LA RADIO-ACTIVITÉ AUTOUR DE NOUS

© ROYALLIN - Pixel & Création

© ASN et IRSN — sous la direction de : Geneviève Baumont, Emmanuel Bouchot, Olivier Jaray
Conception : Âme en science, La fabrique-créative, Philizon consultant — Illustrations et infographie : Dandi de la manufacture - Thomas Cabelic
Reproduction interdite sans l'accord de l'ASN/IRSN

AUTORITÉ DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

6 | 1+

LA RADIOACTIVITÉ DANS L'AIR

Notre atmosphère est traversée par des RAYONNEMENTS NATURELS venant du sol et de l'espace.
On y trouve également des radionucléides artificiels issus des ACTIVITÉS HUMAINES.

La radioactivité naturelle dans l'air

- Les rayons cosmiques

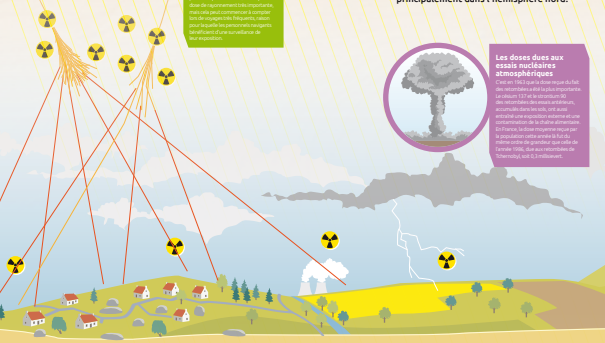
Nous recevons en permanence des rayonnements en provenance des confins de l'univers. Des dizaines de milliers de particules frappent chaque mètre carré de la terre, chaque seconde.

Au contact de notre atmosphère, ces particules cosmiques sont responsables de la formation d'éléments radioactifs comme le carbone 14 ou le tritium.

CALCULEZ LA DOSE REÇUE POUR VOTRE PROCHAIN VOL EN AVION!
http://www.orsen7.qc.ca/

Dose cosmique
Les rayonnements cosmiques représentent 15 à 20% de la dose de radioactivité naturelle que chacun de nous reçoit. Cela représente 0,3 à 0,5 millisievert par an.

Plus près des cieux
Plus on monte en altitude, plus la protection contre les rayonnements cosmiques diminue.
Lorsque l'on prend l'avion, on est donc plus exposé aux rayonnements venant de l'espace. Un vol Bruxelles-New York correspond à peu près à une radio pessonnique dentaire. Ce n'est pas une dose de rayonnement très importante, mais cela peut commencer à compter lors de voyages très fréquents, raison pour laquelle les personnels navigants bénéficient d'une surveillance de leur exposition.



La radioactivité artificielle dans l'air

- Les installations nucléaires

Les installations nucléaires rejettent dans l'air des éléments radioactifs tels que le tritium, le carbone 14 ou l'iode 131. Ces rejets gazeux sont mesurés par les exploitants, l'IRSN, et contrôlés par l'ASN en regard des valeurs fixées par la réglementation. Leur impact sur l'environnement est surveillé par les exploitants et par l'IRSN.

- Les essais nucléaires

Entre 1945 et 1980, plus de 500 tirs ont été réalisés dans l'atmosphère. Les particules radioactives de césium 137, de strontium 90 et les isotopes du plutonium (238, 239, 240, 241) passent alors de quelques heures à quelques mois dans l'atmosphère avant de retomber au sol où ils persistent encore, principalement dans l'hémisphère nord.

Les doses dues aux essais nucléaires atmosphériques
C'est en 1963 que la dose reçue du fait des retombées a été la plus importante. Le césium 137 et le strontium 90 des retombées des essais antérieurs, accumulés dans les sols, ont aussi entraîné une exposition externe et une contamination de la chaîne alimentaire. En France, la dose moyenne reçue par la population cette année là fut du même ordre de grandeur que celle de l'année 1986, due aux retombées de Tchernobyl, soit 0,3 millisievert.

