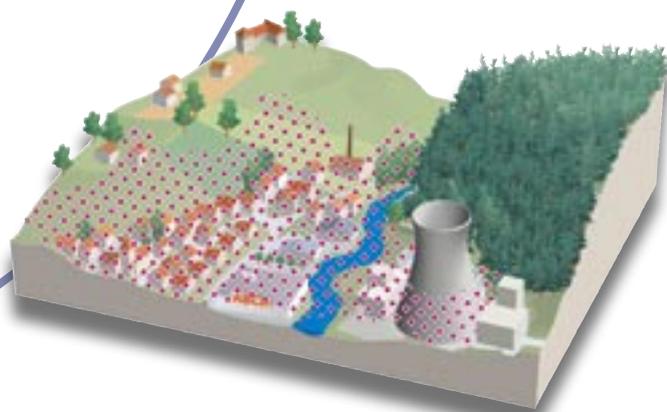


Le risque nucléaire



DOSSIER D'INFORMATION

Sommaire

Introduction	2
---------------------------	----------

Quelques notions de base

Quelques questions	3
---------------------------------	----------

- Qu'est-ce que la radioactivité ?
- Qu'est-ce que la fission ?
- Qu'est-ce que la contamination ?
- Qu'est-ce que l'irradiation interne ?

Les unités de mesure	5
-----------------------------------	----------

- Le becquerel pour mesurer la radioactivité
- Le gray pour mesurer la dose absorbée
- Le sievert pour mesurer les dégâts biologiques

Les effets du rayonnement sur l'homme	6
--	----------

- Les conséquences d'une irradiation
- Les normes admissibles

Les principaux types d'accidents et leurs conséquences	8
---	----------

- Les différents types d'accidents
- L'accident grave dans une centrale électronucléaire et ses conséquences pour l'environnement
- L'indicateur de gravité des accidents nucléaires : l'échelle INES

Quelques évènements historiques.....	10
---	-----------

La prévention des accidents

La réglementation	11
--------------------------------	-----------

- La réglementation des installations nucléaires de base (INB)
- Les principes de sécurité appliqués dans les installations nucléaires
- Le contrôle des installations nucléaires
- L'organisation française du contrôle de la sûreté des installations nucléaires

La planification des secours	12
---	-----------

- Le plan d'urgence interne
- Le plan particulier d'intervention
- Le plan ORSEC

L'information de la population	14
---	-----------

- Les documents d'information
- L'information en temps normal
- L'information en cas de crise
- Les consignes à appliquer

L'indemnisation	16
------------------------------	-----------

Références	17
-------------------------	-----------

Glossaire	18
------------------------	-----------

Document d'information édité par
le ministère de l'Écologie et du Développement durable,
direction de la Prévention des pollutions et des risques,
sous-direction de la Prévention des risques majeurs

Conception et réalisation :
Alp'Géorisques [38420 Domène]
IRMA - Institut des risques majeurs [38000 Grenoble]
Graphies [38240 Meylan]

Décembre 2002

Introduction

La découverte de la radioactivité naturelle par Becquerel remonte à 1896. Elle permet le développement scientifique de la radiographie et de la radiothérapie. Mais ce n'est que cinquante ans plus tard, en 1945, que les populations du monde découvrirent l'arme nucléaire et ses effets lors de l'explosion des deux bombes atomiques américaines de 1945 à Hiroshima et Nagasaki.

Après la guerre, dans les années soixante, beaucoup d'espoirs ont été mis dans le développement des applications pacifiques de la radioactivité. La production d'électricité en est la plus connue. Mais aujourd'hui les utilisations médicales et industrielles de la radioactivité se retrouvent tant en chimie, en biologie ou en archéologie, que dans les sciences de la terre et de l'univers ou en agroalimentaire.

La crise pétrolière de 1973 a incité certains pays, dont la France, à réaliser des programmes ambitieux de production d'électricité à partir de centrales électronucléaires.

