

Les rayonnements non ionisants

Faits marquants

- Les rayonnements non ionisants comprennent les champs électriques et magnétiques statiques, les champs de basse fréquence, les radiofréquences, les rayonnements infrarouges, la lumière visible et les rayonnements ultraviolets.
- L'exposition aux rayonnements non ionisants concerne toute la population.
- Les mécanismes d'action sont différents suivant les rayonnements. Globalement, il s'agit de la création de courants induits à l'intérieur du corps humain pour les champs de basse fréquence, d'effets thermiques pour les radiofréquences et les infrarouges et de l'absorption dans l'épiderme et le derme conduisant au développement de cancers cutanés (mélanome, carcinome) et à une atteinte des fibres élastiques de la peau pour les ultraviolets.
- Dans le domaine des basses et radiofréquences, si un effet cancérigène existe, il serait très faible comparé aux autres cancérigènes déjà connus. On atteint là les limites des méthodes épidémiologiques. Pour les basses fréquences, la problématique des leucémies de l'enfant pour de hauts niveaux d'exposition nécessite encore des études approfondies. Pour les radiofréquences, les études actuelles manquent de recul et doivent se poursuivre.
- Pour les radiofréquences et les ultraviolets, la gestion des risques repose sur des mesures de prévention qui visent à diminuer les expositions en vertu du principe de précaution ou d'attention. Pour les basses fréquences, aucune précaution particulière ne s'impose.
- Pour les ultraviolets, entre 1999 et 2001, le mélanome a été responsable en moyenne chaque année de 1 143 décès en France (102 en Rhône-Alpes). Les hommes en meurent davantage.

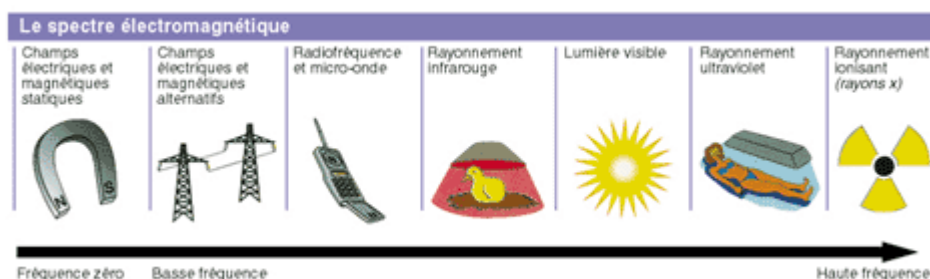
Contexte

Les rayonnements non ionisants comprennent les champs électriques et magnétiques statiques, les champs à fréquence extrêmement basse (émis par tous les appareils fonctionnant à l'électricité et par les lignes de transport électrique), les radiofréquences (utilisées dans la téléphonie mobile et les fours micro-ondes), le rayonnement infra-rouge, la lumière visible, et le rayonnement ultraviolet^{1,2}.

Les rayonnements non ionisants se différencient des rayonnements ionisants (rayons X, gamma

et radioactivité) car ils désignent des ondes qui ne sont pas suffisamment énergétiques pour casser les molécules de la matière vivante [Cf. «Les rayonnements ionisants»].

Sur l'échelle des rayonnements, schématisée par l'Organisation mondiale de la santé (ci-dessous), les rayonnements non ionisants, à préoccupation sanitaire aujourd'hui, concernent les champs à fréquence extrêmement basse, les radiofréquences et le rayonnement ultraviolet. Seuls ces trois rayonnements seront ici décrits.



Quelques notions de base

Les champs électromagnétiques sont constitués de l'association d'un champ électrique* et d'un champ magnétique*³. Ils sont caractérisés par une fréquence*, exprimée en Hertz (Hz) et une longueur d'onde, exprimée en mètres. Ils peuvent produire des effets biologiques chez les organismes vivants. Ces champs existent toutefois naturellement dans les êtres vivants (dans le fonctionnement des nerfs et du cœur notamment)⁴. Le champ électrique et le champ magnétique peuvent agir indépendamment l'un de l'autre et leurs mécanismes d'action est différent.

Le champ électrique produit par les conducteurs électriques ou les appareils domestiques, diminue avec la distance et toutes sortes d'obstacles (arbres, objets, cloisons, *etc.*) le réduisent fortement voire l'arrêtent. Il ne pénètre pas dans l'organisme humain pour les basses fréquences, la moitié pénétrant pour les radiofréquences.

Le champ magnétique diminue avec la distance, les matériaux courants ne l'arrêtent pas, et il pénètre dans le corps humain, sans atténuation^{4,5}.

Les rayonnements non ionisants font partie de l'environnement quotidien de chaque individu du fait :

- Du rayonnement solaire,
- Des activités industrielles humaines qui conduisent à des besoins accrus en énergie électrique et donc à l'expansion des réseaux électriques,
- Du développement d'appareils électriques et de télétransmission utilisés dans les milieux de travail et les milieux domestiques (four à micro-ondes et autres appareils électroménagers, ordinateurs, téléphones mobiles, *etc.*).

Ces dernières décennies, l'exposition devient de plus en plus répandue à mesure que les technologies progressent et que de nouvelles applications apparaissent³. Les populations se préoccupent de plus en plus des effets nocifs potentiels des champs électromagnétiques sur la santé. Si certains risques sont aujourd'hui bien connus (cas des ultraviolets), l'existence de risques est toujours incertaine dans le cas des basses fréquences et des radiofréquences.

Sources d'exposition / Pollution

Champs d'extrêmement basse fréquence (EBF)

A 50 Hz en Europe, ils sont liés à la production, au transport, à la distribution et à l'usage du courant électrique^{3,6}. Les sources sont rencontrées dans l'environnement général et dans l'environnement domestique (exception faite des lieux de travail non évoqués ici)³.

Dans l'environnement général, l'énergie électrique est transportée des centrales aux agglomérations par les lignes haute tension. Les régions Rhône-Alpes et Auvergne comptent 13 000 km de lignes haute tension. La tension est ensuite abaissée par des transformateurs auxquels se rattachent les lignes de distribution locale qui permettent d'alimenter des équipements collectifs tels que les trains, métros, tramways, les immeubles collectifs et l'éclairage public^{3,7}.

Dans l'environnement domestique, les EBF relèvent d'équipements privés : câblage, éclairage intérieur des habitations, appareils domestiques (téléviseur, ordinateur, rasoir, sèche-cheveux, couverture chauffante, *etc.*)⁷.

Le champ électrique existe dès qu'un appareil

est branché, même s'il n'est pas en fonctionnement. Le champ magnétique est lié au mouvement des charges électriques. Pour qu'il soit présent, il faut que l'appareil électrique soit non seulement branché mais également en fonctionnement⁵.

Dans l'environnement quotidien, les principales sources de champs électriques sont les installations électriques à haute tension (lignes et postes aériens)⁸. Arrêté par les matériaux, le champ électrique est presque toujours négligeable à l'intérieur des bâtiments. Les principales sources de champs magnétiques sont les caténaires d'alimentation des réseaux ferrés électriques, les réseaux électriques et les sources localisées (appareils électroménagers, industries, *etc.*)⁸.

Radiofréquences

De fréquence allant jusqu'à 300 GigaHz, elles servent généralement à transmettre des informations à grande distance et sont à la base des télécommunications (émetteurs de radio et de télévision, téléphones mobiles et antennes relais, radars, *etc.*). Elles peuvent aussi servir à

des échauffements thermiques et sont utilisées dans les fours à micro-ondes et les plaques à induction culinaire. D'autres applications concernent les portiques de sécurité dans les centres commerciaux et les aéroports.

Ultraviolets

Ils sont issus du rayonnement naturel du soleil, ou du rayonnement artificiel, créé dans des cabines à ultraviolets utilisées à des fins thérapeutiques (traitement du psoriasis) ou esthétiques (bronzage). Selon la longueur d'onde des rayons, il est classique de subdiviser le rayonnement ultraviolet en ultraviolet A, B et C. Seuls les UVA et UVB parviennent à la surface du globe. Les UVC, très délétères, sont pour l'instant intégralement stoppés par la couche d'ozone mais ils pourraient devenir particulièrement problématiques au vu de la raréfaction de celle-ci. La qualité du rayonnement naturel n'est pas une constante et elle varie selon l'altitude (la quantité d'UVB est supérieure de 20 % à 1 500 mètres par rapport au niveau de la mer), la latitude, la saison, l'humidité, la pollution atmosphérique, l'heure

de la journée.

Sous nos latitudes, l'intensité du rayonnement la plus importante est observée quand le soleil est à son zénith (« heures solaires » soit entre 11h et 15h en été). Les UVA sont présents du lever au coucher du soleil alors que les UVB sont particulièrement présents aux heures solaires. Des facteurs, comme par exemple du sable, de la neige, ou des sols clairs favorisent la réflexion des UV tandis qu'un ciel nuageux diminue l'intensité des UV². Par contre, contrairement à une idée reçue, l'eau ne réfléchit que très peu les rayons du soleil (moins de 10 % de réverbération contre 80 % pour la neige fraîche et 15 % pour le sable)⁹. Elle participe par contre au rafraîchissement cutané et donc à une moins bonne perception des signes d'alarme signifiant que l'exposition a trop duré. Lors d'une exposition solaire sur une plage, ce sont 100 fois plus d'UVA qui sont reçus que d'UVB. Dans le cas des lampes solaires des cabines à ultraviolets, ce sont essentiellement des UVA qui sont utilisés.

Exposition et effets sur la santé

L'exposition aux rayonnements non ionisants est universelle dans la population, qu'il s'agisse des champs à très basse fréquence, des radiofréquences ou des ultraviolets⁴.

Champs d'extrêmement basse fréquence (EBF)

L'exposition aux EBF est particulièrement répandue dans les pays industrialisés, notamment en milieu urbain¹⁰. Elle devient plus importante à proximité des centrales électriques et en dessous des lignes à haute tension. Dans l'habitat, elle dépend de la distance aux lignes de transport, des nombres et types d'appareils électriques et de la position et de la configuration des conducteurs électriques intérieurs. Depuis une trentaine d'années, de nombreuses études sur les possibles effets sanitaires des EBF ont été menées. Le seul mécanisme d'action aujourd'hui connu est la création de courants induits à l'intérieur du corps humain (ceux dus aux EBF de l'environnement quotidien restant toutefois plus faibles que les courants circulant naturellement dans l'organisme)^{4,11}. La relation entre les EBF et des maladies cardiovasculaires, des troubles

de l'immunité, des troubles de la reproduction, la sclérose latérale amyotrophique, la maladie d'Alzheimer, ou encore la sécrétion de mélatonine, *etc.* a aussi été étudiée mais sans causalité établie. Ce ne sont aujourd'hui que des hypothèses de travail¹². Concernant le risque cancérigène, c'est en 1979 que pour la première fois, un doublement des risques de leucémie était observé chez des enfants dont les habitations étaient les plus exposées aux champs électromagnétiques¹³. Si cette observation s'est avérée par la suite fortuite par le fait d'erreurs méthodologiques, elle a cependant permis de soulever l'hypothèse d'un risque. Depuis, ce sont des centaines d'études, biologiques, épidémiologiques, toxicologiques, d'évaluation des risques, *etc.* qui ont été réalisées, en France et à l'étranger, sans que le débat ne soit clos aujourd'hui^{10,12}. La question de savoir si les champs EBF peuvent jouer un rôle dans le développement de certains cancers chez l'homme n'est pas réglée. Un consensus existe pour affirmer que l'ensemble des résultats ne permettent pas d'aboutir à une évaluation cohérente du risque. Les nombreux résultats sont trop

contradictoires et les critères habituellement retenus pour qu'une relation soit considérée comme causale ne sont pas réunis^{6,10}. D'un autre côté, les études menées ne permettent pas d'exclure complètement l'existence d'un danger⁶. En 2001, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé les expositions résidentielles d'enfants aux EBF comme cancérigènes possibles (groupe 2B), au même titre que le café ou les gaz d'échappement des moteurs à essence, c'est à dire dans la catégorie pour laquelle les indications animales ou épidémiologiques sont limitées ou insuffisantes¹¹. L'exposition résidentielle d'adultes ainsi que les champs électriques et magnétiques statiques sont considérés comme inclassables (groupe 3)¹⁴. Dernièrement, des revues de la littérature scientifique ont permis de dresser un état des lieux des connaissances^{7,15}. Il a ainsi été établi que, chez l'animal, le développement de tumeurs ou d'anomalies de la reproduction n'est pas favorisé par l'exposition aux EBF. Chez l'adulte, les études épidémiologiques ne montrent pas de risque accru de tumeur, ni de troubles cardiaque, neuropsychologique ou reproductif. Seule persiste chez l'enfant une interrogation, pour les leucémies, pour les plus hauts niveaux d'exposition^{7,15}. Au vu des données disponibles aujourd'hui, il apparaît que seule la problématique des champs magnétiques liée au risque de cancer mérite des études approfondies^{7,12}.

Radiofréquences

L'exposition est ubiquitaire, principalement en milieu urbain. Dans le cas des radiofréquences liées à la téléphonie mobile, l'exposition de l'utilisateur d'un téléphone mobile est bien plus importante que celle d'une personne vivant à proximité d'une antenne relais¹⁶. Le téléphone mobile, mis à part les signaux sporadiques utilisés pour garder le contact avec les antennes relais les plus proches, n'émet des radiofréquences que lors de communications. Les stations de base émettent, quant à elles, continuellement des signaux¹⁶. Actuellement, les études scientifiques montrent que s'il existe un risque, compte tenu des niveaux d'exposition constatés, celui-ci aurait trait aux téléphones et non aux antennes relais^{4,17,18}. En termes d'exposition, il convient de rappeler par exemple que la tour Eiffel, avec ses émetteurs de télévision, représente une puissance analogue

à celle de toutes les stations de base françaises réunies^{17,19}.

Concernant l'impact sanitaire, il est usuel de différencier les effets biologiques (effets directs sur les cellules), des effets sanitaires. A ce jour, les effets biologiques observés sont non thermiques. Les seuls effets sanitaires qui évoquent un risque le sont à des niveaux thermiques. En effet, à de fortes intensités et pour de longues expositions, les radiofréquences engendrent un échauffement des tissus humains. L'échauffement peut alors se traduire par une brûlure. Mais seuls de rares cas ont été observés devant des radars d'avion ou de manière accidentelle devant des émetteurs radio de forte puissance²⁰. L'utilisation d'un téléphone mobile peut toutefois s'accompagner d'une perception de chaleur²¹. Mais le transfert thermique n'est pas significatif, parce qu'essentiellement dû à la chaleur conduite par le téléphone et non pas dû à l'absorption du rayonnement²². En parallèle, des hypothèses de travail sur de possibles effets biologiques non thermiques, tels que l'augmentation de la perméabilité de la barrière hémato-encéphalique, l'activation des protéines de choc thermique, l'action sur le sommeil paradoxal, *etc.* ont été émises pour de bas niveaux d'exposition. Les effets étant encore aujourd'hui sporadiques et assez mal connus, ces hypothèses restent à l'étude⁴.

Les études portant sur les radiofréquences liées aux émissions de radio et de télévision auxquels tout un chacun est exposé en continu depuis des décennies n'ont rien démontré²³. Il en est de même concernant les ondes émises par la téléphonie mobile et leurs antennes relais, d'introduction plus récente. Sur ce dernier point, les rapports récents de trois groupes d'experts réunis en France en 2001, 2003 et 2005 concluent à ce jour sur l'absence d'éléments convaincants en faveur d'effets sanitaires des radiofréquences liés à la téléphonie mobile^{19,24,25}. Cette conclusion fait également l'unanimité des rapports d'expertise publiés au niveau international. En fait aujourd'hui, seule la possibilité d'effets à caractère psychosomatique, pouvant être très gênants et provenant de la crainte de voir la santé altérée est reconnue par un bon nombre d'experts²³. Pour ce qui est des tumeurs, l'existence d'un risque n'est pas démontrée à ce jour, mais il est convenu que le recul demeure encore insuffisant pour écarter cette possibilité. L'étude épidémiologique multicentrique Interphone,

menée dans 13 pays (dont la France) entre 2001 et 2004, qui étudie l'impact de l'usage du téléphone mobile sur les tumeurs du cerveau, devrait permettre de qualifier et de quantifier ce risque, s'il existe. Ses résultats sont attendus dans le courant de l'année 2006. Notons toutefois que dans le cadre du téléphone mobile, deux risques sanitaires ont été identifiés avec certitude. Le premier concerne l'utilisation du téléphone lors de la conduite, qu'elle soit à bord d'une voiture, d'une moto ou d'un vélo, avec ou sans usage de kit mains-libres, et qui constitue un danger réel d'accident (risque multiplié par quatre). Le second concerne le risque d'interférence avec les stimulateurs cardiaques («pacemakers») et d'autres appareils médicaux implantés (autopompes à insuline) pour lesquels des filtres ont été mis en place depuis 1999.

Ultraviolets

L'ensemble de la population est exposé lors des activités extérieures et notamment les professions exerçant une activité en plein air. En population générale, l'exposition dépend aussi de facteurs comportementaux : évolution du mode de vie et des loisirs, développement du bronzage artificiel, *etc*⁴. Soixante-dix pour cent de l'exposition totale au soleil pendant une vie humaine, se fait avant 17 ans²⁶. L'exposition aux UV artificiels est assez méconnue et reste très parcellaire en France. Les sources provenant de l'industrie sont très limitées²⁷. Signalons que les cabines à ultraviolets artificiels ont les mêmes effets biologiques sur la peau que les ultraviolets naturels. Les effets du rayonnement solaire dépendent de l'intensité du rayonnement, de la fréquence, de la durée des expositions et des phototypes* des individus²⁷. Il existe en effet une grande variabilité individuelle dans les effets du soleil sur la peau. Si des sujets, à peau claire, blond ou roux (phénotype 1) ont un risque élevé de coups de soleil et plus tard de vieillissement cutané, voire de cancer, les sujets à peau plus foncée n'ont que très rarement des coups de soleil et également beaucoup plus rarement de cancers cutanés². Chaque individu dispose d'un «capital soleil» donné pour la vie à la naissance. Ce capital permet à chacun de lutter contre une quantité déterminée d'ultraviolets tout au long de sa vie. Lorsque le capital est épuisé, la peau ne peut plus se protéger contre les agressions du soleil, et les cellules endommagées ne peuvent plus être réparées. Les effets biologiques du rayonnement

solaire sont nombreux. On peut citer des effets bénéfiques tels qu'une action anti-rachitique par synthèse de vitamine D, une action anti-dépressive, mais aussi des effets délétères tels que l'action calorifique (rougeur et coup de soleil), la pigmentation retardée (bronzage), l'épaississement de l'épiderme, des actions sur l'œil (ophtalmie des neiges, inflammation de la cornée et de la conjonctive provoquant ou accélérant l'apparition de cataractes) et des actions mutagènes et cancérogènes^{9,28}. Notons que si le bronzage ne correspond pas à un effet délétère direct, il répond toutefois à un phénomène naturel de protection de la peau suite à une exposition au risque à long terme et il ne doit donc pas être considéré comme sans danger. Des mécanismes d'immunodépression ont aussi été montrés. Les UV seraient donc susceptibles d'augmenter le risque de maladies infectieuses et de réduire l'efficacité des vaccins²⁹. Il est reconnu aujourd'hui que les UVA peuvent être aussi agressifs que les UVB, reconnus comme tels depuis longtemps. Les conséquences sanitaires les plus graves reposent principalement sur les coups de soleil, le vieillissement cutané et l'apparition de cancers cutanés.