Le radon

L'uranium naturellement présent dans les roches en France produit du radon, un gaz radioactif, qui s'échappe dans l'air. Les sols granitiques sont les plus concernés, comme en Bretagne et dans le Limousin.

En débat

Le nuage de Tchernobyl

« Le nuage s'est arrêté à la frontière » ... C'est la phrase qu'ont mémorisée les Français.
Ils reprochent le manque d'informations reçues à l'époque sur la contamination de la France et des denrées.

Le nuage radioactif a été suivi et analysé. Une coopération internationale a été mise en place pour étudier son parcours et ses retombées.

LA RECONSTITUTION DU NUAGE DE TCHERNOBYL
http://www.irsn.fr/fr/chernobyl-panache/

MODÉLISATION DES REJETS DE FUKUSHIMA
http://www.irsn.fr/fr/fukushima-modelisation/

Et en cas d'accident nucléaire ?

Lors d'un accident nucléaire, comme celui de Tchernobyl et de Fukushima, des produits de fission comme le césium, l'iode et le strontium peuvent être dispersés dans l'air. Le nuage radioactif va se déplacer au gré des vents, les radionucléides vont être déposés sur le sol par la pluie, le brouillard ou la neige.

La météo est donc déterminante lors d'un accident nucléaire.

Nous recevons continuellement des radiations en provenance de l'espace. Nos sols dégagent naturellement un gaz radioactif, le radon.

6 | 2+

LA RADIOACTIVITÉ DANS LES SOLS

Depuis l'origine de la TERRE, les sols sont NATURELLEMENT riches en éléments RADIOACTIFS.
Depuis le XXe SIÈCLE, l'homme y a apporté une part de RADIOACTIVITÉ ARTIFICIELLE.

La radioactivité naturelle dans le sol

De nombreux éléments radioactifs comme le potassium, l'uranium, le radium et le thorium sont présents dans l'écorce terrestre. Leur concentration varie selon la nature du sol.

La radioactivité est cinq à vingt fois plus élevée dans les massifs granitiques que dans les autres terrains.

La radioactivité artificielle dans le sol

En fonctionnement normal, les installations nucléaires rejettent dans l'air des éléments radioactifs comme le carbone 14, qui a une durée de vie assez longue. Ces éléments peuvent se retrouver dans les sols cultivés notamment en raison des pluies et des dépôts secs laissés par les vents.

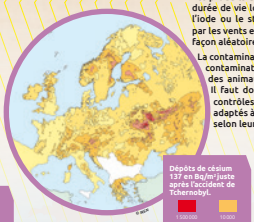
Et en cas d'accident nucléaire ?

En cas d'accident nucléaire, comme celui de Tchernobyl et de Fukushima, les sols peuvent être fortement contaminés.

Les produits lourds, comme le plutonium et l'américium, sont peu dépendants de la météo et vont contaminer l'installation accidentée et ses alentours.

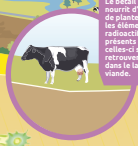
Les produits de fission plus légers et à durée de vie longue comme le césium, l'iode ou le strontium sont emportés par les vents et déposés par la pluie de façon aléatoire.

La contamination des sols conduit à la contamination de la végétation et des animaux qui s'en nourrissent. Il faut donc mettre en place des contrôles et des autorisations adaptés à chaque type de produit, selon leur exposition potentielle.



La pluie dépose les éléments radioactifs de l'air dans le sol. En cas d'accident, le niveau de contamination dépend de la quantité de pluie tombée.

Les plantes absorbent les éléments radioactifs du sol par leurs racines.



Le bétail se nourrit d'herbe et de plantes : les éléments radioactifs présents dans celles-ci se retrouvent dans le lait et la viande.

6 | 3+

LA RADIOACTIVITÉ DANS L'EAU

L'EAU transporte les éléments radioactifs PRÉSENTS NATURELLEMENT dans les roches et l'air.
Elle peut aussi transporter des éléments artificiels.

La radioactivité naturelle dans l'eau

L'eau douce traverse des terrains qui peuvent être chargés naturellement en éléments radioactifs. Ces éléments vont se retrouver dans les nappes phréatiques et les rivières.