Actuellement, la contrepartie du développement de l'industrie électronucléaire est beaucoup mieux mise en lumière : problèmes de sécurité des installations, risques d'accidents graves, mis en évidence par l'accident de Tchernobyl en 1986, problèmes du devenir des déchets. Parallèlement, les craintes du public vis-à-vis de l'exploitation de l'énergie nucléaire se manifestent de façon beaucoup plus insistante dans la plupart des pays qui ont eu recours à cette forme d'énergie.

Les technologies utilisant la radioactivité sont extrêmement différentes que ce soit dans le domaine civil ou militaire. Il convient de ne pas les confondre mais surtout de retenir la spécificité des dangers de la radioactivité pour l'homme et son environnement liée aux effets des rayonnements. Pour ce faire, il est nécessaire d'explicitier dans ce domaine certaines notions générales de base.

Quelques définitions

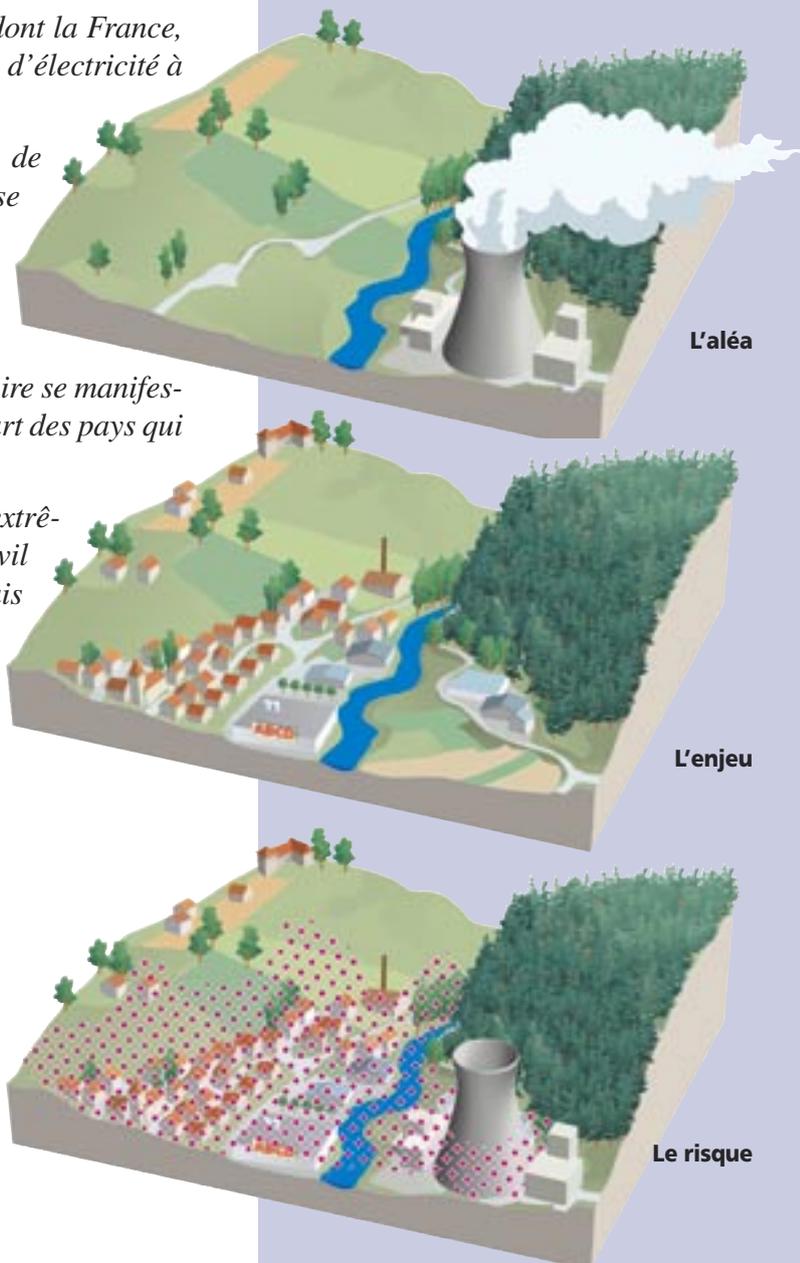
L'aléa correspond à la probabilité de manifestation d'un phénomène accidentel se produisant sur un site industriel.