Le coup de soleil (érythème)

Il est lié à un effet phototoxique superficiel des UVB et survient quelques heures après une exposition intense. Le sujet ressent une sensation de cuisson voire de brûlure. Il peut avoir des effets importants et graves, en particulier chez les nourrissons².

Le vieillissement cutané (héliodermie)

Il est le premier effet chronique d'expositions prolongées et exagérées au soleil. Il se manifeste 10 ou 20 ans après les irradiations et se traduit par l'apparition de rides profondes, de troubles de la pigmentation (apparition de taches de couleur sur le dos des mains et le visage, dénommées "fleurs de cimetière" ou "taches séniles"), d'un épaississement de l'épiderme, d'une atrophie et d'une perte de souplesse et d'élasticité du derme. Il est proportionnel à la dose d'UV reçue pendant l'ensemble de la vie et les dégâts sont irréversibles.

Les cancers cutanés

Les deux cancers les plus rencontrés sont le carcinome et le mélanome. Dans les pays développés, l'incidence du mélanome a doublé

tous les dix ans au cours des trente dernières années avec pour principal facteur de risque identifié, l'exposition aux ultraviolets, en particulier dans l'enfance (avant 15 ans)⁴. Toutefois, des prédispositions individuelles existent telles que les antécédents familiaux et la présence d'un grand nombre de grains de beauté (plus de 50)³⁰. La mortalité due au mélanome a doublé en 20 ans. La fréquence des cancers cutanés augmente avec l'âge traduisant l'épuisement du «capital soleil». Les carcinomes restent localisés, sans atteinte ganglionnaire. Les mélanomes peuvent conduire à des métastases par atteinte ganglionnaire. La

région Rhône-Alpes connaît, comme la France, une augmentation importante du nombre annuel estimé de nouveaux cas de mélanomes.

D'après les estimations du réseau des registres des cancers en France (FRANCIM), en Rhône-Alpes, c'est 676 (273 hommes, 403 femmes) cas de mélanomes qui ont été diagnostiqués en 2000 contre 499 (197 hommes, 302 femmes) en 1995, soit une augmentation de plus de 35 % en 5 ans. L'incidence est plus importante chez les femmes. Entre 1999 et 2001, le mélanome a été responsable en moyenne chaque année de 102 décès dans la région, les hommes mourant davantage que les femmes.

Le mélanome est une tumeur maligne qui se développe à partir de cellules appelées « mélanocytes », que l'on trouve principalement au niveau de la peau. Il se présente sous la forme d'une lésion pigmentée qui apparaît sur la peau ou qui se développe à partir d'un nævus («grain de beauté») préexistant (ce dernier cas n'étant pas majoritaire). Il apparaît assez fréquemment sur le tronc chez l'homme et sur les jambes chez la femme, mais il peut toucher n'importe quelle zone du corps. Le mélanome est la plus grave des tumeurs cutanées, notamment en raison de son très grand potentiel métastatique. Quelques millimètres cubes de tumeur peuvent entraîner une dissémination métastatique diffuse rapidement mortelle. C'est un cancer guérissable à condition d'être diagnostiqué précocement, lorsque la tumeur n'est pas trop épaisse et que son développement reste local (c'est-à-dire sans métastase). Dans ce cas, la chirurgie reste le seul traitement permettant la guérison des patients. Il consiste en l'éradication chirurgicale de la lésion, avant la dissémination. Les récurrences tardives (après dix ans) sont possibles, c'est pourquoi une surveillance régulière est indispensable chez les personnes ayant eu un mélanome. En revanche, une fois les métastases apparues, aucune thérapeutique n'a montré d'efficacité sur la survie globale des patients. Cette absence de traitement curatif des formes avancées de mélanome rend d'autant plus indispensable le développement des mesures préventives et de l'incitation au diagnostic précoce.

Source : Extrait du document de l'Institut national du cancer (INCa). Campagne de prévention du mélanome, été 2005³⁸.

Aspects réglementaires

Champs électromagnétiques

- Recommandation européenne n°1999/519/CE du 12 juillet 1999 relative à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (de 0 Hz à 300 GHz).

La recommandation reprend les mêmes valeurs que celles prônées en 1998 par le Comité international de protection contre les radiations non ionisantes (ICNIRP) et elle donne les niveaux de référence « *afin de garantir un haut niveau de protection de la santé* » dans les zones où le public passe un temps significatif ou lorsque la durée d'exposition est significative.

- Circulaire interministérielle du 16 octobre 2001 relative à l'implantation des antennes relais de radiotéléphonie mobile.
- Décret n°2002-775 du 3 mai 2002 pris en application de l'article L.32 du code des

postes et télécommunications, relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunications ou par les installations radioélectriques.

- Arrêté du 3 novembre 2003 modifié relatif au protocole de mesure in situ visant à vérifier pour les stations émettrices fixes le respect des limitations, en termes de niveau de référence, de l'exposition au public aux champs électromagnétiques, prévu par le décret du 3 mai 2002.

Ultraviolets

- Décret n° 97-617 du 30 mai 1997, relatif à la vente et à la mise à disposition du public de certains appareils de bronzage utilisant des rayonnements ultraviolets.

Il définit les conditions de vente et de mise à disposition du public des différents types d'appareil au sens de la norme NF EN 60335-2-27. Il impose également la présence d'un personnel qualifié dans les établissements, l'information des utilisateurs sur les risques liés à une exposition aux rayonnements ultraviolets, la déclaration des installations auprès de la préfecture du département et un contrôle technique régulier des appareils par un organisme agréé.

Ce décret comporte deux arrêtés d'application :

- l'arrêté du 10 septembre 1997 relatif à la formation du personnel utilisant des appareils de bronzage UV mis à la disposition du

public;

- l'arrêté du 9 décembre 1997 qui fixe les conditions d'agrément des organismes chargés du contrôle technique et précise l'organisation du contrôle technique.
- La circulaire n°2002-486 du 16 septembre 2002 relative au guide technique du contrôle des installations de bronzage, réalisé par les organismes agréés.

Adressée à tous les services départementaux des affaires sanitaires et sociales (DDASS) et de la consommation, de la concurrence et de la répression des fraudes (DDCCRF), elle précise les conditions d'exécution du contrôle technique des installations.

Gestion des risques

Pour les radiofréquences et les ultraviolets, que les risques sanitaires soient incertains ou établis, la gestion des risques repose sur des mesures de prévention dont l'application vise à éviter ou diminuer les expositions, en vertu du principe de précaution ou du principe d'attention. Pour les basses fréquences, aucune précaution particulière ne s'impose.

Champs d'extrêmement basse fréquence

Aujourd'hui, l'existence d'un effet des EBF sur la santé n'est pas exclu, même si aucun mécanisme crédible n'a été mis en évidence depuis 25 ans. Le constat est que le risque suspecté est indétectable, non observable et non quantifiable et que s'il existe, il est à la limite du bruit de fond et des possibilités de l'épidémiologie^{6,7}. Aussi, dans les conditions habituelles de la vie quotidienne, aucune précaution particulière ne s'impose. Des effets dommageables pourraient intervenir dans des conditions qui sortent de l'ordinaire si l'on était soumis à des champs beaucoup plus importants qu'à l'habitude. Mais dans la vie courante, les champs rencontrés sont très nettement inférieurs aux valeurs recommandées par l'ICNIRP et de l'Union européenne⁵. Là où il existe des sources d'exposition à des champs EBF élevés, leur accès est généralement interdit au public par des barrières ou des clôtures, de sorte qu'aucune mesure de protection supplémentaire n'est nécessaire. Les objets de grande dimension constitués de matériaux conducteurs, comme les grilles, barrières ou autres structures métalliques, installées de façon permanente à

proximité de lignes électriques à haute tension sont mis à la terre pour éviter que des personnes qui s'en approcheraient ou les toucheraient, ne ressentent de choc désagréable³. Pour les lignes haute tension, les décisions concernant leur implantation doivent souvent prendre en compte l'aspect esthétique et les préoccupations du public. Un dialogue ouvert et une bonne communication entre l'exploitant du réseau électrique et le public au stade de la planification contribuent à améliorer la compréhension de la population et à mieux faire accepter les nouvelles implantations³.

Les champs à basse fréquence ne poseraient donc pas des problèmes de santé publique mais plutôt des problèmes méthodologiques de recherche. Si l'épidémiologie a atteint ses limites, les avancées de la connaissance reposent désormais plus sur la recherche biologique et sur de nécessaires approfondissements de la connaissance : la contribution des différentes sources aux EBF, l'exposition des populations, la surveillance des populations d'enfants avec mesure rigoureuse de leur exposition moyenne, une meilleure métrologie des expositions et l'évaluation du coût-bénéfice des mesures d'évitement, une meilleure information des populations⁷.

Radiofréquences

En l'état des connaissances scientifiques actuelles, les radiofréquences ne seraient pas nocives pour la santé aux niveaux habituellement rencontrés dans l'environnement public²³. Il en est de même concernant les

radiofréquences utilisées dans le cadre de la téléphonie mobile, aucune étude n'a à ce jour établi scientifiquement leur nocivité. Toutefois, cette technologie étant récente, les études épidémiologiques manquent de recul et les risques recherchés sont suspectés faibles. Les études sont dotées d'insuffisances liées à des difficultés de mesure des expositions, à de faibles puissances statistiques et elles atteignent des limites méthodologiques qui contraignent les auteurs à conclure avec réserve. Aussi, dans l'attente de résultats fiables et répliqués, et en vertu des principes d'attention* et de précaution*, il est recommandé de réduire l'exposition de chacun aux radiofréquences. Des mesures simples «d'évitement prudent» sont ainsi préconisées¹⁹ :

- Éviter les endroits de mauvaise réception tels que les lieux clos (ascenseurs, train) ;
- Éviter de téléphoner lors de déplacements (pied, train, voiture) et particulièrement lors de déplacements à grande vitesse (train, autoroute) car le changement fréquent de cellule (antenne relais) provoque la répétition de pics de puissance ;
- Privilégier l'utilisation d'un kit mains-libres (oreillette) qui éloigne le téléphone mobile de la tête ;
- Tenir le combiné à distance de la tête dans les premières minutes de sa connexion au réseau ;

- Prêter attention à certaines parties du corps : gardez le téléphone mobile éloigné des zones sensibles telles que les parties génitales pour les adolescents et péri-ombilicales pour les femmes enceintes ;
- Privilégier l'utilisation de téléphones fixes ;
- Pour les personnes équipées d'un stimulateur cardiaque, positionner le combiné téléphonique à distance d'au moins 15 centimètres du pacemaker.

Pour les fabricants de téléphones mobiles, des mesures ont aussi visé à réduire les niveaux d'exposition au plus bas niveau compatible avec la qualité des services. Différentes méthodes ont été établies pour mesurer les niveaux de champs émis par les équipements radioélectriques et des règles pratiques ont été préconisées concernant l'installation des antennes. Les trois opérateurs français de téléphonie mobile se sont alors engagés sur trois principes communs³¹ :

- Le principe de prévention* : respect des restriction de base sur les mobiles et respect des valeurs de référence pour les antennes relais ;
- Le principe de précaution : fourniture de kits-piétons dans tous les coffrets commercialisés par les opérateurs depuis 2000 ;
- Le principe d'attention qui passe par l'information, la communication et la rédaction de chartes.

Comprendre l'exposition aux radiofréquences

Dans le cas de l'usage d'un téléphone mobile (<<http://www.afsse.fr/>>)

Le niveau d'émission d'un téléphone mobile est maximum au début de la liaison téléphonique, que ce soit en émission ou en réception, puis la puissance décroît rapidement jusqu'à un plateau qui est fonction des conditions de réception (puissance maximale lors de mauvaises conditions de liaison). L'utilisation d'un kit mains-libres est donc particulièrement justifiée lors d'appels de courte durée, très fréquents. En pratique, on peut aussi attendre de voir sur l'écran de son terminal que la communication est établie avant de coller le téléphone à son oreille (il faut savoir qu'entre son niveau maximal et minimal, la puissance d'émission d'un téléphone mobile peut être divisée par mille et vice-versa).

Dans le cas des antennes relais (<<http://www.afsse.fr/>>)

Chaque antenne relais couvre une portion de territoire constituant une «cellule» dont le rayon varie de quelques centaines de mètres en zone urbaine à plusieurs kilomètres en zone rurale. Le public n'est jamais à proximité immédiate des antennes qui sont toujours situées à plusieurs mètres du sol. Leur rayonnement s'effectue pratiquement à l'horizontale (légère inclinaison) et non à la verticale. Le niveau du champ électromagnétique est quasiment nul au pied de l'antenne. Il augmente progressivement avec la distance, passe par un maximum vers 200 mètres pour ensuite diminuer considérablement. Pour assurer un trafic plus important, les antennes sont plus nombreuses en ville, où le nombre d'utilisateurs est plus important qu'en rase campagne. En revanche, leur puissance est réduite (le périmètre est plus faible). La densification des relais en zone urbaine permet d'éviter les phénomènes de saturation. Leur zone de couverture est ainsi réduite et en conséquence leur puissance d'émission peut être réduite. A l'inverse, dans les zones faiblement peuplées, les antennes installées doivent être plus puissantes. L'objectif étant de réduire le plus possible le niveau moyen d'exposition de la population en maintenant une couverture satisfaisante, l'éloignement des stations de base des utilisateurs ne constitue pas une bonne solution, au contraire. En effet, le processus automatique d'ajustement optimal de la qualité de la communication téléphonique conduirait à augmenter la puissance des antennes relais et celle des téléphones mobiles. Cela augmenterait donc l'exposition moyenne de la population, ce qui est le contraire de l'objectif recherché.

Le 17 décembre 2003, un Plan « Téléphonie mobile » piloté par le ministère en charge de la santé a été mis en place autour de 3 objectifs³² :

- Développer les recherches et établir une veille technologique ainsi qu'un suivi des populations se sentant affectées par ces champs électromagnétiques ;
- Renforcer la réglementation afin de mieux contrôler les expositions par l'extension du champ de compétence de l'Agence nationale des fréquences (ANFr) ; renforcer les exigences de conformité des téléphones portables aux normes techniques permettant de limiter l'exposition ; rendre obligatoire l'information des collectivités locales sur la présence de stations relais de téléphonie mobile ; permettre aux préfets d'exiger des mesures des champs électromagnétiques générés par les stations relais, aux frais des opérateurs ;
- Assurer la transparence par le renforcement de l'information des collectivités locales et de la population.

Enfin, récemment, suite aux propositions d'un rapport parlementaire prônant la mise en œuvre d'une veille scientifique dans le domaine, une Fondation « santé et radiofréquences », placée sous l'égide de l'Institut de France et totalement indépendante des opérateurs de téléphonie mobile, a été créée¹⁷. Cette Fondation est chargée d'orienter les recherches scientifiques, d'en communiquer les résultats et de répertorier chaque année les financements disponibles issus de l'Association française des opérateurs de mobiles (AFOM) et des pouvoirs publics.

Ultraviolets

S'il apparaît que la population est dans l'ensemble correctement informée sur les méfaits des ultraviolets, elle n'en modifie pour autant que très lentement ses habitudes. La prévention du rayonnement solaire passe par une attitude qui repose sur l'abstention d'expositions volontaires prolongées, l'utilisation de la photoprotection vestimentaire et le bannissement du bronzage artificiel³⁰. Il faut avoir recours à des écrans solaires lorsque aucun autre moyen de protection n'est utilisable. Et il convient alors de réduire la durée d'exposition au soleil plutôt que de la prolonger. Bien que la préférence aille à certaines applications locales d'écrans (produits topiques de protection) solaires pour bloquer les UVB,

certaines de ces préparations n'absorbent pas efficacement les UVA, dont la longueur d'onde est plus grande. Les produits antisolaires doivent être choisis de manière à ce qu'ils filtrent avec la même efficacité les UVA et les UVB²⁶. Et il faut savoir que la disparition de coups de soleil grâce à l'utilisation de produits antisolaires n'assure pas de réduction équivalente du vieillissement de la peau et du risque de cancer. Les personnes qui utilisent des écrans solaires doivent donc choisir ceux qui ont un facteur de protection élevé et se rappeler qu'ils ne sont pas conçus pour les aider à bronzer sur de longues expositions mais bien pour les protéger du soleil²⁹.

Pour une bonne prévention du mélanome, il est primordial de respecter une grande prudence dans l'exposition au soleil des enfants de moins de quinze ans.

Depuis 1998, une journée de sensibilisation et de dépistage gratuit est organisée à l'initiative du Syndicat national des dermatologues³⁴. Lancé en 2003, le Plan national cancer prévoit d'améliorer les conditions de détection précoce du mélanome et de développer des campagnes d'information sur le risque d'exposition solaire des petits enfants³⁴. En 2005, pour la seconde année, l'Institut national du cancer (INCa) a lancé une campagne de prévention du mélanome lié à l'exposition solaire pendant l'enfance. Elle vise une prise de conscience des risques et l'acquisition de réflexes simples de protection auprès des parents et des enfants.

Concernant le rayonnement UV reçu à l'occasion de séances de bronzage, il est établi qu'il peut significativement s'ajouter au rayonnement naturel et ainsi contribuer à la photocarcinogénèse cutanée. Il est par conséquent recommandé de ne pas s'exposer aux UV artificiels. Les autorités sanitaires ont un rôle important à jouer en encourageant l'abandon des séances d'exposition aux UV artificiels, au moins dans les lieux d'exercice physique qu'elles contrôlent (piscines, salles de sport, etc.)²⁷. A ce titre, l'Académie nationale de médecine déconseille formellement l'usage de cette pratique et regrette que l'encadrement de ces expositions par des dispositions réglementaires soit susceptible de donner aux consommateurs une fausse impression de sécurité. L'Académie demande que les pouvoirs publics renforcent leurs mises en garde, qui doivent être extrêmement précises et présentées aux usagers avant toute exposition, par

affichage obligatoire dans le centre de bronzage. Elle engage aussi vivement toute personne désirant, malgré toutes ces réserves, utiliser de tels rayonnements, à se faire suivre médicalement de manière régulière durant plusieurs dizaines d'années³³.