Les eaux minérales puisées dans des terrains granitiques peuvent contenir du potassium 40, du radon ou de l'uranium dissous et sont ainsi plus radioactives que les eaux de surface.

L'eau de mer est également naturellement radioactive : elle contient notamment du tritium et du polonium que l'on retrouve dans le poisson.

La radioactivité artificielle dans l'eau

Toutes les centrales nucléaires sont construites à proximité d'un bras d'eau ou de la mer, pour assurer leur refroidissement. En fonctionnement normal, ces installations rejettent des éléments radioactifs sous forme liquide qui peuvent se retrouver dans les rivières et la mer puis dans des organismes vivants aquatiques. Ces rejets sont soumis comme les rejets gazeux à des valeurs seuils fixées par l'ASN ; leur impact sur l'environnement est mesuré et surveillé par les exploitants et par l'IRSN.

Et en cas d'accident nucléaire ?

En cas d'accident dans une centrale nucléaire, les eaux de pluie et de ruissellement se chargent d'éléments radioactifs rejetés dans le sol et dans l'air. Sous la centrale, la nappe phréatique peut être menacée en cas de fusion du cœur du réacteur et de percement de la cuve et de la dalle. C'est un des scénarios les plus redouté en cas d'accident.

© Fotolia - Sergey Nivens

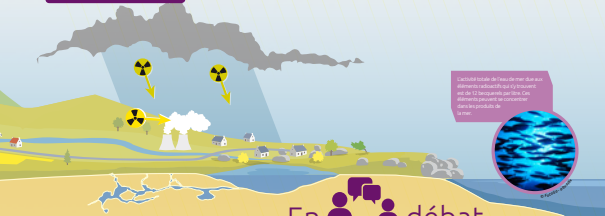
L'eau potable réglementée

D'après l'Organisation mondiale de la santé (OMS), une eau ne doit pas contenir plus de 10 000 becquerels de tritium par litre. La dose totale indicative par habitant ne doit pas dépasser 0,1 millisievert par an, à raison d'une consommation de 2 litres par jour.

Une étude de l'IRSN a chiessé en 2013 un état des lieux complet de la qualité radiologique des eaux et bouteilles produites dans l'Hexagone. Sur les 75 eaux de sources et 47 eaux minérales analysées, 6 dépassaient le seuil recommandé.

© Fotolia - Sergey Nivens

Radioactivité des eaux minérales en France
http://www.irsn.fr/FR/Recherche/Publications_expertise/Documents/environnement/ANS_DOE_0003_Etude-qualite-radiologique-eaux-conditionnees-2012.pdf



L'activité totale de l'eau de mer due aux éléments radioactifs qu'y nagent est de 12 becquerels par litre. Ces éléments peuvent se concentrer dans les produits de la mer.

© Fotolia - Arnaud

En débat

L'immersion des déchets radioactifs

Depuis 1946, de nombreux pays ont rejeté leurs déchets dans les océans. En Europe, le Royaume-Uni et la Belgique les ont immergés dans la fosse des Casquets au nord-ouest du Cap de La Hague, et la France au grand large de la Galice et de la Bretagne. L'immersion des déchets radioactifs dans les fonds marins avait été considérée comme sûre par la communauté scientifique. La dilution et la durée présumée d'isolement apportées par le milieu marin semblaient suffisantes.

L'immersion de déchets en mer est désormais interdite par le protocole de Londres signé en 1996 et ratifié en 2006 par 30 pays, dont la France. La France a arrêté d'immerger ses déchets après 1969. Elle a construit des centres de stockage et d'entreposage sur terre. On réfléchit désormais au stockage des déchets radioactifs en couche géologique profonde.

© Fotolia

L'eau potable est naturellement légèrement radioactive, comme la plupart de nos aliments.
Il faut en revanche absolument la protéger d'une contamination artificielle !