L'enjeu est l'ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel ou technologique.

Le risque est la combinaison de l'aléa et des enjeux (un explosif dans le désert n'est pas un risque alors que placé dans une zone urbanisée il en devient un).

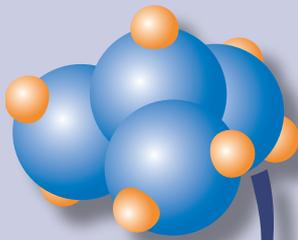
La vulnérabilité exprime et mesure le niveau de conséquences prévisibles de l'aléa sur les enjeux. Différentes actions peuvent réduire cette vulnérabilité en atténuant l'intensité de certains aléas ou en limitant les dommages sur les enjeux.

Le risque majeur est la conséquence d'un aléa d'origine naturelle ou technologique, dont les effets peuvent mettre en jeu un grand nombre de personnes, occasionnent des dégâts importants et dépassent les capacités de réaction des instances directement concernées.

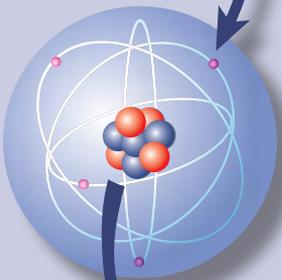


QUELQUES NOTIONS DE BASE

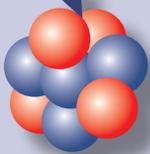
Comment sont constitués les atomes ?



La matière est constituée de molécules elles-mêmes formées d'atomes



L'atome est constitué d'un noyau autour duquel gravitent des électrons



Le noyau est constitué de protons et de neutrons

L'élément naturel dont le noyau contient le plus de protons est le noyau d'uranium. Celui qui en contient le moins (un seul) est le noyau d'hydrogène. En général, protons et neutrons sont solidement liés entre eux ; le noyau est alors « stable ».

Des éléments radioactifs dans la nature

Le **potassium**, très répandu dans la nature et présent dans tout organisme vivant, est constitué d'un mélange de 99,998 % de potassium stable non radioactif et de 0,012 % de potassium 40 radioactif.

L'**uranium naturel** que l'on extrait de certains gisements miniers, mais qui se trouve à l'état de traces dans presque tous les sols, est constitué d'un mélange de 99,3 % d'uranium 238 et de 0,7 % d'uranium 235, tous deux éléments radioactifs.

D'autres éléments radioactifs sont produits artificiellement, dans les centrales électronucléaires, comme l'iode 131, le césium 137 ou le plutonium 239.

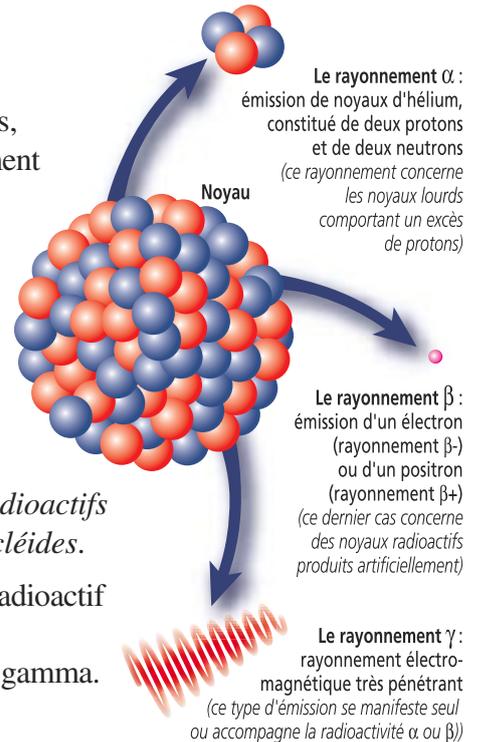
Quelques questions

■ Qu'est-ce que la radioactivité ?