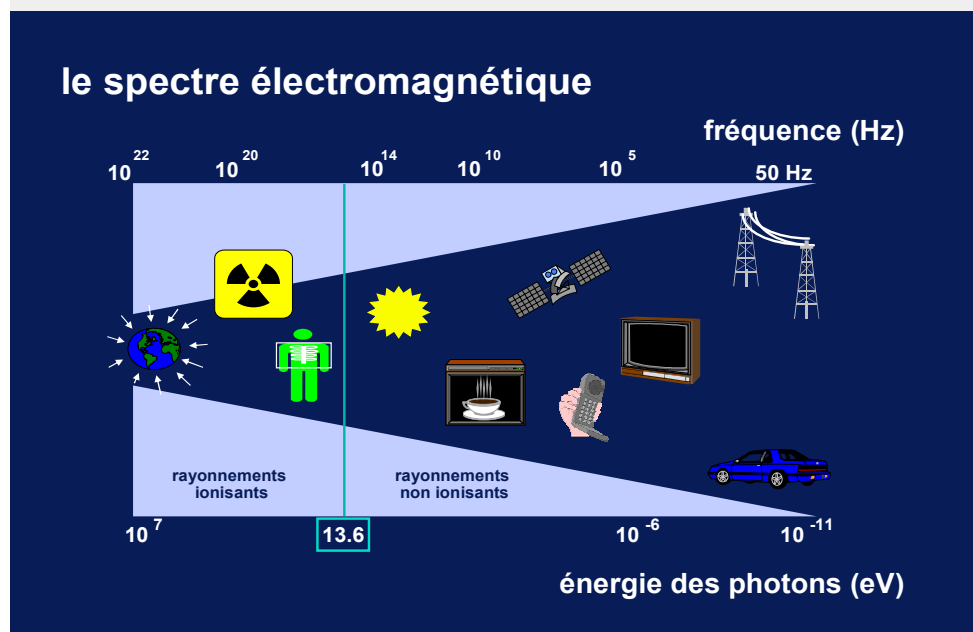
Enfin, il est primordial de garder en mémoire que les expositions solaires doivent être progressives, le fait de bouger ne diminue pas les risques, et il faut se méfier de la réflexion de la neige, du sable de l'altitude.

L'Organisation mondiale de la santé et un rapport d'experts sur les risques des ultraviolets préconise des messages de base pour la protection solaire^{9,27,28,29}.

- Limiter l'exposition au milieu de journée (11h-15h) ;
- Rechercher l'ombre ;
- Porter des vêtements protecteurs ;
- Porter un chapeau à larges bords pour protéger les yeux, le visage et le cou ;
- Protéger les yeux en portant des lunettes de soleil d'une forme bien enveloppante ou munies de protections latérales ;
- Choisir des crèmes anti-solaires d'indices adaptés (facteur de protection d'au moins 15) et les appliquer toutes les 2 heures en été, toutes les heures en montagne ;
- Ne pas exposer les nourrissons et les jeunes enfants ;
- Éviter les médicaments photosensibilisants ;
- Utilisation déconseillée des lits de bronzage pour les moins de dix-huit ans.

Indicateurs & annexes

1. Le spectre électromagnétique



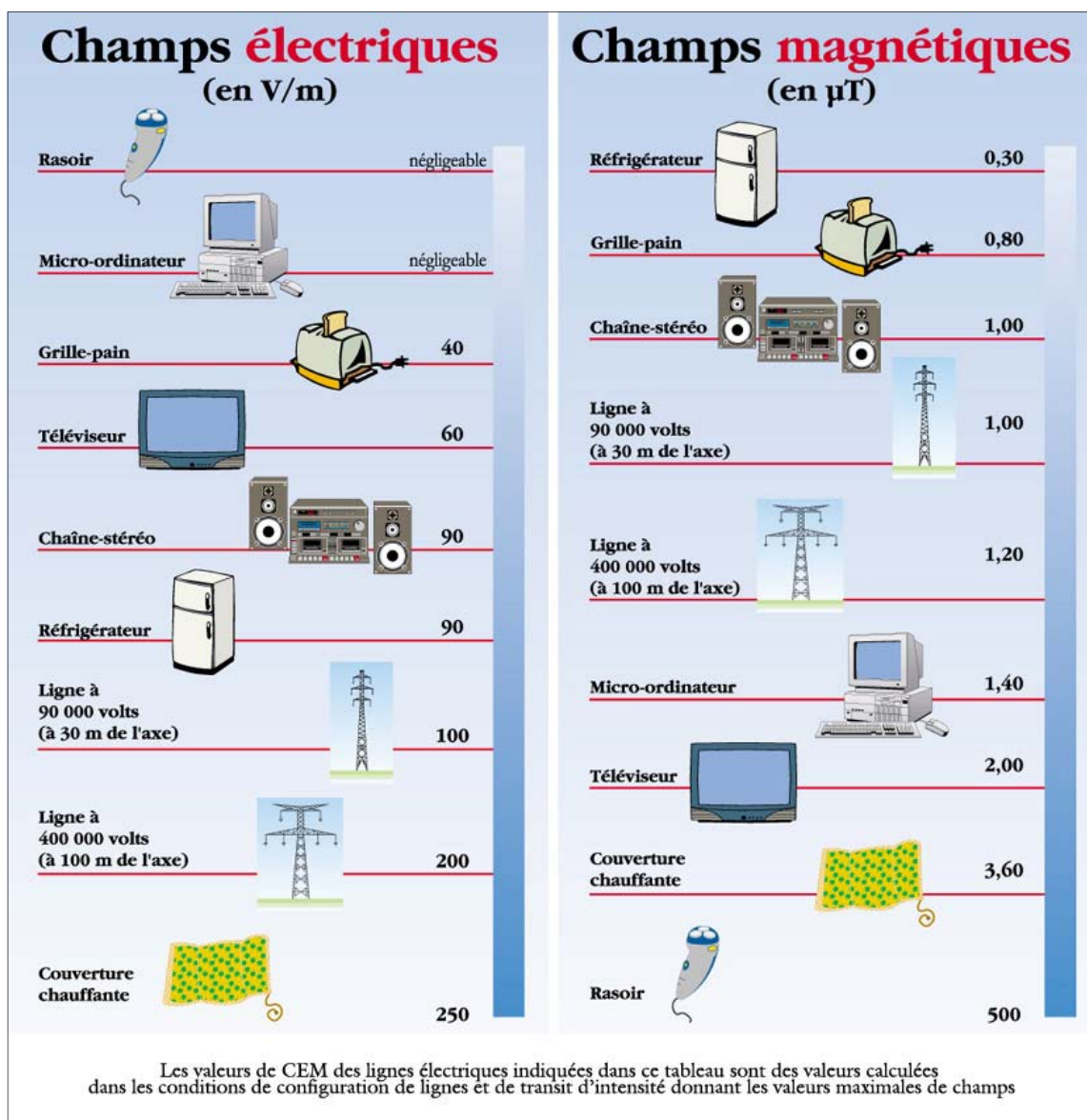
► Exemples de champs d'application des ondes électromagnétiques en fonction de leur fréquence

Fréquence/ Longueur d'onde (μm)	Gamme	Exemples d'application
0 Hz	Champs statiques (non électromagnétiques)	Électricité statique Imagerie par résonance magnétique (IRM)
50 Hz	Extrêmement basse fréquence (ELF)	Lignes électriques et courant domestique
20 KHz	Fréquences intermédiaires	Écrans vidéo, plaques à induction culinaire
88—107 MHz	Radiofréquences	Radiodiffusion FM
300 MHz—3 GHz	Radiofréquences micro-ondes	Téléphonie mobile
	400—800 MHz	Téléphonie analogique, télévision
	900—1800 MHz	GSM (standard européen)
	1900 MHz —2,2 GHz	UMTS (standard Téléphone-Internet)
3—100 GHz	Radars	
10^2 — 10^5 GHz	Infra-rouge	Détecteurs anti-vol, télécommandes
10^5 — 10^6 GHz = 0,8—0,4 μm	Visible	Lumière, laser
0,4— 10^{-1} μm	Ultraviolets	Soleil, photothérapie
10^{-1} — 10^{-2} μm	Rayons X	Radiologie
10^{-2} μm et moins	Rayons gamma	Physique nucléaire Médecine nucléaire

Source : Ministère de l'emploi et de la solidarité. « Les téléphones mobiles, leurs stations de base et la santé »¹⁹.

Un KiloHertz = 1 000 Hertz / Un MégaHertz = 1 MHz = 1 000 000 Hertz / Un GigaHertz = 1 GHz = 1 000 000 000 Hertz

► Ordre de grandeur des champs électriques et magnétiques générés dans l'environnement quotidien



Source : EDF—RTE⁵ et Deschamps F. « L'environnement électromagnétique à basse fréquence »⁸.

Il s'agit de valeurs maximales mesurées à 30 cm, sauf pour les appareils qui impliquent une situation rapprochée.

► Champs électrique et magnétique générés par un appareil domestique



Source : EDF—RTE⁵ et Deschamps F. « L'environnement électromagnétique à basse fréquence »⁸.

2. Cancérogénicité des rayonnements non ionisants

► Exemples d'agents cancérogènes pour l'homme (en gras, les rayonnements non ionisants)

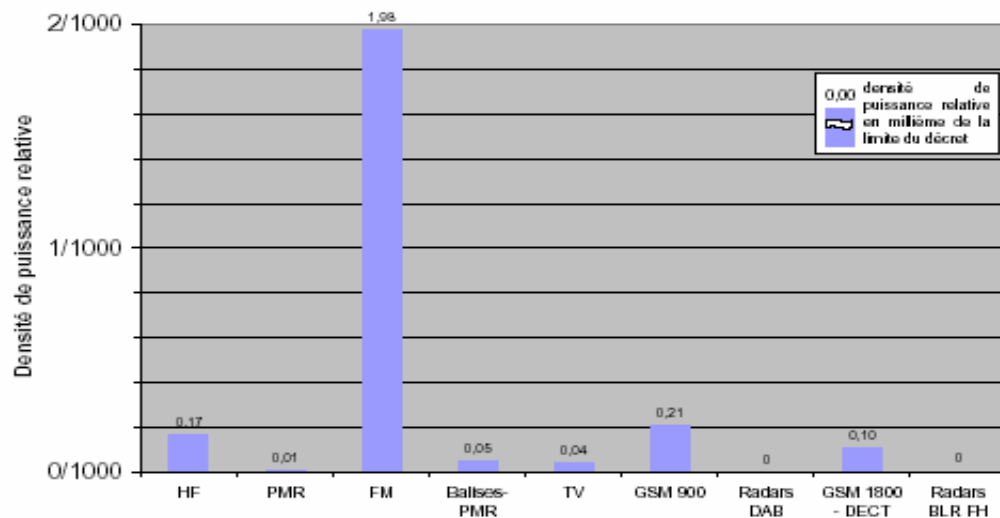
Groupe (900 agents analysés)	Données requises pour le classement dans le groupe	Exemples
Groupe 1 : l'agent (le mélange) est cancérogène pour l'homme (95 agents)	Indications épidémiologiques suffisantes	Boissons alcoolisées / Amiante Benzène / Radon / Tabac Rayons X et gamma Lumière du soleil
Groupe 2A : l'agent (le mélange) est probablement cancérogène pour l'homme (66 agents)	Indications épidémiologiques limitées ou insuffisantes et Indications animales suffisantes	Gaz d'échappement des moteurs diesel / Formaldéhyde / PCBs / Lampes solaires Rayons UV
Groupe 2B : l'agent (le mélange) est peut-être cancérogène pour l'homme (241 agents)	Indications épidémiologiques limitées et Indications animales insuffisantes OU Indications épidémiologiques insuffisantes et Indications animales suffisantes	Gaz d'échappement des moteurs à essence / Chloroforme / Styrene Céramique et fibres de verre Café / Légumes marinés / Essence Champs électromagnétiques de basse fréquence (ELF)
Groupe 3 : l'agent (le mélange) ne peut pas être classé quant à sa cancérogénicité pour l'homme (497 agents)	Indications épidémiologiques insuffisantes et Indications animales insuffisantes ou limitées OU agent inclassable dans les autres groupes	Caféine / Thé / Poussière de charbon / Carburant diesel / Mercure Lumière fluorescente Champs électriques Champs magnétiques statiques
Groupe 4 : l'agent n'est probablement pas cancérogène pour l'homme (1 agent)	Absence de cancérogénicité chez l'homme ainsi que chez l'animal	Caprolactame

Source : NIEHS¹⁴ et les monographies du Centre international de recherche sur le cancer (Circ) : <http://monographs.iarc.fr/>.

En juin 2001, un groupe de travail du CIRC, réunissant des spécialistes scientifiques, a examiné les études portant sur le pouvoir cancérogène des champs électriques et magnétiques ELF et statiques.

En faisant appel à la classification standardisée du CIRC qui évalue les faits chez l'homme, l'animal et au laboratoire, les champs magnétiques ELF ont été classés comme peut-être cancérogènes pour l'homme d'après les études épidémiologiques portant sur la leucémie chez l'enfant. Les données pour les autres types de cancer chez l'enfant et l'adulte, ainsi que d'autres types d'exposition (les champs statiques et les champs électriques ELF) sont considérées comme non classables en raison de l'insuffisance ou de la discordance des données scientifiques¹¹.

3. Mesure des radiofréquences à l'extérieur des bâtiments en 2004



Source : Extrait du rapport de l'AFSSE « Forum aux questions téléphonie mobile »²³ et Agence nationale des fréquences (ANFR), 2004³⁵.

Les mesures faites depuis plusieurs années montrent qu'à l'extérieur des bâtiments les ondes émises par les émetteurs de radio en modulation de fréquence (FM) dominent les autres services en affichant une exposition moyenne à 2/1000^{ème} de la valeur limite en termes de densité de puissance*. Suivent ensuite les services HF (haute fréquence) et la téléphonie mobile (GSM 900 et GSM 1800) qui affichent une exposition moyenne comprise entre 0,10 et 0,20/1000^{ème} de la valeur limite. Les ondes de télévision ne sont qu'à 0,04/1000^{ème} de la valeur limite.

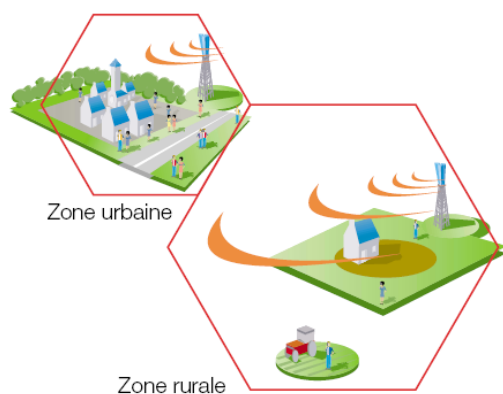
Ces valeurs sont des moyennes nationales établies à partir de séries de mesures réalisées essentiellement à proximité de stations de base. Les valeurs mesurées sont susceptibles de varier fortement en fonction de la proximité d'un émetteur de forte puissance.

A l'intérieur des bâtiments, les mesures faites à proximité des stations de base montrent pour les principaux services, la FM à nouveau, le GSM 900 et 1800, des densités de puissance se situant approximativement entre 0,10 et 0,20/1000^{ème} de la valeur limite.

4. Les antennes relais de téléphonie mobile (ou stations de base)

Le téléphone mobile transforme la voix en champs électromagnétiques qui se propagent par l'intermédiaire de l'antenne du téléphone jusqu'à une antenne relais. Le signal est ensuite transmis par le réseau jusqu'au correspondant.

► Les différents types d'antennes relais

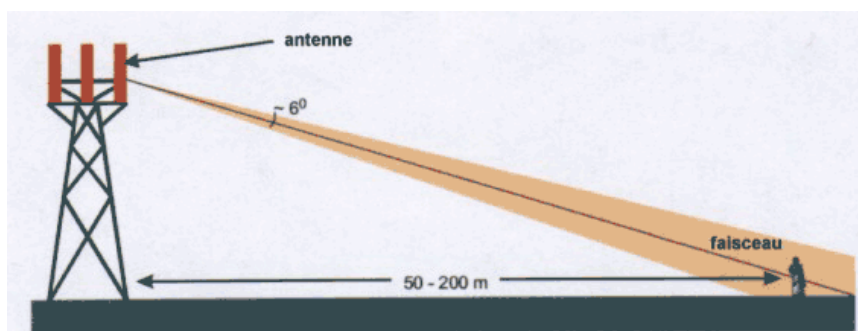


Selon le territoire couvert et la densité des communications transmises, on distingue :

- Les stations macro cellulaires, les plus courantes. En milieu rural, leur puissance est élevée pour couvrir des zones étendues (10-30 km) sur un nombre limité de bandes de fréquence utilisateur. En milieu urbain, leur puissance est répartie sur de nombreuses bandes utilisateur dans un périmètre restreint (500 m).
- Les stations micro cellulaires ont une puissance moindre et sont utilisées pour couvrir des zones peu étendues de forte densité d'utilisateurs (gares ou centres commerciaux),
- Les stations pico-cellulaires sont installées à l'intérieur de bâtiments comme des bureaux.

Source : Extrait du document de l'Association des maires de France, « le maire et les antennes de téléphonie mobile »³⁶ et du rapport du ministère de l'emploi et de la solidarité, Direction générale de la santé, « les téléphones mobiles, leurs stations de base et la santé »¹⁹.

► Diffusion du faisceau électromagnétique depuis une antenne relais de type macrocellulaire



Le champ dans l'environnement des antennes se présente de la façon suivante :

- Strictement en face de l'antenne, le champ à une distance de 1 mètre d'une station micro-cellulaire est de 50 V/m. Les niveaux de référence fixés par la recommandation européenne 1999/519/ CE sont respectés au delà d'une distance de l'ordre de 1,5 m d'une station micro-cellulaire, et de 2,5 m d'une station macro-cellulaire.
- En arrière de l'antenne, une plaque métallique réfléchit complètement les champs émis dans cette direction. Une distance de 50 cm permet de garantir le respect des valeurs recommandées.
- Dès que l'on s'éloigne de l'axe de l'antenne en dessus ou en dessous (cas le plus courant, ces antennes étant habituellement disposées à une hauteur de 20 m environ), le champ est au maximum de 1 à 2 V/m au voisinage immédiat de la station. Le faisceau émis est directionnel ; légèrement incliné, avec une large ouverture horizontale de l'ordre de 90° à 120° et une faible ouverture verticale de quelques degrés, il n'atteint le sol qu'à une distance de l'ordre de 50 à 200 mètres selon la hauteur de l'installation et l'inclinaison de l'antenne (cf. schéma).