6 | 4+

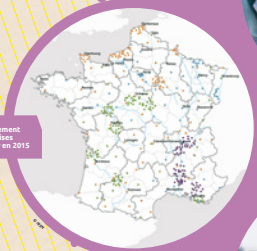
LES MOYENS DE SURVEILLANCE ET DE CONTRÔLE

La VEILLE PERMANENTE des niveaux de radioactivité dans l'air, l'eau, les sols et les aliments en France implique des acteurs multiples, principalement les exploitants d'activités nucléaires, l'ASN qui en assure le contrôle et l'IRSN qui mène des campagnes de surveillance.

Le point zéro

Pour mesurer l'impact d'une installation nucléaire sur son environnement, on effectue d'abord des mesures de référence, avant le chantier de construction : c'est le point zéro. On peut ainsi suivre de façon objective l'évolution des niveaux de radioactivité pendant toute la durée de l'exploitation de cette installation.

© Greenpeace / Lefrancois



Déploiement des balises Téléray en 2015

© ASN

© Hydrotéléray / IRSN

Analyses et contrôles locaux

Les exploitants transmettent tous les mois leurs résultats de mesures réglementaires de surveillance à l'ASN, et au Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM). Ce réseau compile l'ensemble des données mesurées par les laboratoires français. Elles peuvent être consultées par tous.

Les laboratoires de l'IRSN analysent des échantillons prélevés dans l'air, l'eau, le sol, la faune et la flore. Un réseau d'environ 600 stations fournit chaque année près de 15 000 échantillons sur lesquels sont pratiquées plus de 20 000 analyses de radioactivité.

L'ASN mène chaque année plusieurs dizaines d'inspections spécifiques pour vérifier le respect des limites des rejets autorisés des installations nucléaires.

Des mesures en continu

Des mesures du rayonnement ambiant dans l'air et dans les fleuves sont effectuées en continu à l'aide de balises automatiques. Plus de 400 balises Téléray de l'IRSN effectuent des dizaines de millions de mesures par an dans l'air. Sept stations Hydrotéléray sont dévolues à la surveillance continue des fleuves en aval des installations nucléaires.

LES RÉSULTATS DES MESURES EFFECTUÉES DE LA RADIOACTIVITÉ EN FRANCE SONT DISPONIBLES SUR LE SITE DU RNM.
http://www.mesure-radioactivite.fr/

La radioactivité en France est surveillée en permanence par des balises automatiques, des inspecteurs et des équipes scientifiques.

LA RADIOACTIVITÉ DANS L'ALIMENTATION

Les animaux et les plantes puisent leurs ressources dans l'AIR, l'EAU et le SOL. Les éléments radioactifs se retrouvent ainsi tout le long de la chaîne alimentaire.

La radioactivité naturelle des aliments

Tous les aliments sont naturellement radioactifs du fait du potassium 40, du carbone 14, du polonium 210, etc. qu'ils contiennent. Par exemple, 1 kg de pommes de terre contient environ 130 Bq de potassium 40.

L'eau, qui contient naturellement du tritium ou des traces d'uranium est également radioactive. C'est ainsi depuis les origines de la Terre.

La dose moyenne estimée qui en résulte est de 0,55 mSv/an.

La radioactivité artificielle des aliments

Les radionucléides issus des rejets d'une installation nucléaire en fonctionnement normal sont susceptibles d'être transférés aux plantes, et donc aux animaux et aux hommes. Les sites nucléaires sont surveillés rigoureusement et les mesures réalisées sur les aliments et les productions agricoles sont adaptées aux spécificités locales (le type de source d'irrigation ou encore les traditions culinaires). Autrement dit, les campagnes de mesure régionales ciblent les produits les plus consommés localement.

© PHOTOPQR / MAXPPP

© POTOLIA / Maxpp

© P. LOUIS / Maxpp

Et en cas d'accident nucléaire ?

Les légumes à feuilles (comme les salades) et l'herbe que mangent les animaux sont immédiatement contaminés par les dépôts. Plus tard, les champignons et les myrtilles par exemple, qui ont un système racinaire très développé, vont capter de façon plus importante les éléments radioactifs d'un sol contaminé, que les carottes, qui ont une racine pivot.

