cette capacité de perception.

Sur la base des études publiées jusqu'à fin 2002, il a été considéré comme possible que le risque de tumeurs du système hématopoïétique et lymphatique augmente à proximité d'émetteurs radio à ondes fortes. Les deux études récentes ne changent en rien l'évaluation.

Concernant le risque de tumeurs du cerveau chez les utilisateurs de téléphone mobile, diverses analyses de la série d'études cas-témoins multicentriques « Interphone » ont été publiées jusqu'en septembre 2006, mais une seule disposait de données regroupées. Par ailleurs, les résultats de deux grandes études cas-témoins réalisées par un groupe de chercheurs suédois sont disponibles. Compte tenu de ces résultats et des acquis précédents, il faut toujours considérer comme possible que l'utilisation intensive du téléphone mobile pendant plusieurs années s'accompagne d'un risque accru de tumeurs du cerveau.

Aucun nouveau résultat concernant la mortalité globale n'est à signaler. Compte tenu des résultats des études antérieures, un lien avec une exposition à faible dose à un rayonnement à haute fréquence avait été jugé improbable dans l'UM-162. Même un lien causal entre l'exposition aux hautes fréquences et le risque d'être atteint d'une tumeur de la glande salivaire paraît improbable du fait des présentes données d'études cas-témoins.

improbable

Tab. 2 > Résumé du degré de preuve des effets sanitaires engendrés par le rayonnement à haute fréquence de faible intensité (exposition d'humains).

Les données relatives au seuil d'effet, exprimées en mW/kg ou W/kg, sont à considérer comme approximatives. Elles se réfèrent au taux d'absorption spécifique local maximal TAS_{10} .

DEGRÉ DE PREUVE	EFFET			SOURCE D'EXPOSITION	SEUIL D'EFFET
	Affections et mortalité	Limitation du bien-être	Modification de grandeurs physiologiques		
Prouvé (résultats cohérents)		Interférences avec les implants		Appareils électroniques (p. ex. téléphone mobile)	
		Sensations auditives liées aux micro-ondes		Installations radar	Densité de flux énergétique par impulsion >20 mJ/m ²
Probable (effets mentionnés à diverses reprises)		Symptômes non spécifiques (maux de tête, sensation de fatigue, pertes de concentration, malaises, échauffements de la peau, etc.)		Téléphone mobile	20 mW/kg–2 W/kg
			Activité électrique du cerveau , Phases de sommeil	Téléphone mobile	20 mW/kg–2 W/kg
Possible (effets mentionnés sporadiquement)	Leucémies/lymphomes			Émetteur TV/radio	Voisin de la valeur limite de l'installation
	Tumeurs du cerveau			Téléphone mobile	20 mW/kg–2 W/kg
		Qualité du sommeil		Émetteur radio	Voisin de la valeur limite de l'installation
			Fonctions cognitives, temps de réaction	Téléphone mobile	20 mW/kg–2 W/kg
			Acuité aux champs faibles	Téléphone mobile	20 mW/kg–2 W/kg
Improbable (absence mentionnée à diverses reprises)	Mortalité			Téléphone mobile	
	Tumeurs de la glande salivaire			Téléphone mobile	
Non évaluable (données peu nombreuses)	Cancer du sein			Diverses	
	Tumeurs oculaires			Téléphone mobile	
	Tumeurs des testicules			Pistolets radar	
	Avortement			Appareils diathermiques	
		Symptômes non spécifiques (troubles du sommeil, maux de tête, etc.)		Station de base de téléphonie mobile	
		État psychique		Diverses	
			Fertilité	Téléphone mobile	
			Système hormonal	Diverses	
			Système immunitaire	Diverses	
			Fonctions du système circulatoire	Diverses	
			Ouïe et équilibre	Téléphone mobile	
			Génotoxicité	Exposition au travail	

Concernant les tumeurs affectant d'autres organes, l'état actuel des données ne permet pas encore d'évaluer des associations potentielles. Cela inclut également le risque de tumeurs des testicules et des tumeurs oculaires ainsi que le cancer du sein. Le fait de savoir si le rayonnement à haute fréquence pour les personnes exposées dans le cadre de leur profession peut entraîner des dommages cellulaires génotoxiques n'est pas évaluable non plus. L'évaluation des effets sur la pression artérielle, le pouls et les variations de la fréquence cardiaque reste également sans réponse. En ce qui concerne les effets de l'exposition aux hautes fréquences sur le système hormonal et immunitaire, l'ouïe, la fertilité et le taux d'avortement ainsi que sur l'état psychique, il n'existe encore que trop peu de résultats pour apprécier la situation.

non évaluable

Résultats et évaluation des programmes de recherche Perform B et REFLEX (exposition de cellules et d'animaux)

Deux programmes de recherche coordonnés au niveau international se sont intéressés ces dernières années aux conséquences des champs électromagnétiques sur les systèmes biologiques. Les projets menés dans le cadre de « Perform B » se sont essentiellement attachés à répliquer d'anciennes études en vue de vérifier leurs conclusions, tandis que le programme « REFLEX » (Risk Evaluation of Potential Environmental Hazards From Low Energy Electromagnetic Field Exposure Using Sensitive "*in vitro*" Methods) a notamment recherché les effets des champs électromagnétiques sur les cellules biologiques en conditions contrôlées de laboratoire.