Sous le faisceau d'émission, à moins de 50-100 mètres des antennes, l'intensité des ondes est plus faible qu'à plus grande distance où l'on est dans le faisceau. Toutes les campagnes de mesure le confirment.

Source : Extrait du rapport du ministère de l'emploi et de la solidarité, « les téléphones mobiles, leurs stations de base et la santé »¹⁹.

Faut-il éloigner les antennes relais des habitations, des écoles et autres établissements "sensibles"²³?

Le rapport du groupe d'experts de l'Afssse rendu en février 2005 constate qu'il n'existe pas de données permettant de valider une proposition d'éloignement des antennes à distance de certains établissements, rejoignant en cela les auteurs d'un rapport récent au Royaume Uni. Pour autant, les préoccupations de nombreuses personnes sont réelles. Même si elles n'ont pas de fondement scientifique, il faut les entendre. C'est pourquoi l'avis que Afssse a adressé en 2003 au gouvernement et au Parlement sur ce sujet prônait un « principe d'attention ». Alors que le principe de précaution, désormais inscrit dans le Préambule de la Constitution, veut que l'on prenne des mesures de prudence en cas de possibles effets sanitaires sérieux, même en l'absence de preuve scientifique, le principe d'attention pourrait être défini comme le respect dû aux citoyens face à des questions sur lesquelles ils nourrissent des craintes, que ces craintes soient scientifiquement fondées ou non. L'Afssse recommande donc que les opérateurs assurent une véritable intégration des antennes dans le paysage urbain, et en particulier au voisinage des crèches et des écoles. Il faut que les parents cessent de les voir comme agressives et menaçantes puisqu'elles ne sont pas dangereuses pour la santé. À terme, toutes les antennes en milieu urbain ou à proximité immédiate d'habitations devraient être mieux intégrées, selon l'objectif fixé par le guide de bonnes pratiques signé entre l'Association des opérateurs mobiles et l'Association des Maires de France. Cela passe aussi par une meilleure transparence sur les programmes d'installation des antennes.

Connaître les emplacements des antennes relais et les résultats des mesures effectuées²³?

L'Agence Nationale des Fréquences (ANFR) répertorie toutes les antennes relais et tous les émetteurs de radiofréquences implantés en France, ainsi que les résultats des mesures de champs radioélectriques effectuées sur le site Internet www.cartoradio.fr. On peut consulter ce site pour connaître l'emplacement et les caractéristiques des antennes situées près de chez soi. En cas d'inquiétude sur le niveau du champ électromagnétique d'une antenne relais, les opérateurs de téléphonie mobile, dans le cadre du « Guide de bonnes pratiques » qu'ils ont signé avec l'Association des maires de France (AMF), se sont engagés à faire réaliser des mesures par des organismes indépendants sur demande écrite des élus ou des administrations. Ce Guide de bonnes pratiques est consultable sur le site Internet de l'Association des Maires de France : http://www.amf.asso.fr/basedocumentaire/upload/ftp/GuideAMFAFOM-19aout04_200409021.pdf

5. Effets sanitaires des ultraviolets

	Peau	Oeil	Système immunitaire
Effets aigus	Érythème Coups de soleil Bronzage Photosensibilisation Photoallergie Photodermatose	Photokératite Photoconjonctivite Kératopathie climatique en gouttelette Pinguécula Ptérygion	Immunosuppression
Effets chroniques	Éphélides (taches de rousseur) Nævi Lentigos solaires Télangiectasies solaires Kératose solaire Sénescence cutanée	Cataracte : relation soupçonnée pour la région corticale	

Source : Extrait de l'ouvrage : Gérin M. et al. Environnement et santé publique³⁷.

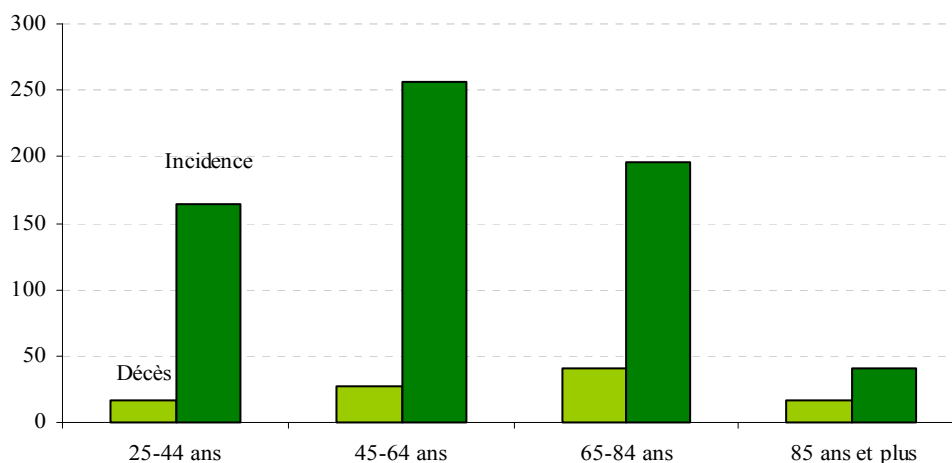
Il y a actuellement dans le monde quelque 20 millions de personnes qui sont aveugles du fait d'une cataracte et l'OMS estime que pour 20 % d'entre eux, cette cataracte pourrait être due à une exposition aux UV²⁹.

Il est prévu qu'une diminution de 10 % de la couche d'ozone stratosphérique entraînerait l'apparition de 1,6 à 1,75 millions de cas supplémentaires de cataracte par an dans le monde²⁸.

► Le mélanome

► Nombre de décès (moyenne 1999-2001) et incidence estimée (Francim 2000) du mélanome en Rhône-Alpes

L'incidence correspond au nombre de nouveaux cas apparus sur une période donnée.



Source : INSERM CépiDc, FRANCIM. Exploitation : ORS Rhône-Alpes

En Rhône-Alpes, entre 1999 et 2001, le mélanome a été responsable en moyenne chaque année de 102 décès. Il touche fréquemment des personnes relativement jeunes : parmi les 25-85 ans et plus, 64 % des nouveaux cas de mélanome sont diagnostiqués avant 65 ans et 44 % des décès surviennent avant cet âge.

► Incidence estimée du mélanome en Rhône-Alpes

	Nombre de nouveaux cas		Taux d'incidence moyen* standardisé sur la population européenne	
	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes
1980	71	128	3,23	4,92
1985	100	166	4,30	6,08
1990	138	223	5,50	7,69
1995	197	302	7,20	9,79
2000	273	403	9,41	12,50

Source : FRANCIM. Exploitation : ORS Rhône-Alpes.

* Taux pour 100 000 personnes.

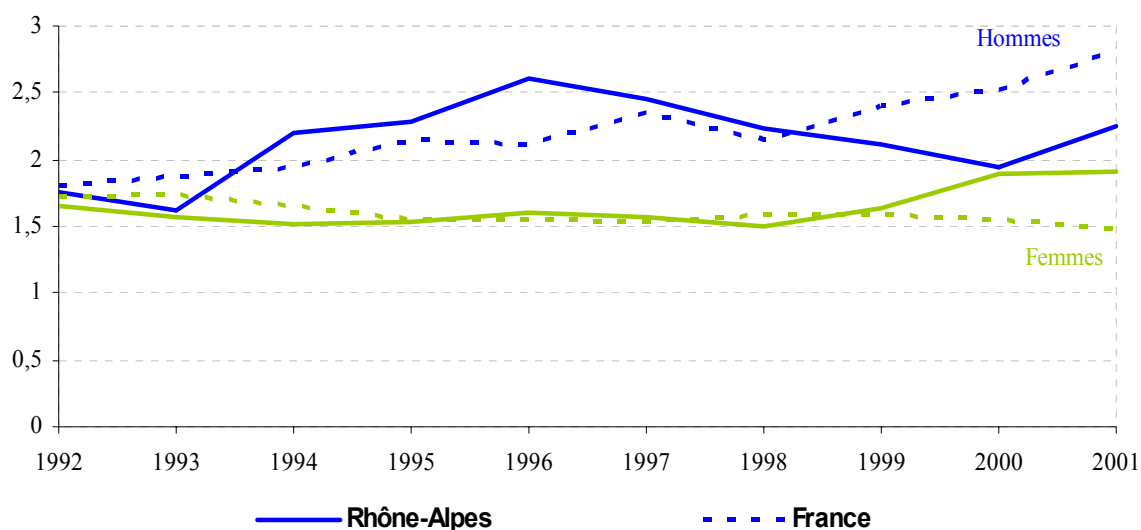
La région connaît comme la France une augmentation importante du nombre annuel estimé de nouveaux cas de mélanomes. D'après les estimations du réseau des registres des cancers en France (FRANCIM), en Rhône-Alpes, c'est 499 cas de mélanomes qui ont été diagnostiqués en 1995 contre 676 cas diagnostiqués en 2000, soit une augmentation de plus de 35 % en 5 ans. L'incidence est plus importante chez les femmes.

L'augmentation est légèrement plus importante chez les hommes (+ 39 %) que chez les femmes (+ 33 %).

L'accroissement du taux d'incidence, standardisé sur la population européenne, reflète cette même tendance entre 1995 et 2000 : + 31 % chez les hommes, + 28 % chez les femmes.

L'augmentation des taux d'incidence peut être expliquée par une plus grande précocité de diagnostic, une modification des habitudes d'exposition solaire, en particulier dans l'enfance, et un recueil plus exhaustif des cas³⁴.

► Évolution du taux comparatif* de mortalité par mélanome en Rhône-Alpes et en France métropolitaine (1992—2001)



Source : INSERM CépiDc, INSEE. Exploitation : ORS Rhône-Alpes

* Le taux comparatif de mortalité par mélanome permet de comparer la situation de Rhône-Alpes par rapport à la France en éliminant les effets liés aux différences de structures par âge. Il s'agit d'un taux pour 100 000 personnes.

Entre 1992 et 2001, la mortalité par mélanome dans la région Rhône-Alpes connaît à peu près la même tendance à la hausse que la moyenne nationale. Les hommes meurent davantage que les femmes. Ces dernières années, des décrochements régionaux sont toutefois observés avec une tendance à l'augmentation pour la mortalité des femmes (1,53 en 1995 contre 1,90 en 2001), alors que la mortalité des hommes a diminué (2,61 en 1996 contre 1,95 en 2000) pour passer en dessous de la moyenne nationale.

L'augmentation plus rapide de l'incidence par rapport à la mortalité suggère un diagnostic plus précoce conduisant à un meilleur pronostic, du fait d'une plus grande efficacité des traitements³⁴.

Glossaire

Champ électrique : Il est présent chaque fois qu'il existe une charge électrique et est mesuré en volts ou kilovolts par mètre (V/m, kV/m). Tout appareil branché sur une prise de courant électrique, même s'il n'est pas en fonctionnement, possède un champ électrique proportionnel à la tension de la source à laquelle il est relié. L'intensité du champ est maximale à proximité de l'appareil et diminue avec la distance. Les matériaux courants, comme le bois et le métal, font écran aux champs électriques.

Champ magnétique : Il se produit lorsqu'il y a déplacement de charges électriques, c'est-à-dire en présence d'un courant électrique. Il est mesuré en ampère par mètre (A/m), mais est généralement caractérisé par l'induction magnétique correspondante qui s'exprime en tesla (T), millitesla (mT) ou microtesla (μ T). Tout appareil électrique en fonctionnement, c'est-à-dire dans lequel circule un courant électrique, possède un champ magnétique associé qui est proportionnel à l'intensité du courant. Le champ est maximal à proximité de l'appareil et diminue avec la distance. Les champs magnétiques ne sont pas arrêtés par la plupart des matériaux courants.

Densité de puissance : Puissance du rayonnement émise rapportée à une unité de surface (en watts/m²).

Fréquence d'un champ électromagnétique : Nombre de variations du champ par seconde. Elle s'exprime en Hertz (Hz) ou en cycles par seconde et s'étend de zéro à l'infini. Les champs d'application diffèrent selon la gamme de fréquence des ondes électromagnétiques (50 Hz pour l'électricité, jusqu'à 300 GHz pour les radiofréquences, etc.).

Le principe d'attention³⁹ : dans certaines situations, alors même qu'il n'existe aucun argument scientifique justifiant des préoccupations sanitaires, il est un fait que certaines personnes se sentent menacées dans leur santé ; lorsque ce phénomène affecte un nombre important de personnes, cela devient une véritable question de santé publique à laquelle il importe de répondre par des mesures adaptées, notamment en manifestant une écoute des souffrances et des craintes et en y apportant des réponses dans la mesure du possible.

Le principe de précaution³⁹ : si l'analyse des données scientifiques disponibles devait conclure à l'existence d'un doute sérieux sur la possibilité d'effets graves et irréversibles, il serait nécessaire de prendre des dispositions visant à réduire ce risque potentiel, même si les faits scientifiques n'étaient pas parfaitement établis.

Le principe de prévention et principe de vulnérabilité³⁹ : si un danger venait à être avéré, il conviendrait de veiller à ce que les mesures mises en œuvre permettent de protéger en priorité les personnes les plus vulnérables.

Phototype : Il désigne les caractères d'un individu et de sa peau vis-à-vis de la lumière.

Phototype 1 : Peau très claire, des cheveux blancs ou roux, des taches de rousseur qui apparaissent très rapidement en cas d'exposition.

Phototype 2 : Peau très claire, qui peut devenir hâlée, des cheveux blonds ou châains clairs, des taches de rousseurs qui apparaissent au soleil.

Phototype 3 : Peau claire, qui bronze facilement, des cheveux blonds ou châains, peu ou pas de taches de rousseur.

Phototype 4 : Peau mate, qui bronze très facilement, des cheveux châains ou bruns, aucune tache de rousseur.

Phototype 5 ou 6 : Peau naturellement pigmentée ou une peau noire.

Quelques ressources et acteurs

NIVEAU INTERNATIONAL

L'Organisation mondiale de la santé, le dossier des champs électromagnétiques
<http://www.who.int/peh-emf/fr>

Le rapport du National institute of environmental health sciences
<http://www.niehs.nih.gov/emfrapid>

Le Comité international de protection contre les radiations non ionisantes
<http://www.icnirp.de/>

Le Centre international de recherche sur le cancer
<http://www.iarc.fr>

NIVEAU NATIONAL

L'Agence nationale des fréquences
<http://www.anfr.fr>

**L'Agence française de sécurité sanitaire
 environnementale et du travail**
<http://www.afsse.fr>

Le Ministère de la santé (rayonnement UV)
http://www.sante.gouv.fr/hm/dossiers/bronzage_uv/sommaire.htm

L'Association des maires de France
<http://www.amf.asso.fr>

**L'Agence française de sécurité sanitaire des
 produits de santé**
<http://www.afssaps.sante.fr>

**L'Institut national de prévention et d'éducation à
 la santé**
<http://www.inpes.sante.fr>

Le site de la « sécurité solaire »
<http://www.soleil.info/main.php>

L'Institut de veille sanitaire
<http://www.invs.sante.fr>

**L'Institut de santé publique, d'épidémiologie et
 de développement**
<http://www.isped.u-bordeaux2.fr/FR-ISPED-Accueil.htm>

**L'Institut national de l'environnement industriel
 et des risques**
<http://www.ineris.fr>

La Fondation santé et radiofréquences
<http://www.sante-radiofrequences.org>

L'Association française des opérateurs mobiles
<http://www.afom.fr>

**L'Autorité de régulation des communications
 électroniques et des postes**
<http://www.art-telecom.fr/>

Le Plan national santé environnement
<http://www.sante.gouv.fr/hm/dossiers/pnse/sommaire.htm>

NIVEAU REGIONAL

**Les Directions départementales et régionale des
 affaires sanitaires et sociales de Rhône-Alpes**
<http://rhone-alpes.sante.gouv.fr>

La Communauté urbaine de Lyon
<http://www.grandlyon.com>

**L'Unité mixte de recherche épidémiologique et de
 surveillance transport, travail, environnement**
<http://www.inrets.fr/ur/umrestte>

Le Plan régional santé-environnement
<http://rhone-alpes.sante.gouv.fr/sante/prsp/acrobat/prse.pdf>

Bibliographie

1. Organisation mondiale de la santé (OMS). Champs électromagnétiques et santé publique : propriétés physiques et effets sur les systèmes biologiques. Aide-mémoire n°182, mai 1998, 3p.
2. Observatoire régional de la santé Rhône-Alpes. Rayonnements non ionisants et santé. La Lettre n°28, nov. 1998, 8p.
3. Organisation mondiale de la santé (OMS). Champs électromagnétiques et santé publique : fréquences extrêmement basses (ELF). Aide-mémoire n°205, nov. 1998, 5p.
4. Momas I., Caillard J.F., Lesaffre B. Plan National Santé Environnement. Rapport de la Commission d'Orientation. La Documentation Française, 2004, 296p.
5. Électricité de France (EDF) & Réseau de transport d'électricité (RTE). Les champs électromagnétiques, sept questions, sept réponses, 2002, 15p.
6. Dab W. Champs électriques et magnétiques de basse fréquence et santé : incertitude scientifique et inquiétude sociale. Énergies et santé, 1996, vol. 7, n°2, p191-96.
7. Aurengo A., Clavel J., De Seze R. et al. Champs magnétiques d'extrême basse fréquence et santé. Rapport remis à la Direction générale de la santé, 8 nov. 2004, 61p.
8. Deschamps F. L'environnement électromagnétique à basse fréquence. Environnement, Risques & Santé, janv.-fév. 2006, vol. 5, n° 1, note technique, p13-18.