Les seuils de tolérance et d'autorisation de mise sur le marché sont calculés en fonction des habitudes de consommation.

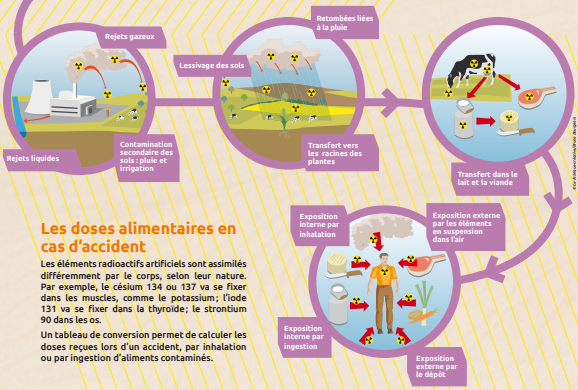
Par exemple, on mange plus de riz au Japon qu'en France. Pour protéger les Japonais, le niveau de radioactivité autorisé dans le riz est plus bas que chez nous.

DE L'ENVIRONNEMENT À L'ASSIETTE

Il existe des TRANSFERTS de radioéléments entre l'air, l'eau, les sols et les organismes vivants qu'ils soient naturels ou artificiels.

L'homme est donc toujours et en tous lieux exposé aux rayonnements par IRRADIATION, INHALATION ET INGESTION. La radioactivité artificielle augmente son exposition, surtout en cas d'accident.

LES TRANSFERTS RADIOACTIFS DANS L'ENVIRONNEMENT ET LEURS EFFETS SUR L'HOMME



© IRSN/DIRECTION/DIVULGATION - 2010/2011

Les doses alimentaires en cas d'accident

Les éléments radioactifs artificiels sont assimilés différemment par le corps, selon leur nature. Par exemple, le césium 134 ou 137 va se fixer dans les muscles, comme le potassium; l'iode 131 va se fixer dans la thyroïde; le strontium 90 dans les os.

Un tableau de conversion permet de calculer les doses reçues lors d'un accident, par inhalation ou par ingestion d'aliments contaminés.

Du becquerel au millisievert, le calcul mystérieux enfin expliqué !

En cas d'accident, les autorités fixent des seuils de contamination pour chacune des denrées agricoles en dessous desquels elles peuvent être commercialisées. Quelle est la dose annuelle reçue si l'on consomme ces denrées ?

Par exemple au Japon, le seuil de radioactivité pour que le riz soit commercialisable est de 100 becquerels au kg. Imaginons qu'un Japonais mange 100 g de riz par jour soit 36,5 kg par an, il ingérerait donc 3 650 becquerels par an, si ce riz est à la limite du seuil. Calculons la dose reçue à partir du tableau ci-dessous qui donne les facteurs de conversion entre les becquerels et les sieverts, en tenant compte de la sensibilité selon l'âge :

Age de la personne	1 an	5 ans	10 ans	15 ans	Adulte
Iode 131	$1,8\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$5,2\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$
Césium 137	$2,1\ 10^{-8}$	$9,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$

Prenons l'exemple du césium:
Pour un enfant de 1 an, le coefficient est de $2,1 \times 10^{-8}$ sieverts par becquerel ou $2,1 \times 10^{-5}$ millisieverts par becquerel, la dose annuelle reçue liée uniquement à sa consommation de riz, est donc de :

$$\frac{3\,650 \times 2,1}{100\,000} = 0,076 \text{ millisievert par an}$$

Pour un adulte, le coefficient est de $1,3 \times 10^{-9}$ sievert par becquerel ou $1,3 \times 10^{-6}$ millisievert par becquerel, sa dose pour le riz est donc de :

$$\frac{3\,650 \times 1,3}{100\,000} = 0,047 \text{ millisievert par an}$$

Pour calculer l'impact de la radioactivité sur l'homme, on tient compte de « l'activité » des radionucléides et de l'âge de la personne. Il s'agit donc d'une indication, qui peut permettre aux pouvoirs publics, en cas d'accident, de prendre des décisions d'interdiction de consommation de certains produits alimentaires.