Partant des résultats des études précédentes, le programme « Perform B » a étudié les influences du rayonnement à haute fréquence sur le matériel génétique, sur l'activité d'une enzyme de métabolisme et sur le comportement des animaux. Il s'agissait dans un premier temps de réaliser des expériences de réplification dont l'objectif était de vérifier de manière indépendante les découvertes déjà existantes et, ensuite, d'étendre les recherches et d'améliorer les méthodes. Les études ont montré que, prise isolément ou combinée avec un mutagène (rayons X), l'exposition aux hautes fréquences n'aboutissait pas à une altération visible de l'ADN au niveau des lymphocytes humains. De même, sous diverses conditions d'exposition, aucun changement dans l'activité de l'ornithine décarboxylase (ODC) n'a pu être prouvé. Enfin, soumis à une exposition aux hautes fréquences, les rats et souris étudiés n'ont présenté aucune modification de leur comportement d'apprentissage, comme cela avait été auparavant décrit, et même le comportement de stress ainsi que la perméabilité de la barrière hémato-encéphalique n'ont pas semblé être affectés. Dans la mesure où il s'agissait d'authentiques expériences de réplification, les résultats des précédentes études n'ont pas été confirmés.

Le programme « REFLEX » consistait à étudier les effets de l'exposition aux hautes fréquences sur les cellules dans des conditions de laboratoire standardisées et strictement contrôlées. Il a permis de mesurer la fréquence des ruptures de brins d'ADN, l'apparition de micronoyaux et d'aberrations chromosomiques, les influences sur le cycle des cellules, la différenciation des cellules et l'apoptose ainsi que l'expression de gènes. L'exposition a eu lieu avec un rayonnement de hautes et basses

fréquences. Le présent rapport expose uniquement les résultats de l'exposition aux hautes fréquences.

L'apparition des effets mis en évidence par le programme « REFLEX » doit actuellement être considérée comme possible mais pas encore prouvée. Et ce, d'autant plus qu'il s'agit soit de premières observations, qui n'ont pas encore été répliquées de manière indépendante, soit de tentatives de répliquions, qui ont livré des résultats contradictoires sans que les raisons en soient établies. Le seuil le plus bas pour le TAS (local), pour lequel un effet a été observé, s'élève à 0,3 W/kg et se situe ainsi dans le domaine athermique approximativement à mi-chemin entre la valeur limite de l'installation et la valeur limite d'immissions de l'ORNI.

Des ruptures momentanées de brins d'ADN ont été observées dans les cellules du tissu conjonctif, et des micronoyaux ainsi que des aberrations chromosomiques sont apparus. À cet égard, l'intensité et la durée mais aussi la modulation du signal semblent décisives. Les ruptures de brins d'ADN n'ont, en soi, rien d'extraordinaire. De telles ruptures surviennent aussi naturellement et sont traitées par des systèmes de réparation propres aux cellules. Actuellement, on ne sait pas encore très bien si les ruptures momentanées à la suite d'une exposition sont correctement réparées ou si elles peuvent se traduire par des modifications persistantes du matériel génétique. Le fait que l'on observe (dans des expériences analogues avec des champs à basses fréquences) que l'occurrence des ruptures de brins décroît après quelques heures d'exposition plaide en faveur de la première hypothèse. La seconde est quant à elle légitimée par le fait que, outre les ruptures de brins, des micronoyaux et des aberrations chromosomiques ont également été observées, traduisant une modification durable du matériel génétique. Si ces dernières découvertes étaient corroborées, elles seraient essentielles car elles pourraient laisser présager des dysfonctionnements des cellules. Les recherches doivent être approfondies pour savoir si les événements moléculaires découverts aboutissent effectivement à de tels dysfonctionnements. Les points finaux étudiés tels que le cycle des cellules, la différenciation des cellules et l'apoptose n'ont pas été influencés par le rayonnement à haute fréquence ou ne l'ont été tout au plus que faiblement. Ainsi, il est provisoirement difficile de trancher la question de l'importance qu'ont effectivement les effets moléculaires décelés sur les fonctions des cellules.

D'autres études se sont penchées sur la question de savoir si les gènes pouvaient s'exprimer plus fortement ou plus faiblement à la suite d'une exposition aux hautes fréquences. On espère qu'une meilleure connaissance des processus moléculaires à l'œuvre dans la cellule permettra de comprendre la manière dont un stimulus externe peut influencer les fonctions des cellules. Mais devant le nombre élevé de gènes et de protéines, on n'en est ici qu'au stade de la collecte des données empiriques. L'hypothèse la plus avancée est que le rayonnement à haute fréquence agit comme un agent stressant et que la cellule développe des « protéines de stress ». Les recherches menées ont fait apparaître que dans certains types de cellules l'expression de gènes était influencée à la suite de l'exposition aux hautes fréquences avec divers signes avant-coureurs: certaines protéines ont été renforcées, tandis que d'autres ont été générées de manière réduite. Là encore, il faudrait s'attendre à ce qu'un dérèglement de l'expression des gènes puisse finalement influencer des points finaux tels que le cycle

des cellules, la différenciation des cellules, et l'apoptose, ce qui n'a toutefois pas été observé.