9. Organisation mondiale de la santé (OMS). Rayonnement ultraviolet : indice du rayonnement UV total. Un outil éducatif pour diminuer les risques de cancer cutané et de cataracte. Aide-mémoire n°271, août 2002, 4p.
10. Dab W. Connaissances et actions. L'exemple des champs électromagnétiques. Dossier santé et environnement. Actualité et Dossier en santé publique, 1995, n°13, p15-20.
11. Organisation mondiale de la santé (OMS). Champs électromagnétiques et santé publique : fréquences extrêmement basses et cancers. Aide-mémoire n°263, oct. 2001, 4p.
12. Souques M., Dab W., Lambrozo J. Champs électromagnétiques (50-60 Hz) et cancer. Énergies et santé, sept. 1999, vol.10, n°3, 94, p385-401.
13. Wertheimer N., Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. American journal of epidemiology, 1979, 109 (3), p273-84.
14. Conclusions du rapport du National institute of environmental health sciences (NIEHS) working group report. Assessment of health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields, 1998.
15. Lambrozo J. Champs électriques et magnétiques de fréquence 50-60Hz et santé : état actuel des connaissances. Environnement, risques & santé, jan.-fév. 2006, vol.5, n°1, p19-29.
16. Organisation mondiale de la santé (OMS). Champs électromagnétiques et santé publique. Les téléphones mobiles et leurs stations de base. Aide-mémoire n°193, juin 2000, 4p.
17. Lorrain J.L., Raoul D. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. L'incidence éventuelle de la téléphonie mobile sur la santé. Assemblée nationale n°346, Sénat n°52, 2002, 292p.
18. Dixsaut G., Grangeat C., Thery B., Wiart J. Spectre radio, environnement électromagnétique et santé. Revue de l'électricité et de l'électronique, avril 2005, n°4, p.48-54. Disponible sur <<http://www.afsse.fr/>> (consulté en mars 2006).
19. Ministère de l'emploi et de la solidarité. Les téléphones mobiles, leurs stations de base et la santé. État des connaissances et recommandations. Rapport au Directeur général de la santé. La Documentation française, janv. 2001, 440p.
20. De Sèze R. Effets des antennes de téléphonie mobile sur la santé. Concours médical, 13 avril 2005, Tome 127-14, p782-784.
21. Pina G., Malzac P., De Sèze R. Échauffement dû aux téléphones mobiles Environnement, risques & santé, sept. 2003, n°2, vol. 5, p279-83.
22. Veyret B. Téléphonie mobile : existe t'il un danger sanitaire ? Environnement, risques & santé, jan.-fév. 2006, vol.5, n°1, p37-41.
23. Agence française de sécurité sanitaire environnementale (AFSSE). Forum aux questions téléphonie mobile, avril 2005, 11p. Disponible sur <<http://www.afsse.fr/>> (consulté en mars 2006).
24. Aran J.M, Bolomey J.C, Buser P. et al. Agence française de sécurité sanitaire environnementale (AFSSE). Téléphonie mobile et santé. Rapport remis à l'AFSSE. AFSSE, 21 mars 2003, 103p. Disponible sur <<http://www.afsse.fr/>> (consulté en mars 2006).
25. Agence française de sécurité sanitaire environnementale (AFSSE). Rapport de l'AFSSE sur téléphonie mobile et santé. AFSSE, avril 2005, 130p. Disponible sur <<http://www.afsse.fr/>> (consulté en mars 2006).
26. Tubiana M., Rouesse J. Soleil et santé. Académie nationale de médecine, mai 2004, résumé du rapport n° 187, 18p. Disponible sur <<http://www.academie-medicine.fr/index.cfm>> (consulté en avril 2006).
27. Agence française de sécurité sanitaire environnementale (AFSSE), Institut de veille sanitaire (InVS), Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (AFSSAPS). Ultraviolets. État des connaissances sur l'exposition et les risques sanitaires. Mai 2005, 144p.
28. Organisation mondiale de la santé (OMS). Protéger les enfants du rayonnement ultraviolet. Aide-mémoire n°261, juil. 2001, 4p.
29. Organisation mondiale de la santé (OMS). Rayonnement ultraviolet : rayonnement solaire et santé humaine. L'excès de soleil est dangereux. Aide-mémoire n°227, août 1999, 4p.
30. Zmirou D., Bard D., Dab W. et al. Quels risques pour notre santé ? Syros, 2000, 335p.
31. Ondes électromagnétiques et santé : avis de vigilance générale. Troisièmes rencontres parlementaires «santé et environnement». Rencontres présidées par Nathalie Kosciusko-Morizet, Députée de l'Essonne. Agora Europe, 8 déc. 2005, 128p.
32. Ministère de la solidarité, de la santé et de la protection sociale, Ministère de l'écologie et du développement durable, Ministère de l'emploi du travail et de la cohésion sociale, Ministère délégué à la Recherche. Plan national santé environnement 2004-2008. Franchir une nouvelle étape dans la prévention des risques sanitaires liés à l'environnement. Mssps, 2004, 88p. (synthèse 7p.).

33. Bazex J. Exposition aux rayons ultraviolets A artificiels à des fins esthétiques. Académie nationale de médecine, avril 2003, résumé du rapport n°125, 8p. Disponible sur <<http://www.academie-medecine.fr/index.cfm>> (consulté en avril 2006).
34. Fédération nationale des Observatoires régionaux de la santé. Ministère de la santé et des solidarités. Coll. «Les études du réseau des ORS». Le cancer dans les régions de France. Juin 2005, 54p.
35. Agence nationale des fréquences (ANFR). Panorama du rayonnement électromagnétique en France. États des lieux en 2004 et principe de précaution. ANFR, 15 nov. 2004, 8p.
36. Association des maires de France. Le maire et les antennes de téléphonie mobile. Mairie information, les fiches de synthèse, juin 2003, 6p.
37. Gérin M., Gosselin P., Cordier S. et *al.* Environnement et santé publique. Fondements et pratiques. Éditions Tec & Doc, Edisem, fév. 2003, 1023p.
38. Institut national du cancer (INCa). Campagne de prévention du mélanome, été 2005. Dossier de presse, 12p. Disponible sur <<http://www.e-cancer.fr/page18850.asp>> (consulté en avril 2006).
39. Agence française de sécurité sanitaire environnementale (AFSSE). Avis de l'Afssse sur la téléphonie mobile. Saisine n°1/2002, 16 avr. 2003, 18p.

Dossier complémentaire à consulter :

- ◆ Les rayonnements ionisants et le radon

Sont remerciés pour leur précieuse relecture :

- ◆ André Aurengo , CHU de la Pitié Salpêtrière - Service de biophysique et de médecine nucléaire
- ◆ Jean-Claude Beani, CHU de Grenoble
- ◆ Martine Hours, Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance transport, travail, environnement (UMRESTTE)
- ◆ René de Seze, Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS)
- ◆ Cellule d'intervention régionale en épidémiologie (CIRE) de Rhône-Alpes

Les rayonnements ionisants et le radon

Faits marquants

- Les rayonnements ionisants sont émis à partir de la transformation d'atomes instables. Ils sont des particules (alpha, bêta, neutrons) ou des rayonnements électromagnétiques (rayons X et gamma utilisés en médecine). C'est la radioactivité.
- Les rayonnements ionisants comprennent le rayonnement naturel (cosmique venant de l'espace, tellurique venant de la croûte terrestre) et artificiel (radiographies médicales, essais d'armes nucléaires, installations nucléaires, *etc.*).
- Les examens médicaux et le gaz radon sont les sources d'expositions, artificielle et naturelle, les plus importantes (41 % et 34 % de l'exposition annuelle à la radioactivité).
- Le danger des rayonnements est fonction de la dose reçue. A de fortes doses, les rayonnements peuvent affecter gravement la santé humaine : atteinte de la moelle osseuse, stérilité, malformations congénitales, cancers. Aux faibles doses, des incertitudes demeurent sur les possibles effets cancérogènes.
- Par voie inhalée, le radon est un cancérigène certain pour l'homme. En 2000, 30 départements ont été reconnus à risque (Loire, Ardèche, et Savoie en Rhône-Alpes).
- La gestion des risques liés aux rayonnements ionisants repose préalablement sur des mesures métrologiques, pour évaluer les expositions, puis la mise en place de mesures informatives sur les risques et préventives sur les possibilités de s'en soustraire.

Contexte

Tous les éléments de la nature, notre corps lui-même, sont constitués d'atomes. Certains atomes sont stables et restent indéfiniment identiques à eux-mêmes. D'autres sont instables et expulsent à un moment donné une partie de la matière qu'ils contiennent, par désintégration*, en émettant de l'énergie. C'est la radioactivité*. On dit qu'ils émettent des rayonnements ionisants. Les rayonnements émis se présentent sous la forme de particules (alpha, bêta, neutrons) ou de rayonnements électromagnétiques (rayons X et gamma utilisés en médecine). Ils sont appelés ionisants parce que l'énergie générée est suffisamment importante pour casser les molécules de la matière vivante. Des effets biologiques en résultent, pouvant induire des lésions cellulaires et tissulaires¹. L'ensemble des populations vit au milieu des rayonnements émis par les atomes radioactifs (radioéléments*) qui se transforment. On distingue des sources de radioactivité naturelle ou artificielle.

La radioactivité naturelle s'articule autour du rayonnement cosmique (venant de l'espace), du rayonnement tellurique (issu de l'écorce terrestre avec l'uranium, le radon, *etc.*) et des éléments radioactifs cosmogéniques (formés à partir du rayonnement cosmique). Ainsi, parmi les 340 atomes présents dans la nature, 70 sont radioactifs et sont présents dans tous les milieux de l'environnement².

La radioactivité artificielle est créée par l'homme et elle dissémine dans l'environnement des éléments radioactifs (radiographies médicales, essais d'armes nucléaires, installations nucléaires, *etc.*)³.

En 2004, le Plan national santé environnement aborde la problématique des rayonnements ionisants uniquement à travers le radon dans l'habitat. Il prévoit par son action 17 de «réduire l'exposition au radon dans les bâtiments à usage d'habitation et mieux évaluer le risque»⁴ [Cf. « L'habitat et l'air intérieur »].

Sources d'exposition / Pollution

Irradiation d'origine naturelle

Les rayons cosmiques

Ils proviennent de l'espace extraterrestre et en particulier du soleil. L'atmosphère et le champ magnétique terrestre constituent des écrans naturels et de ce fait les niveaux de rayonnement sont moins importants à basse altitude.

Le rayonnement des sols

On parle d'irradiation tellurique, issue de la désintégration des radioéléments naturellement présents dans l'écorce terrestre (potassium, uranium, radon, *etc.*). Il s'agit essentiellement d'un rayonnement de type gamma (γ) (radium 226) mais aussi de rayons alpha (α) ou bêta (β) (potassium 40, radon). Le rayonnement dépend de la nature des terrains. Il est trois fois plus fort dans les terrains granitiques que dans les terrains sédimentaires². Les radioéléments concernés sont le thorium 232, l'uranium 235, 238, et leurs descendants, le potassium 40 et le carbone 14. Le radon 222 est un gaz radioactif qui provient de la désintégration de l'uranium naturellement présent dans tous les sols. Il est présent partout, dans toutes les habitations, à des teneurs variables selon la géologie et le type d'habitat⁵. Sa concentration est essentiellement le fait de la présence de sous-sols granitiques ou volcaniques. A partir des sols et parfois de l'eau dans laquelle il peut se trouver dissous, le radon diffuse dans l'air. Sa concentration dans l'air dépend de la nature du terrain et des conditions météorologiques². Elle est très faible en atmosphère libre. En revanche, en atmosphère confinée, comme à l'intérieur de bâtiments, le radon s'accumule et émet des produits radioactifs de désintégration. Sa présence dans les bâtiments résulte de son taux de formation dans le sol sur lequel s'élève la construction mais aussi et surtout des caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment en contact avec le sol (fissures, porosité, trous, *etc.*) et de la différence de pression entre le sol et l'intérieur du bâtiment^{6,7}.

Les eaux de boisson et les aliments

Tous les aliments que nous mangeons, tous les liquides que nous buvons et même l'air que nous respirons contiennent des matières radioactives naturelles qui sont, soit présentes depuis l'origine du globe, soit générées par le

bombardement cosmique (éléments dits cosmogéniques tels que le carbone 14, le potassium 40, le radium, *etc.*)².

Irradiation d'origine artificielle

Les rayonnements médicaux

Les rayonnements ionisants sont utilisés en médecine à des fins diagnostiques ou thérapeutiques dans le cadre de radiographie, radiothérapie, marquage de cellules, injection radioactive, *etc.* Utilisés aussi pour la stérilisation, ils détruisent à froid certains microorganismes (bactéries, moisissures), et sont utilisés par exemple dans la stérilisation d'appareils chirurgicaux.

Les accidents nucléaires

Divers accidents se sont produits dans le monde que ce soit au cours de la fabrication d'armes atomiques (Russie), ou dans le cycle de l'énergie nucléaire (Ukraine, États-Unis, Grande-Bretagne). La contamination est généralement restée limitée à l'exception de l'accident de Tchernobyl où les pays d'Europe ont été contaminés par du césium 137 et de l'iode 131, à grande distance de l'installation⁷.

Les essais nucléaires

Ils ont eu lieu à l'air libre entre les années 1945 à 1996 (signature en France du traité d'interdiction totale des essais nucléaires le 26 septembre 1996). Les radioéléments formés sont retombés sur la totalité de la planète et bon nombre sont encore présents actuellement à la surface du globe. Aujourd'hui, par exemple, on continue d'être exposé au césium 137 provenant des essais nucléaires atmosphériques des années 1960⁷.

Autour des installations nucléaires

Il s'agit d'installations dans lesquelles sont manipulés des radioéléments (centrales de production d'électricité, usines de retraitement de combustibles nucléaires, de fabrication d'armes atomiques, des réacteurs de recherche, des centres de stockage des déchets nucléaires, *etc.*). Il existe en Rhône-Alpes 34 installations nucléaires de base (INB), dont 4 centres de production d'électricité (Bugey, Saint-Alban, Cruas et Tricastin)⁸. Quant aux déchets radioactifs, en 2004 dans la région, ce sont 6 670 tonnes qui ont été produits, dont une

partie a été réutilisée comme combustible⁸. Ces installations sont soumises à une stricte surveillance.

Les sites pollués

De nombreux sites industriels désaffectés, contaminés à l'occasion de processus variés ont été répertoriés en France [Cf. «*Les sols*»]. Il peut s'agir d'anciennes usines d'extraction de radium, de mines d'uranium, d'usines de fabrication de peintures au radium pour l'horlogerie (cadrons de montres), d'usines de fabrication de pierres à briquet ou de paratonnerres ou encore de matériaux radioactifs utilisés dans des laboratoires, des centres de recherche ou à des fins de construction^{2,7}. L'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA) a ainsi répertorié 1 350 sites contaminés en France².

D'autres activités

Les rayonnements ionisants sont aussi utilisés dans de nombreux autres domaines :

- dans les laboratoires de recherche et dans l'industrie : radiographie des matériaux, peintures luminescentes ;
 - dans les musées : datation au carbone 14 des œuvres d'art et des vestiges du passé ;
 - dans la vie courante : détecteurs d'incendie, *etc.*
- Enfin, l'utilisation de certains matériaux naturels peut être une source de radioéléments non négligeable (sables pour céramiques ou lentilles optiques, thorium pour la métallurgie, activité minière, *etc.*).

Il existe trois unités de mesure utilisées dans le domaine des rayonnements ionisants³:

Le becquerel (Bq) mesure l'intensité d'une source radioactive. Il correspond à une désintégration d'un atome par seconde.

Le gray (Gy) mesure la quantité de rayonnement absorbée par un individu ou un objet exposé.

Le sievert (Sv) mesure l'effet biologique produit sur l'individu par le rayonnement absorbé (on parle de dose efficace).

Exposition et effets sur la santé

L'exposition environnementale aux rayonnements ionisants peut s'opérer par inhalation, ingestion et contact cutané direct avec des radioéléments, mais également sans contact direct^{2,7}.

On distingue deux modes d'exposition :

- L'exposition externe : l'homme se trouve exposé à des sources de rayonnements extérieures (substances radioactives sous forme de nuage ou de dépôt sur le sol, sources à usage industriel ou médical, *etc.*). L'exposition cesse dès que l'on n'est plus sur la trajectoire des rayonnements (cas par exemple d'une radiographie du thorax et de la radiothérapie médicale).
- L'exposition interne (ou contamination interne) est possible lorsque des substances radioactives se trouvent à l'intérieur de l'organisme. Les radioéléments ont pu pénétrer par inhalation, par ingestion, par blessure de la peau, et se distribuent ensuite dans l'organisme. L'exposition ne cesse que si les substances radioactives disparaissent de l'organisme.

La totalité de la population française est exposée à des rayonnements ionisants. On

estime que la répartition de l'exposition moyenne de la population est de 41% pour les radiations médicales (radiodiagnostic), 34 % pour le radon, 11 % pour le rayonnement des sols, 7 % pour les rayons cosmiques, 6 % pour l'eau et les aliments et 1 % pour les sources d'origine anthropique (essais nucléaires, industrie nucléaire, conséquences de l'accident de Tchernobyl, *etc.*)⁷. Les examens médicaux et le radon sont donc les sources d'expositions, artificielle et naturelle, les plus importantes. L'exposition des populations connaît une grande variabilité individuelle selon le lieu d'habitation et le nombre d'examen radiologiques subis. Elle est répartie de façon inégale sur le territoire.

Les effets sanitaires consécutifs à ces expositions sont dits déterministes ou probabilistes^{2,7}.

Les effets déterministes résultent d'irradiation importante et surviennent de façon certaine, généralement dans un délai bref après l'exposition. Leur gravité dépend de la dose et il existe une dose seuil en deçà de laquelle aucun effet n'existe. Les principaux effets

déterministes touchent la moelle osseuse (aplasie médullaire), les yeux (kératite, blépharite, conjonctivite, cataracte), la peau (brûlures), les muqueuses, les os (nécrose), l'appareil reproducteur (stérilité) et le développement fœtal (malformations)². Ils peuvent être mortels ou laisser des séquelles. Ils surviennent généralement à des doses élevées, non observées dans des conditions environnementales classiques⁷. Un exemple d'effet déterministe, ciblé sur un organe, est la radiothérapie.

Les effets probabilistes résultent d'irradiation d'intensité beaucoup plus faible. Leur probabilité de survenue augmente en fonction de la dose. Ces effets se traduisent par des cancers divers (leucémies, lymphomes, sarcomes osseux, cancers bronchopulmonaires, et cancers cutanés) et de façon incertaine par des malformations congénitales, des troubles de la reproduction et des modifications génétiques⁷.

Irradiation d'origine naturelle

La population est continuellement exposée au rayonnement de fond émanant naturellement du sol, des roches, des matériaux de construction, de l'atmosphère, des aliments, *etc.* Parmi les sources d'exposition, on a, par ordre d'importance : le radon, le rayonnement dû aux radioéléments présents dans les sols, les eaux de boisson, les aliments et les rayons cosmiques⁷. Pour le radon (qui constitue le tiers de notre exposition annuelle à la radioactivité), l'exposition est principalement résidentielle [*Cf. « L'habitat et l'air intérieur »*]. Comme il s'agit d'un gaz, la contamination se fait par inhalation. En l'état actuel des connaissances, c'est exclusivement par cette voie que le radon présente un risque pour la santé. Les éléments radioactifs, liés aux particules de l'air, sont inhalés et se déposent à plusieurs niveaux de l'arbre bronchique, jusqu'à atteindre les couches superficielles des cellules qui tapissent l'intérieur des bronches et des bronchioles⁹. Les dommages sont sources de mutations et le lien avec la survenue de cancer du poumon a été montré¹⁰. Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé le radon comme cancérigène certain pour l'homme (groupe 1). L'application des études internationales au cas français conduit à estimer que le radon serait responsable de 10 à 30 % des décès par cancer du poumon en France. Une récente étude

montre que 2,2 à 12,4 % des cancers du poumon en France pourraient être attribués au radon intérieur en France¹¹. Ceci en fait le deuxième facteur de risque connu de ce cancer, après le tabac¹⁰. Au 1er janvier 2000, ce sont 30 départements qui étaient reconnus à risque radon en France, dont la Loire, l'Ardèche, et la Savoie en Rhône-Alpes. En 2003, dans la région, le département du Rhône s'ajoute à la liste des zones identifiées à risque.

En 1995-1996, une campagne de mesure menée par la Direction départementale des affaires sanitaires et sociales (DDASS) du Rhône situait la concentration moyenne départementale (105 Bq/m³) au dessus de la moyenne nationale (66 Bq/m³). Huit communes, dont cinq dans l'ouest du département, présentaient des teneurs supérieures au seuil de précaution et d'alerte, soit 400 Bq/m³¹².

Dans le cas des eaux de boisson et des aliments, l'exposition a lieu par ingestion. La contamination est due généralement à du potassium 40 ou à des radioéléments provenant de la chaîne de désintégration de l'uranium⁷. Il y a en moyenne dans l'organisme humain 90 µg (microgrammes) d'uranium qui proviennent de l'air, de l'eau et des aliments absorbés (66 % dans le squelette, 16 % dans le foie, 8 % dans les reins et 10 % dans les autres tissus). Les doses ingérées restent importantes à surveiller dans la mesure où l'uranium est potentiellement chimiotoxique et radiotoxique et qu'il peut s'attaquer aux reins et aux poumons¹³.

Concernant les rayons cosmiques, l'exposition est variable suivant le lieu. La dose reçue double, par exemple, à chaque fois que l'on s'élève de 1500 mètres. Les voyages en avion occasionnent donc un surcroît d'exposition⁷. Les recherches menées jusqu'ici n'ont cependant pas fait état de répercussions importantes sur la santé des passagers ou des membres d'équipage.

Irradiation d'origine artificielle

Les expositions médicales

A côté des irradiations thérapeutiques utilisées par exemple dans le traitement des cancers, le radiodiagnostic comprend les radiographies classiques, les scanners, l'imagerie par résonance magnétique (IRM) mais aussi l'injection de produits radioactifs comme par exemple le technétium pour l'exploration des fonctions pulmonaires. On compte aujourd'hui près de 50 000 examens par an et des hypothèses sont soulevées sur la possibilité

d'éventuels cancers radio-induits (sein, thyroïde)^{14,15}.

Les accidents et les essais nucléaires

S'il demeure encore aujourd'hui des taches de contamination de par le monde, les doses qui résultent pour le public des accidents nucléaires (à l'exception des zones riveraines de Tchernobyl) ne sont pas à l'origine d'effets mesurables en santé publique⁷. Pour les essais nucléaires, à l'heure actuelle, seul un essai américain est connu pour avoir conduit à une exposition accidentelle assez considérable, à un mélange d'iodes radioactifs, des habitants des îles Marshall en 1954⁷. L'observation des habitants des îles et des populations touchées par les retombées de Tchernobyl a fourni des indications sur le risque de cancer de la thyroïde⁷.

Les sites pollués

Les populations vivant à proximité de ces lieux peuvent être contaminées par l'air, l'eau, les sols. L'exposition concerne les passants, visiteurs, ou occupants des sites pollués, des maisons ou écoles construites sur ces sites. Les doses reçues sont relativement limitées et les effectifs des populations sont généralement faibles de telle sorte que les excès de risque de cancers ne sont pas observables. En Rhône-Alpes, il existe d'anciens sites d'extraction d'uranium, dont plusieurs sont situés à proximité des anciennes mines du Forez (Saint-Priest-la-Prugne, Noirétable, etc.) et où des stériles de mines ont notamment été réutilisés en remblaiement.

Autour des installations nucléaires

Le risque d'exposition concerne les personnes habitant au voisinage des installations. De nombreuses études ont été conduites sur le

risque de leucémies autour de ces installations. Actuellement, un consensus scientifique existe pour rejeter une association causale entre ces cas de leucémie en excès et les expositions dues à des installations nucléaires^{7,16} [Cf. «*Les sols*»]. En Rhône-Alpes, une étude sur la prévalence des malformations congénitales survenant à proximité des centrales nucléaires a été menée à partir du registre France-Centre-Est des malformations sur la période 1979-2002¹⁷. Cette étude n'a pas mis en évidence de risque accru de malformations à proximité des centrales. Néanmoins, un excès de risque a été mis en évidence pour les populations de communes rurales de zones situées entre 5 et 10 kilomètres d'une centrale. Toutefois les auteurs concluent que l'on ne peut pas écarter l'effet du hasard, ou éventuellement le rôle d'autres facteurs, les pesticides par exemple.

Au final, on peut dire que les connaissances sur les liens entre rayonnements ionisants et les cancers de la thyroïde et du sein sont à consolider. Au niveau national, l'Institut de veille sanitaire (InVS) a renforcé la surveillance épidémiologique des cancers thyroïdiens et devrait permettre d'explicitier les rôles des différents facteurs suspectés¹⁸. En Rhône-Alpes, la création récente d'un registre régional des cancers thyroïdiens devrait aussi apporter des réponses¹⁹. A ce jour, il n'existe donc pas de preuve d'effet cancérigène sur la population générale pour de faibles doses de rayonnements ionisants. Seule l'association entre cancer du poumon et radon est montrée pour de fortes expositions et elle demande à être confirmée en exposition résidentielle. Des études épidémiologiques supplémentaires sont donc nécessaires pour améliorer la connaissance et quantifier ce risque dans la population générale, notamment concernant le radon dans l'habitat²⁰.

Aspects réglementaires

Le radon

- Circulaire en date du 27 janvier 1999 émise sur les recommandations du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) et de la Direction générale de la santé (DGS), demandant aux préfets des départements concernés par le risque radon d'établir un plan d'action comportant :
 - des mesures systématiques dans les

bâtiments recevant du public (le propriétaire peut effectuer les mesures lui-même, ou faire appel à des bureaux d'études spécialisés pour ce genre de mesure) ;

- une campagne d'information des populations.

Cette circulaire détermine des actions à engager dans les bâtiments selon les résultats des mesures de radon :

- valeurs comprises entre 400 et 1000 Bq/m³, actions correctrices simples ;
- valeurs inférieures au seuil de précaution de 400 Bq/m³, pas d'actions correctrices ;
- valeurs supérieures au seuil d'alerte de 1000 Bq/m³, actions correctrices obligatoires.

Pour Rhône-Alpes, une démarche régionale portant sur la mise en œuvre du plan d'action a été engagée. Une première étape a été concrétisée par l'élaboration d'une cartographie du risque radon.

- Articles R.1333-15, R. 1333-16 et L.1333-10 du Code de la santé publique.
- Arrêté du 22 juillet 2004 relatif aux modalités de gestion des risques liés au radon dans les lieux recevant du public.
- Avis du 22 février 2005 relatif à la note d'information technique définissant les actions à mettre en œuvre sur les bâtiments pour la gestion du risque lié au radon pris en application de l'article 9 de l'arrêté du 22 juillet 2004.
- Arrêté du 14 avril 2006 relatif aux conditions d'agrément d'organismes habilités à procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public.
- Arrêté du 25 juillet 2006 portant agrément d'organismes habilités à procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public.

La radioprotection

- Loi du 19 juillet 1976 (n° 76-663) relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.
- Loi du 30 décembre 1991 (n°92-646)

relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs.

Les déchets de haute activité et à vie longue sont entreposés dans des piscines ou des puits ventilés, la pérennité de ces procédés faisant l'objet d'études, sous la coordination du CEA et de l'ANDRA.

- Décret du 4 avril 2002 relatif à la radioprotection générale de la population.
- Décret du 24 mars 2003 relatif à la protection des patients exposés à des rayonnements ionisants à des fins médicales et médicolégales.
- Décret du 31 mars 2003 sur les interventions en situation d'urgence radiologique et en cas d'exposition durable de la population.
- Décret du 11 décembre 1963 modifié (n° 63-1228). Il concerne les réacteurs nucléaires, les accélérateurs de particules, les usines de séparation ou de fabrication des substances radioactives et les installations destinées au stockage au dépôt ou à l'utilisation de substances radioactives y compris de déchets. Ces usines et ces installations ne relèvent de cette réglementation que lorsque la quantité ou l'activité totale des substances radioactives est supérieure à un seuil fixé selon le type d'installation et le radioélément considéré (uranium, plutonium, césium, iode). Les autres installations nucléaires sont régies par la législation des installations classées pour la protection de l'environnement* (ICPE). La notion d'installation nucléaire est différente de celle de site nucléaire (un site peut regrouper plusieurs installations nucléaires des base (INB) : réacteurs, entrepôts, etc.).

Gestion des risques

La préparation et la mise en œuvre de politiques dans le domaine de la radioprotection* sont confiées à la Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR) depuis février 2002. La DGSNR bénéficie de l'appui de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), des agences sanitaires concernées et des avis des instances placées auprès d'elle (Conseil supérieur d'hygiène publique de France, Conseil supérieur de la sûreté et de l'information nucléaires)². Au sein

du ministère en charge de l'environnement, la Direction de la prévention des pollutions et des risques s'occupe de la gestion des substances radioactives issues ou à destination des ICPE, et des sites pollués².

Le radon

Le risque dû au radon est essentiellement lié à l'exposition domestique. L'évaluation de l'importance du problème lié au radon en population générale a été estimée grâce à des

campagnes de mesure des concentrations menées dans l'habitat de la quasi-totalité des pays d'Europe depuis une quinzaine d'années. Il a ainsi été montré que certains niveaux d'exposition, cumulés dans la population, atteignent des niveaux équivalents à ceux de mineurs d'uranium. En France, 12 641 mesures ont été réalisées dans les 96 départements et de fortes disparités géographiques ont été montrées. Des zones à fort potentiel d'exposition ont été identifiées. Dans les départements identifiés à risque radon, la réglementation prévoit désormais des dispositions pour les lieux ouverts au public. L'arrêté du 22 juillet 2004 rend les mesures obligatoires dans les établissements d'enseignement, sanitaires et sociaux, thermaux et pénitentiaires. A échelle régionale, cette volonté s'inscrit dans le cadre de la déclinaison régionale du PNSE. Pour les autres départements un zonage est en cours^{2,5}.

En revanche, aucune obligation ne porte sur les logements individuels. Or les résultats des études épidémiologiques menées en population générale, qui ont conduit à supposer l'existence d'un risque aux niveaux rencontrés dans l'habitat des populations, incitent à agir. Des actions simples et peu coûteuses peuvent permettre de limiter ces concentrations dans les habitations : l'accroissement du renouvellement de l'air, amélioration de la ventilation des sous-sols, drainage, étanchéification du contact sol/maison, etc.)¹⁰. La prévention du risque radon repose sur l'abaissement des concentrations jugées excessives. La mise en œuvre de telles mesures incombant aux occupants ou aux propriétaires des habitations, c'est par de l'information et de la communication qu'un rôle fondamental peut être joué¹⁰. Pour les bâtiments existants, des mesures du radon devraient être rendues obligatoires lors des transactions immobilières et des renouvellements de baux locatifs, avec une priorité donnée dans les départements à risque. Les mesures sont assez simples et elles consistent en un dépôt d'un film sensible dans les lieux clos pendant deux mois.

Le nucléaire

De nombreuses dispositions s'appliquent à la surveillance de l'environnement des sites nucléaires et à la maîtrise du risque d'accidents. Selon le niveau de risque potentiel, les établissements sont classés comme Installation nucléaire de base (INB), ou simplement comme Installation classée pour la protection de

l'environnement (ICPE*). L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) est responsable du contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. Elle s'appuie sur l'avis technique de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Les ministères chargés de l'environnement, de la santé, de l'agriculture, des douanes, des armées et de la sécurité civile interviennent aussi. Ce système est complexe par le nombre de ses acteurs mais aussi parce que les objectifs sont nombreux²¹ :

- La mise en œuvre de règles et de contrôles pour maîtriser le risque d'accident des installations nucléaires ;
- Le contrôle et la limitation de rejets dans l'environnement pour lesquels la Commission de recherche et d'information indépendantes sur la radioactivité (CRIIRAD) assure un rôle de contre-expertise efficace en aval ;
- La préparation de la réponse aux accidents avec mise en place de plans d'intervention.

En Rhône-Alpes, le contrôle de la sûreté des installations nucléaires fait l'objet d'un effort important de la part des pouvoirs publics. La Division de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DSNR) de Lyon assure le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection dans la région Rhône-Alpes et le contrôle de la radioprotection dans la région Auvergne. La DSNR de Lyon assure également les relations avec les autorités locales, notamment en cas d'accident sur une INB, et elle contribue à l'information du public, des élus, des associations et des médias sur les sujets qui la concernent. Elle représente l'ASN au niveau local et participe aux activités menées par les Commissions locales d'information (CLI) des sites concernés. Les CLI ont été créées en 1981 pour faciliter l'information des populations et pour assurer un suivi de l'impact de ces grands équipements. Elles rassemblent des élus locaux, des représentants des unions locales des organisations syndicales, des milieux industriels et agricoles et des associations agréées de protection de l'environnement, ainsi que des scientifiques et des personnalités qualifiées. La DSNR de Lyon contrôle aussi l'application de la réglementation des transports des matières radioactives et fissiles à usage civil. Concernant la radioprotection, la DSNR contrôle l'ensemble des activités nucléaires exercées dans les domaines médical, industriel et de recherche. S'agissant des INB, elle contrôle la centrale

nucléaire du Bugey, celle de Creys-Malville, celle de Cruas, celle de Saint-Alban, l'usine IONISOS de Dagneux, le centre CEA de Grenoble, le réacteur à haut flux de l'Institut Laue-Langevin de Grenoble, l'usine FBFC de Romans-sur-Isère, le site nucléaire de Tricastin qui comprend les INB suivantes : la centrale nucléaire du Tricastin, l'usine BCOT, l'usine COGEMA, l'usine Comurhex, l'usine Eurodif, l'usine Socatri et l'usine SICN à Veurey-Voroise. Chaque année, ce sont plus de 150 inspections qui sont effectuées dans la région, dont 20 % de manière inopinée à toute heure du jour et de la nuit. Sur chaque centrale nucléaire, les inspecteurs de la DRIRE sont présents entre 50 et 80 jours par an⁸. Le vieillissement du parc des centrales nécessite toutefois aujourd'hui une adaptation des modalités de contrôle (EDF estime que les centrales actuelles de production ont une durée de vie de 40 ans)⁸.

Pour l'environnement à proximité des INB, une surveillance des milieux est effectuée par l'IRSN et les rejets d'effluents radioactifs sont comptabilisés. Par contre, il n'existe aucun suivi de l'état de santé des populations habitant à proximité d'un site producteur de déchets radioactifs. Actuellement, une réflexion est en cours sur les modalités d'organisation d'un recueil de données qui serait à mettre en place auprès des populations touchées, en situation post-accidentelle

Les déchets radioactifs

Leur gestion repose sur l'existence de filières spécifiques pour leur élimination. Plusieurs acteurs interviennent : les producteurs dont Électricité de France (EDF), le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), ArevaNC, anciennement COGEMA (Compagnie générale des matières nucléaires jusqu'au 1er mars 2006, les hôpitaux, etc.), les transporteurs, les prestataires de traitement (ArevaNC, SOCODEI), les gestionnaires d'installations d'entreposage (COGEMA, CEA) et de stockage (ANDRA, COGEMA). Chaque producteur doit financer l'élimination de ses déchets et fournir des informations permettant d'en assurer la traçabilité. Les difficultés reposent sur le choix de sites stables sur des centaines de milliers d'années (en surface ou souterrain, dans le granite, l'argile ou dans les dômes de sel), sur les meilleurs modes de stockage (emballages, enrobage), etc. Des efforts pour réduire les volumes et la radiotoxicité des déchets doivent

aussi être entrepris.

Des filières distinctes existent :

- les déchets de haute activité et à vie longue sont entreposés dans des piscines ou des puits ventilés, la pérennité de ces procédés faisant l'objet d'études, sous la coordination du CEA et de l'ANDRA ;
- les déchets de faible et de moyenne activité à vie courte sont stockés dans les deux centres gérés par l'ANDRA de la Manche et de l'Aube ;
- les déchets de très faible activité sont traités au cas par cas dans des filières appropriées, après une évaluation de l'impact possible sur la personne la plus exposée.

Les sites pollués

L'exposition des habitants à proximité de certains anciens sites pollués est mal documentée et le recensement de ces sites est insuffisamment développé. Il convient d'identifier et d'expliquer les singularités dans l'exposition naturelle, pour interpréter les fluctuations et repérer les écarts qui ne seraient pas dus à des aléas naturels. On peut citer comme exemples les singularités rencontrées sur certaines plages de Camargue ou sur certains affleurements de roches intrusives dans le Nord Cotentin². La gestion des risques liée aux sites pollués pose des problèmes particulièrement sensibles car même si les doses reçues sont très faibles, elles sont perçues comme inacceptables par le public, surtout lorsque des enfants sont en cause⁷ [Cf. «*Les sols*»].

Les eaux de boisson et les aliments

Pour les eaux, les nouveaux programmes de contrôle radiologique des eaux d'adduction publique et des eaux embouteillées non minérales (les eaux minérales ne sont pas surveillées) visent à disposer d'un bilan complet de la qualité radiologique des eaux destinées à la consommation humaine. Ces programmes ont aujourd'hui débuté dans plusieurs départements². Les aliments ne font pas l'objet d'un suivi systématique comparable à celui des eaux potables, mais sont contrôlés de manière épisodique par les services de l'agriculture et de la répression des fraudes, afin de vérifier l'absence de radioéléments artificiels². Les connaissances sur les transferts des substances radioactives dans la chaîne alimentaire font toutefois aujourd'hui défaut.