Conclusions:

Les données scientifiques permettant d'évaluer le risque sanitaire engendré par le rayonnement non ionisant à haute fréquence de faible intensité sont insuffisantes. Des études expérimentales réalisées sur des humains et des cultures de cellules montrent que le rayonnement à haute fréquence exerce des effets directs, ne pouvant pas être expliqués par le modèle thermique. Les études de longue durée portant sur l'homme dans son environnement naturel sont peu nombreuses. Quant aux conséquences de la proximité des stations de base de téléphonie mobile sur la santé humaine, seule une étude remplit actuellement les exigences scientifiques.

En l'état actuel des connaissances, on peut tirer les conclusions provisoires suivantes:

- > Aucun nouvel effet sanitaire dont les intensités sont inférieures aux valeurs limites recommandées par l'ICNIRP, et donc inférieures aux valeurs limites d'immissions de l'ORNI, n'a été prouvé.
- > Certains effets associés à l'exposition de l'homme aux téléphones mobiles sont à considérer comme probables. Il s'agit, en premier lieu, d'effets dont l'impact sanitaire n'a pas pu être éclairci. Ils apparaissent pour des valeurs du TAS_{10} situées entre 20 mW/kg et 2 W/kg, et donc des valeurs inférieures au taux fixé par l'ICNIRP, qui est de 2 W/kg. Une estimation approximative conduit à admettre que le rayonnement provenant des stations émettrices stationnaires devrait avoir une intensité située entre la valeur limite de l'installation en vigueur en Suisse et la valeur limite d'immissions pour produire un TAS_{10} comparable. On peut en conclure qu'il n'y a pas lieu de craindre des effets considérés comme probables de l'exposition aux téléphones mobiles lorsque les intensités sont inférieures aux valeurs limites de l'installation en vigueur en Suisse.
- > Les effets sur l'homme qui sont considérés comme possibles existent tant avec les téléphones mobiles qu'avec les émetteurs radio. Dans le cas du rayonnement des téléphones mobiles, le seuil d'effet se situe dans le même domaine que celui cité plus haut (TAS_{10} entre 20 mW/kg et 2 W/kg) et, en rapport avec le rayonnement des émetteurs radio, il se situe à une intensité de champ proche de la valeur limite de l'installation en vigueur en Suisse.
- > Une modification passagère ou durable du matériel génétique de certaines cellules est considérée comme possible, tout comme une altération de l'expression des gènes. Le plus bas seuil pour lequel le TAS (local) a été observé lors d'une expérience sur les cellules s'élève à 0,3 W/kg. Les implications de cette découverte pour les fonctions cellulaires ne sont actuellement pas claires.

Le tableau dressé depuis le rapport UM-162 est plus diversifié, mais n'est pas pour autant plus limpide. Dans le domaine expérimental humain en particulier, on dispose de nouvelles études ayant fait appel à des techniques modernes ou incluant des paramètres physiologiques jusque-là peu analysés. Le nombre des effets observés scientifiquement mais pour lesquels aucun rapport causal n'a pu être établi avec le

rayonnement a augmenté. Certains de ces effets comportent un potentiel grave pour la santé, tandis que pour d'autres la question reste entière. Simultanément, le nombre des paramètres de santé pour lesquels aucune relation avec le rayonnement à haute fréquence n'était établie s'est accru. Il serait souhaitable notamment pour les études expérimentales que les résultats déjà obtenus soient vérifiés à l'appui d'échantillons plus grands et plus sensibles, en y associant le décalage temporel évoqué parfois, avant de viser de nouvelles cibles et de développer d'autres méthodes de recherche. Pour l'heure, il n'est guère possible de se prononcer sur des effets à long terme. L'évaluation de l'exposition demeure un grand problème pour les études de population. Précisément dans la perspective de la recherche des effets à long terme, il reste à espérer que les appareils de mesure de l'exposition individuelle en cours de développement apporteront une amélioration.

Du point de vue scientifique, aucun élément ne justifie une adaptation des valeurs limites de l'ICNIRP qui sous-tendent elles-mêmes les valeurs limites d'immissions de l'ORNI. Toutefois, il reste impossible de conclure que ces valeurs limites offrent une protection suffisante contre les atteintes à long terme. Cela vaut également pour les expositions aux intensités proches des valeurs limites de l'installation de l'ORNI, car il existe également des indications relatives à des risques sanitaires potentiels pour ces intensités-là. D'un point de vue scientifique, il convient donc de maintenir le principe de précaution en matière de rayonnement non ionisant et d'accentuer la recherche.