L'irradiation médicale

Selon l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), les applications médicales des rayonnements se sont développées de façon très importante durant ces vingt dernières années. Les risques ne sont cependant pas toujours bien appréhendés, ni maîtrisés. En 1987 un appareil de radiothérapie, contenant une source de césium 137, abandonné dans une clinique désaffectée, à Goiânia, au Brésil, a entraîné la contamination et l'irradiation de dizaines de personnes non informées, dont quatre sont mortes dans les six semaines qui ont suivi l'accident. Les conséquences peuvent donc être dramatiques. En France, le nombre de personnes autorisées à détenir des produits radioactifs artificiels a pratiquement doublé ces dernières années et le nombre de demandes de fournitures de sources radioactives a été multiplié par 5. Le nombre d'utilisateurs de produits radioactifs est aujourd'hui voisin de 5 000 et des procédures de vigilance se mettent en place. Les règles de gestion des sources radioactives figurent dans le code de la santé publique et comportent des dispositions en termes d'autorisation pour céder ou acquérir ces sources d'enregistrement auprès de l'IRSN, lors de leur acquisition ou de leur exportation, de traçabilité, de déclaration en cas de perte ou de vol, et d'élimination des sources périmées ou en fin de vie.

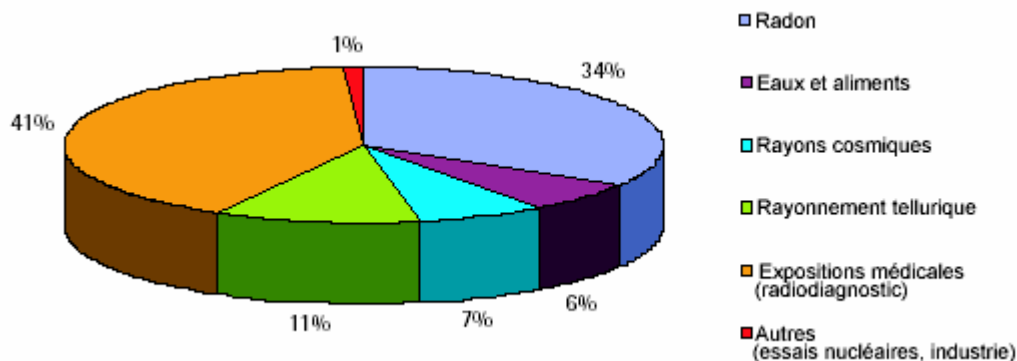
De plus, si les expositions médicales représentent plus du tiers des doses reçues par les Français, il n'existe pas de surveillance systématique des doses reçues par les patients. Il n'y a pas dans le domaine médical de limite de dose, mais les règles internationales de radioprotection prévoient la nécessité pour les médecins de justifier les actes et d'optimiser les doses délivrées aux patients. Les doses dues à des irradiations peuvent être facilement abaissées. La France est l'un des pays du monde où la dose de radiodiagnostic est la plus élevée (cinq fois moins au Royaume-Uni et au Pays-Bas). La réduction est donc possible²¹.

L'Organisation mondiale de la santé a mis en place un comité spécial sur les effets des radiations. Il fournit des bilans réguliers sur toutes les expositions, la synthèse de toutes les études épidémiologiques et les recherches sur la cancérogenèse.

Indicateurs & annexes

1. Contribution des différentes sources de rayonnements ionisants à la dose du public. Dose moyenne annuelle : 4 mSv*

*mSv : millisievert.



Source : United nations scientific committee on the effect of atomic radiation (UNSCEAR) 1993 et IRSN.

Le radon représente le tiers de l'exposition moyenne de la population aux rayonnements ionisants. C'est la principale source d'exposition naturelle et la deuxième source après les expositions médicales (radiographies).

2. Exposition de l'homme aux rayonnements ionisants

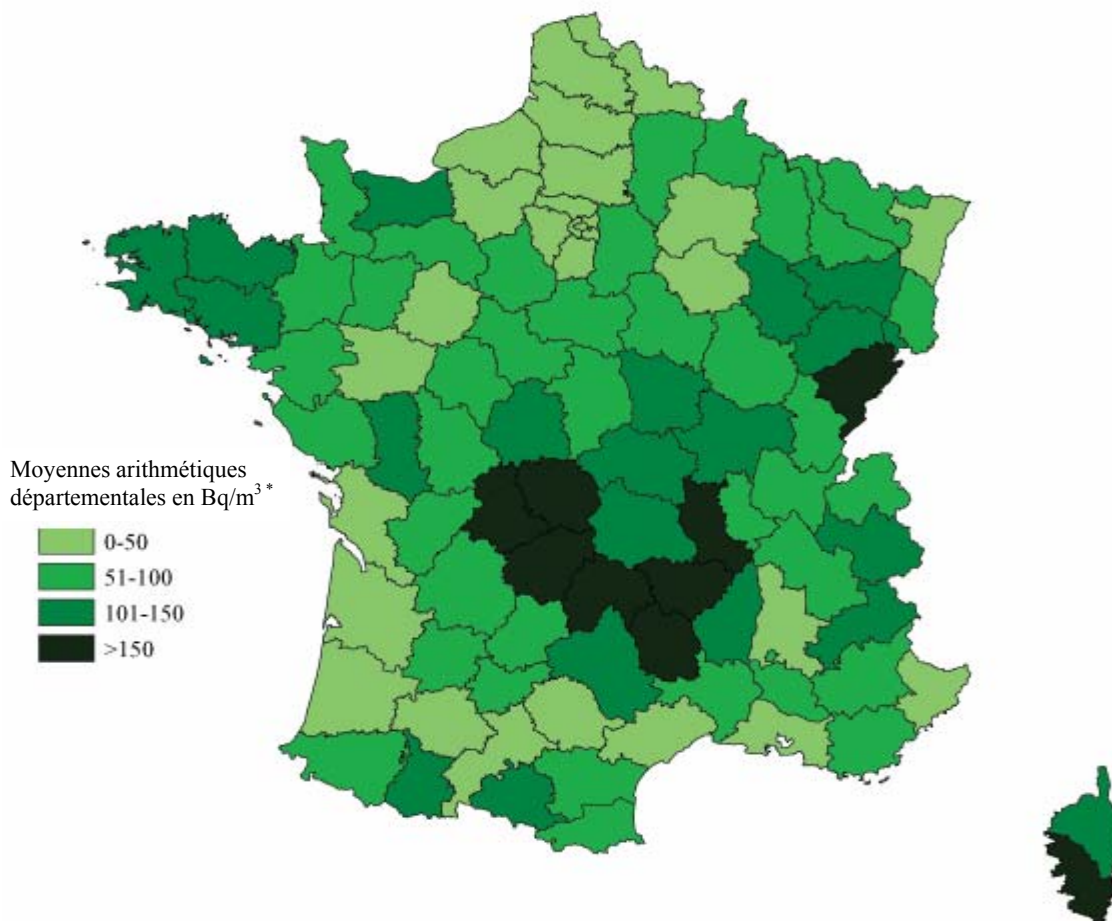
► Dose moyenne annuelle d'exposition aux rayonnements ionisants de la population française (en millisievert—mSv)

Exposition moyenne	4
Exposition annuelle estimée aux rayonnements médicaux	1,6
Exposition annuelle au radon	1,5
Exposition à l'irradiation tellurique, l'irradiation cosmique, les radioéléments naturels présents dans la chaîne alimentaire	0,98
Exposition annuelle liée aux retombées de l'accident de Tchernobyl dans les départements de l'est de la France	0,01 à 0,1
Exposition à une radiographie du poumon	0,1
Exposition à un scanner (dose moyenne sur le corps entier)	10

Source : PNSE. « Rapport de la Commission d'Orientation »² et Zmirou D. « Quels risques pour notre santé »²¹.

3. Le radon

► Carte des activités volumiques du radon dans les habitations. Bilan de 1982 à 2000.



Source : IPSN, DRASS Rhône-Alpes. Exploitation : ORS Rhône-Alpes.
<Disponible sur <http://www.irsn.org/> - <http://rhone-alpes.sante.gouv.fr/sante/environn/radon0.htm>>.

* Un Becquerel (Bq) = une désintégration par seconde

Nombre de départements mesurés : 96

Nombre de mesures : 12 641

Moyenne arithmétique nationale brute : 90 Bq/m³

Moyenne arithmétique pondérée par la population de chaque département : 68 Bq/m³

Mesures < 50 Bq/m³ = 50 %

Mesures > 200 Bq/m³ = 9 %

Mesures > 400 Bq/m³ = 2,3 %

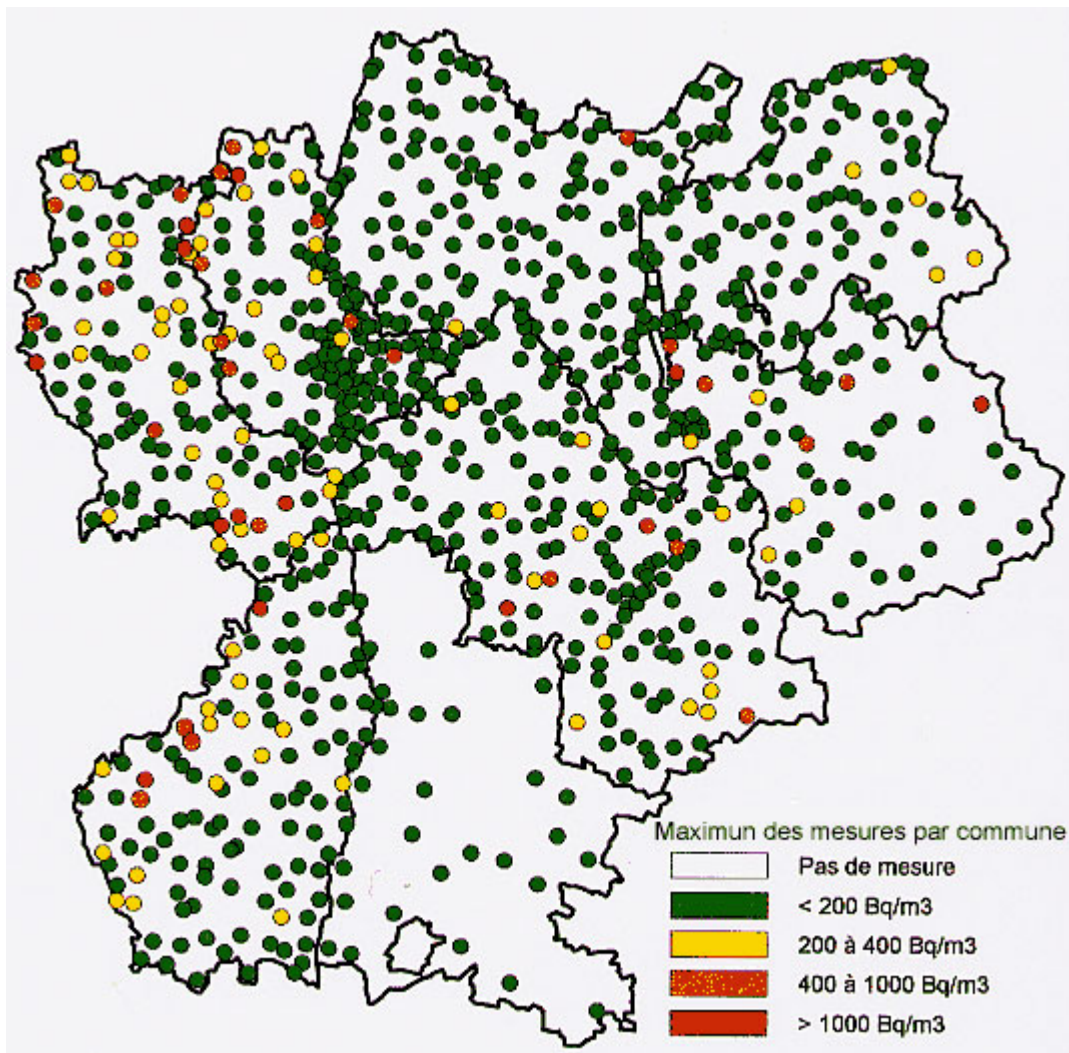
Mesures > 1 000 Bq/m³ = 0,5 %

Depuis 1992 et à la demande de la Direction Générale de la Santé (DGS), l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN)** a réalisé, en collaboration avec les Directions départementales des affaires sanitaires et sociales (DDASS), une campagne de mesure de la radioactivité dans chaque département.

Le bilan au 1er janvier 2000 met en évidence une radioactivité moyenne supérieure à 100 Bq/m³ dans 30 départements. Trois départements sont concernés dans la région Rhône-Alpes : la Loire, l'Ardèche, et la Savoie. En 2003, dans la région, le département du Rhône s'ajoute à la liste des zones identifiées à risque.

** L'IPSN et l'OPRI (Office de protection contre les rayonnements ionisants) se sont regroupés au sein de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). En mai 2001, l'IRSN est créé par l'article 5 de la loi AFSSE. Le décret adopté en Conseil des ministres du 13 février 2002 en précise les missions et l'organisation.

► Campagnes de mesure réalisées par les services santé-environnement des Ddass de Rhône-Alpes entre 1983 et 1998, avec le concours de l'IPSN.



Source : IPSN, DRASS Rhône-Alpes.

<Disponible sur <http://www.irsn.org/> - <http://rhone-alpes.sante.gouv.fr/sante/environn/radon0.htm>>.

► Radioactivité dans le milieu naturel en Rhône-Alpes en 1999 (bilan au 01/01/2000).

	Ain	Ardèche	Drôme	Isère	Loire	Rhône	Savoie	Haute Savoie	Rhône Alpes	France Métrop.
Concentration moyenne de radon dans les unités d'habitation (Bq/m ³)	55	134	36	85	232	99	114	56	105	90
Nombre de mesures ayant servi au calcul de la moyenne	48	133	48	215	134	205	106	117	1106	12641

Source : Base de données Eider, Ifen²².

La campagne de mesure s'est déroulée entre 1981 et 1999. Au total, 12641 mesures ont été validées et effectuées dans des bâtiments privés en France Métropolitaine.

La présence résidentielle de radon dans la région Rhône-Alpes est supérieure à la moyenne nationale. Les départements les plus touchés sont respectivement la Loire, l'Ardèche et la Savoie.

4. Principales études épidémiologiques sur les rayonnements ionisants

Études :

- Fournissant des coefficients de risque : Hiroshima et Nagasaki
Thérapie des cancers et autres thérapies telles spondylarthrite, thymus, teigne, mastites
Radiodiagnostic ; suivi tuberculose
Mines (uranium, fer, étain)
Îles Marshall
Tchernobyl : thyroïdes enfants et adultes²³

- Mettant parfois en évidence des effets mais insuffisants pour quantifier : Irradiations médicales
Radiodiagnostic : femmes enceintes
Expositions professionnelles médicales : radiologues
Installations nucléaires : occidentales, russes
Divers (peintres radium, etc.)
Environnement naturel : radon
Accidents ou pollutions majeures
Rivière Techa

- Sans résultats significatifs Environnement naturel : zones à forte exposition externe
Sites nucléaires

Source : Extraits de Gérin M. et al. « Environnement et santé publique »⁷ et Cardis E. et al. « Cancer consequences of the Chernobyl accident »²³.

5. Le nucléaire

► Nombre d'incidents ou d'accidents (classés suivant l'échelle de gravité internationale, INES) survenus dans les centrales nucléaires EDF en 2004 en Rhône-Alpes

	Ain	Ardèche	Drôme	Isère	Rhône Alpes	France Métrop.
Incidents classés au niveau 1 (anomalie)	2	1	1	1	5	29
Incidents classés au niveau 2 (incident)	1	1	1	1	4	1
Incidents classés au niveau 3 (incident grave)	0	0	0	0	0	0
Incidents classés au niveau 4 (accident n'entraînant pas de risque important à l'ext. du site)	0	0	0	0	0	0
Accidents classés au niveau 5 (accident entraînant un risque important à l'ext. du site)	0	0	0	0	0	0
Accidents classés au niveau 6 (accident grave)	0	0	0	0	0	0
Accidents classés au niveau 7 (accident majeur)	0	0	0	0	0	0
Nombre d'incidents total	3	2	2	2	9	30

Source : Base de données Eider, Ifen²².

En Rhône-Alpes comme en France, seuls des incidents de niveau 1 et 2 ont été observés dans les centres de production d'électricité en 2004. La part des incidents survenus en Rhône-Alpes représente toutefois 30 % de ceux survenus à échelle nationale.

► L'échelle de gravité internationale (INES)

L'échelle INES : Tous les événements significatifs, intervenants sur les installations nucléaires, mêmes mineurs, sont portés à la connaissance de l'ASN (Autorité de sûreté nucléaire) mais aussi du public.

0 = écart : aucune importance pour la sûreté ;

1 = anomalie : anomalie sortant du régime de fonctionnement autorisé ;

2 = incident :

Conséquences à l'intérieur du site : contamination importante, surexposition d'un travailleur, dégradation de la défense en profondeur. Incident assorti de défaillances importantes des dispositions de sécurité ;

3 = incident grave :

Conséquences à l'extérieur du site : très faible rejet mineur, exposition du public représentant une fraction des limites prescrites ;

Conséquences à l'intérieur du site : contamination grave, effets aigus sur la santé d'un travailleur (irradiation globale d'un ou de plusieurs travailleurs, irradiations superficielles), dégradation de la défense en profondeur : accident évité de peu, perte des barrières ;

4 = accident :

Conséquences à l'extérieur du site: rejet mineur : exposition du public de l'ordre des mesures prescrites. Conséquences à l'intérieur du site : endommagement important du cœur du réacteur, des barrières radiologiques, exposition mortelle d'un ou de plusieurs travailleurs) ;

5 = accident :

Conséquences à l'extérieur du site : rejet limité susceptible d'exiger l'application intégrale des contre-mesures prévues ;

Conséquences à l'intérieur du site : endommagement important du cœur du réacteur, des barrières radiologiques

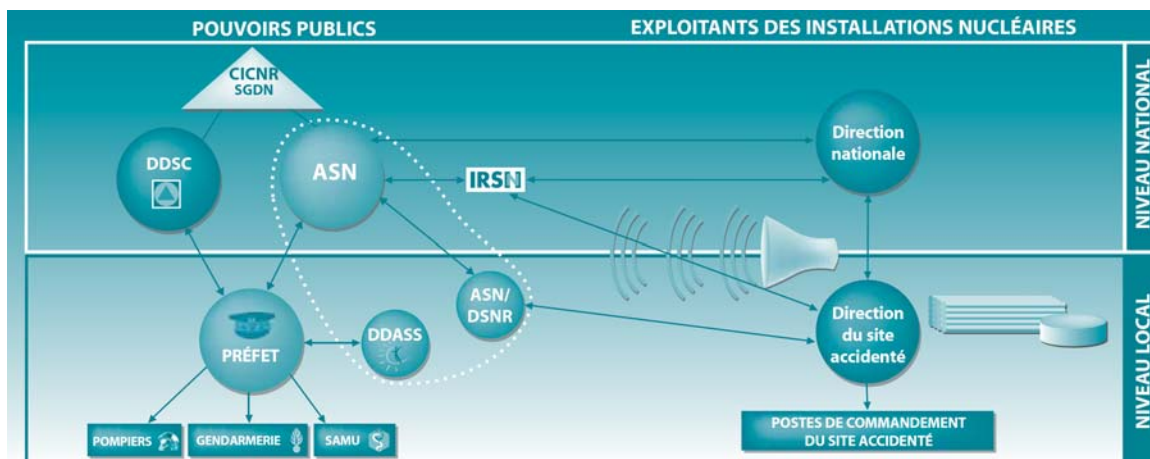
6 = accident grave :

Conséquences à l'extérieur du site : rejet limité susceptible d'exiger l'application intégrale des contre-mesures prévues ;

7 = accident majeur :

Conséquences à l'extérieur du site : rejet majeur, effets étendus sur la santé et l'environnement.

► Gestion d'un éventuel accident nucléaire en France



Source : Extrait du document de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). « Les situations d'urgence radiologique »²⁴.

Les pouvoirs publics et les responsables d'activités nucléaires doivent être préparés à faire face, à tout moment, à un accident susceptible d'entraîner une dispersion de matières radioactives ou un niveau d'exposition radiologique pouvant porter atteinte à la santé publique. Pour protéger la population, les biens et l'environnement, des plans d'intervention et des organisations spécifiques sont établis et éprouvés à l'avance, au niveau local et au niveau national. Ils ont pour objectifs de mettre en liaison l'ensemble des acteurs concernés et de coordonner les moyens humains ou matériels appropriés.

► Nombre de sites détenteurs de déchets radioactifs en Rhône-Alpes en 2002.
Classement de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA)

	Ain	Ardèche	Drôme	Isère	Loire	Rhône	Savoie	Haute Savoie	Rhône Alpes	France Métrop
Centres ou installations d'études	0	0	1	1	0	0	0	0	2	8
Établissements de l'industrie électronucléaire	0	0	4	2	0	0	0	1	7	17
Centres nucléaires de production d'électricité	1	1	1	1	0	0	0	0	4	19
Usine de retraitement de combustibles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Centres d'études, de production, de maintenance de la force de dissuasion	0	0	1	0	0	0	0	0	1	6
Établissements de la Défense (Air, mer, terre)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Installations définitivement arrêtées	3	0	2	3	0	0	0	0	8	31
Industries non nucléaires	0	0	1	1	0	3	1	1	7	43
Petits producteurs	2	0	2	17	7	41	3	6	78	768
Décharges	0	0	2	2	0	0	1	0	5	16
Dépôts	0	0	0	0	1	1	0	0	2	30
Centres ANDRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Petits producteurs des armées	1	0	0	2	0	3	0	0	6	94
Total	7	1	14	29	8	48	5	8	120	1043

Source : Base de données Eider, Ifen²².

► Nombre de cas de leucémies observés (O) et attendus (E) au cours de la période 1990 à 1998, diagnostiqués chez les enfants de 0 à 14 ans, vivant à moins de 20 km de 29 sites nucléaires en France, en fonction de la distance (km) de la commune de résidence au site nucléaire.

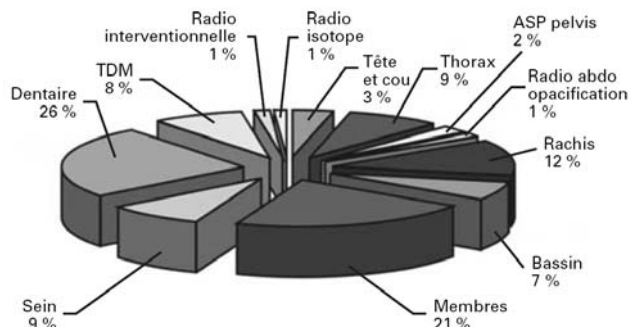
Sites nucléaires (année de mise en service, puissance électrique en MW _e ^a)	0-5 km		5-10 km		10-15 km		15-20 km		Total	
	O	E	O	E	O	E	O	E	O	E
Centres nucléaires de production d'électricité (CNPE)										
Belleville (1987, 2 600)	0	0,26	0	0,53	2	1,44	3	1,05	5	3,28
Bugey (1971, 3 600)	0	0,21	2	2,62	5	3,67	7	5,58	14	12,07
Cattenom (1986, 5 200)	0	0,92	5	5,95	3	4,25	3	6,48	11	17,61
Chinon (1963, 3 600)	1	0,68	6	1,47	2	0,94	5	3,55	14	6,64
Chooz (1966, 2 800)	0	0,59	0	0,75	0	0,54	0	0,01	0	1,90
Civaux (1997, 2 800)	0	0,08	1	0,51	1	0,88	5	1,48	7	2,95
Cruas (1983, 3 600)	0	0,48	3	3,21	4	2,20	3	3,18	10	9,07
Dampierre (1980, 3 600)	0	0,38	2	1,48	1	1,02	0	1,07	3	3,95
Fessenheim (1977, 1 800)	0	0,36	0	0,68	0	0,88	0	3,59	0	5,51
Flamanville (1985, 2 600)	0	0,29	1	0,63	0	0,53	1	1,02	2	2,48
Golfech (1990, 2 600)	0	0,53	1	0,57	1	0,87	2	2,37	4	4,33
Gravelines (1980, 5 400)	1	1,67	2	2,03	6	6,49	5	10,12	14	20,31
Le Blayais (1981, 3 600)	0	0	1	1,09	2	1,55	1	1,28	4	3,91
Nogent (1987, 2 600)	1	0,55	2	0,60	0	0,77	1	2,98	4	4,90
Paluel (1984, 5 200)	0	0,21	1	1,17	0	0,69	2	1,26	3	3,34
Penly (1990, 2 600)	0	0,42	1	0,85	3	4,17	5	2,21	9	7,65
Saint Alban (1985, 2 600)	4	1,69	4	2,56	0	1,88	4	9,59	12	15,72
Saint Laurent (1969, 1 800)	1	0,43	0	1,28	2	1,36	2	1,41	5	4,48
Tricastin/Pierrelatte (1980, 3 600)	0	0,88	2	3,17	1	2,09	1	0,79	4	6,92
Total CNPE	8	10,64	34	31,13	33	36,21	50	59,03	125	137,01
<i>SIR^b [IC 95 %]</i>	<i>0,75 [0,32-1,48]</i>		<i>1,09 [0,76-1,53]</i>		<i>0,91 [0,63-1,28]</i>		<i>0,85 [0,63-1,12]</i>		<i>0,91 [0,76-1,09]</i>	
Autres sites nucléaires										
Cadarache (1963)	0	0,05	1	0,70	1	0,86	2	2,49	4	4,09
Creys-Malville (1985)	1	0,19	1	0,94	1	0,66	5	2,41	8	4,20
Grenoble (1956)	14	14,47	9	11,10	5	4,13	10	7,48	38	37,18
La Hague (1967)	2	0,31	0	0,43	1	0,73	2	5,22	5	6,69
Marcoule (1956)	0	0,19	5	4,89	5	2,11	1	1,95	11	9,14
Romans-sur-Isère (1962)	2	3,79	1	0,76	3	2,32	2	2,03	8	8,90
Valduc (1962)	0	0,03	0	0,09	0	0,21	0	0,64	0	0,96
Bruyères/Saclay/Fontenay (1955/1950/1948)	38	45,43	114	124,25	171	203,54	148	147,68	471	520,91
Sous-Total (CNPE et autres sauf B/S/F^c)	27	29,68	51	50,05	49	47,22	72	81,24	199	208,18
<i>SIR^b [IC 95 %]</i>	<i>0,91 [0,60-1,32]</i>		<i>1,02 [0,76-1,34]</i>		<i>1,04 [0,77-1,37]</i>		<i>0,89 [0,69-1,12]</i>		<i>0,96 [0,83-1,10]</i>	
Total (CNPE et autres)	65	75,11	165	174,3	220	250,76	220	228,92	670	729,09
<i>SIR^b [IC 95 %]</i>	<i>0,87 [0,67-1,10]</i>		<i>0,95 [0,81-1,10]</i>		<i>0,88 [0,77-1,00]</i>		<i>0,96 [0,84-1,10]</i>		<i>0,92 [0,85-0,99]</i>	

^a Puissance électrique en MWe – nombre de tranches multiplié par la puissance de chaque tranche.
^b SIR = « ratio d'incidence standardisé ».
^c B/S/F = Bruyères/Saclay/Fontenay.

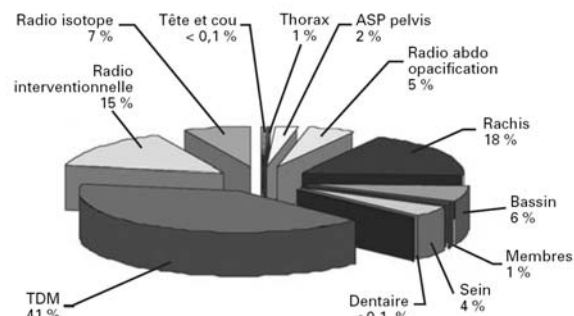
Source : BEH « Incidence des leucémies aux alentours des sites nucléaires français »¹⁶.

5. Irradiations médicales

Répartition du nombre d'actes en fonction des différents secteurs. Hypothèse haute : 73 639 047 examens.



Répartition de la dose en fonction des différents actes. Hypothèse haute.



Source : BEH « Exposition aux radiations ionisantes d'origine médicale »²⁵.

TDM = Tomodensitométrie, ASP = Abdomen sans préparation

Glossaire

Désintégration : Transformation spontanée, inéluctable et aléatoire, de certains noyaux atomiques, trop lourds pour rester stables.

Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) : Installations soumises à autorisation qui entrent dans le champ d'application de la loi sur les ICPE. Il peut s'agir d'usines, d'élevages importants ou d'autres installations industrielles ou de production d'énergie. Sont considérées comme potentiellement dangereuses les installations classées qui présentent, en raison de l'activité exercée, des risques technologiques importants : incendie, explosion, émanation de substances toxiques, etc.

Radioactivité : Propriété de certains éléments chimiques dont les noyaux se désintègrent spontanément pour former d'autres éléments en émettant des rayonnements ionisants.

Radioélément : Élément radioactif naturel ou artificiel.

Radioprotection : Ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants produits sur les personnes directement ou indirectement, y compris par les atteintes portées à l'environnement.

Quelques ressources et acteurs

NIVEAU NATIONAL

L'Autorité de sûreté nucléaire

<http://www.asn.gouv.fr>

Le Ministère de l'écologie et du développement durable

<http://www.ecologie.gouv.fr>

L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire

<http://www.irsn.org>

Le Plan national santé environnement

<http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/pnse/sommaire.htm>

La Société française d'énergie nucléaire

<http://www.sfen.org>

L'Institut de veille sanitaire

<http://www.invs.sante.fr>

Les Observatoires de la radioactivité de l'environnement

<http://www.irsn.fr>

L'Observatoire de la qualité de l'air intérieur

<http://www.air-interieur.org>

L'Association nationale pour la gestion des déchets radioactifs

<http://www.andra.fr>

La Société française de radioprotection

<http://www.sfrp.asso.fr>

La Commission de recherche et d'information indépendantes sur la radioactivité

<http://www.criirad.com>

Le Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement

<http://www.mesure-radioactivite.fr>

L'Institut national de l'environnement industriel et des risques

<http://www.ineris.fr>

NIVEAU REGIONAL

La Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement

<http://www.rhone-alpes.drيره.gouv.fr>

Les Commissions locales d'information

<http://www.asn.gouv.fr/cli/presentation/index.asp>

L'Autorité de sûreté nucléaire de Lyon (Division de sûreté nucléaire et de radioprotection)

<http://www.asn.gouv.fr/regions/lyon/index.asp>

Les Directions départementales et régionale des affaires sanitaires et sociales de Rhône-Alpes

<http://rhone-alpes.sante.gouv.fr>

Le Plan régional santé-environnement

<http://rhone-alpes.sante.gouv.fr/sante/prsp/acrobat/prse.pdf>

La Communauté urbaine de Lyon

<http://www.grandlyon.com>

NIVEAU INTERNATIONAL**La Commission internationale de protection radiologique**

<http://www.icrp.org>

Le Centre international de recherche sur le cancer

<http://www.iarc.fr>

Bibliographie

1. Gérard J.P., Jacquet J.P. Radioactivité et rayonnements ionisants. Synthèse pratique : les messages. Académie nationale de médecine, Académie nationale de pharmacie, Société française de radiologie, Société française de radiothérapie oncologique et Société française de biophysique et médecine nucléaire. 2003, p9-12.
2. Momas I., Caillard JF., Lesaffre B. Plan National Santé Environnement. Rapport de la Commission d'Orientation. La Documentation Française, 296p, 2004
3. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). La radioactivité dans notre environnement. Les dossiers, 2004. Disponible sur <<http://www.irsn.org/>> (consulté en mai 2006).
4. Ministère de la Solidarité de la Santé et de la Protection Sociale. Ministère de l'écologie et du développement durable. Ministère de l'emploi du travail et de la cohésion sociale. Ministère Délégué à la Recherche. Santé environnement ; Franchir une nouvelle étape dans la prévention des risques sanitaires liés à l'environnement. Plan national 2004 – 2008. Paris : Mssps, 88p, 2004. (+synthèse 7p.).
5. Le radon en question. Lettre bilan des journées d'information sur le radon. Rennes, Montluçon, Lyon. IRSN, mai 2002, 8p.
6. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Le radon. IRSN, les livrets de l'IRSN. 2003, 13p.
7. Gérin M., Gosselin P., Cordier S. et al. Environnement et santé publique. Fondements et pratiques. Éditions Tec & Doc, Edisem, fév. 2003, 1023p.
8. Préfecture de la région Rhône-Alpes, Région Rhône-Alpes, Direction régionale de l'environnement (DIREN) Rhône-Alpes et Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME). Profil environnemental régional 2005. Mars 2006, 174p.
9. Organisation mondiale de la santé (OMS). Radon et cancer. Aide-mémoire n°291, juin 2005, 4p.
10. Dossier santé et environnement. Actualité et Dossier en santé publique, 1995, n°13, 43p.
11. Catelinois O, Rogel A, Laurier D, et al. Lung cancer attributable to indoor radon exposure in france: impact of the risk models and uncertainty analysis. Environ Health Perspect, 114 (9). Sept. 2006, p1361-1366.
12. Direction régionale des affaires sanitaires et sociale (DRASS) Rhône-Alpes. Radon : l'État informe des risques potentiels et des mesures nécessaires dans le Rhône. Communiqué de presse. Juin 2002 Disponible sur <<http://rhone-alpes.sante.gouv.fr/sante/environn/radon0.htm>> (consulté en mai 2006).
13. Organisation mondiale de la santé (OMS). Uranium appauvri. Aide-mémoire n°257, janv. 2003, 4p.
14. Aurengo A., Tubiana M. L'évaluation du risque des faibles doses : l'exemple des rayonnements ionisants en pratique médicale. Environnement, Risques & Santé, éditorial juil.-août 2005, vol. 4, n°4, p245-7.
15. Cardis E. Données épidémiologiques et estimations de risques radio-induits. Rev Epidemiol Sante Publique. 2002, vol.50, n°1, p27-39.
16. White-Koning M. Incidence des leucémies de l'enfant aux alentours des sites nucléaires français entre 1990 et 1998. Bulletin épidémiologique hebdomadaire (BEH) n°4, 24 janv.2006, p31-32.
17. Gautheron S., Chevrier C., Laborier J.C, Robert-Gnansia E. Prévalence des malformations congénitales autour des centrales nucléaires/utilisation des données du registre France Centre-Est. Environnement, Risques & Santé, mai-juin 2005, vol.4, n°3, p179-86.
18. Institut de veille sanitaire (InVS). L'InVS dresse un bilan de la surveillance des cancers de la thyroïde en France en lien avec l'accident de Tchernobyl à l'occasion du 20^{ème} anniversaire de la catastrophe. InVS, communiqué de presse, 24 avr. 2006, 1p.
19. Saint-Ruf M. Un registre des cancers thyroïdiens créé en Rhône-Alpes. Le quotidien du médecin, 30 mai 2000, n°6717.
20. De Vathaire F. Données épidémiologiques sur les effets cancérigènes des faibles doses de rayonnements ionisants. Environnement, Risques & Santé, synthèse, juil.-août 2005, vol.4, n°4, p283-93.

21. Zmirou D., Bard D., Dab W., Dor F., Goldberg M., Hubert P., Potelon JL., Quenel P., Pelt JM. Quels risques pour notre santé ? Paris, Syros, 335p., 2000.
22. Institut français de l'environnement (IFEN). Base de données EIDER (ensemble intégré des descripteurs de l'environnement régional). CD-Rom de données n°1, Sept. 2005.
23. Cardis E, Howe G, Ron E, et *al.* Cancer consequences of the Chernobyl accident: 20 years on. J Radiol Prot. 26(2). Juin 2006, p127-40.
24. Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Les situations d'urgence radiologique. Fiche d'information ASN n°6, nov.2005, 6p.
25. Bulletin épidémiologique hebdomadaire (BEH). Exposition aux radiations ionisantes d'origine médicale. BEH, n° 15-16/2006 (thématique), 18 avr. 2006, 12p.

Dossiers complémentaires à consulter :

- ◆ Les rayonnements non ionisants
- ◆ L'habitat et l'air intérieur
- ◆ Les sols
- ◆ Le traitement des déchets

Sont remerciés pour leur précieuse relecture :

- ◆ Michel Bourguignon, Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)
- ◆ Jacques Orgiazzi, Centre Hospitalier Lyon Sud
- ◆ Cellule d'intervention régionale en épidémiologie (CIRE) de Rhône-Alpes