Certains noyaux sont instables, c'est-à-dire qu'ils se transforment spontanément. Ils perdent des neutrons et des protons (on dit qu'ils se désintègrent) en émettant différents types de rayonnements : on appelle cela la *radioactivité*.

Les éléments constitués d'atomes ayant des noyaux instables sont des *éléments radioactifs* ou *radioéléments* ou *radionucléides*.

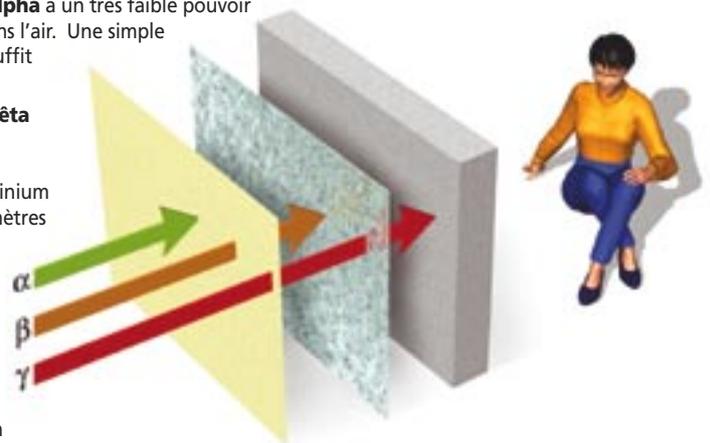
En se désintégrant, un noyau radioactif peut émettre divers types de rayonnements : alpha, bêta ou gamma.



Le rayonnement **alpha** a un très faible pouvoir de pénétration dans l'air. Une simple feuille de papier suffit à l'arrêter.

Le rayonnement **bêta** parcourt quelques mètres dans l'air. Une feuille d'aluminium de quelques millimètres peut l'arrêter.

Le rayonnement **gamma** peut parcourir plusieurs centaines de mètres dans l'air. Il faut une forte épaisseur de béton ou de plomb pour l'arrêter.



Chaque substance radioactive est donc constituée d'atomes, dont les noyaux ont tendance à se désintégrer en émettant des rayonnements caractéristiques, pendant un temps spécifique. Le temps mis par la moitié des noyaux de la substance pour se désintégrer est appelé *période radioactive* (T) ou *demi-vie*.

Cette période varie, dans de grandes proportions, selon la nature du radioélément : elle est de huit jours pour l'iode 131, de trente ans pour le césium 137, de 24 000 ans pour le plutonium 239 et de plus d'un milliard d'années pour le potassium 40.

Au bout d'une période, la radioactivité est divisée par 2, au bout de deux périodes, elle est divisée par 4, etc. Ainsi, au bout de dix périodes, la radioactivité est divisée par plus de 1 000.

La radioactivité disparaît donc dans le temps, rapidement pour les radioéléments à période courte et très lentement pour ceux qui ont une période très longue.

■ Qu'est-ce que la fission ?

Certains noyaux lourds et donc instables, comme l'uranium 235 et le plutonium, sont radioactifs. Sous l'action de particules comme les neutrons, qui viennent les heurter, ils se cassent en deux ou trois morceaux. C'est ce que l'on appelle la *fission*.

En se cassant, ces noyaux libèrent de l'énergie. Les morceaux appelés *produits de fission* sont des éléments plus légers que l'élément de départ, mais très radioactifs (iode 131 et césium 137 par exemple).

Ce phénomène de fission est mis en œuvre dans les réacteurs électro-nucléaires, où l'on utilise l'énergie libérée par les fissions, sous forme de chaleur, pour la transformer en énergie mécanique, puis en énergie électrique comme dans n'importe quelle centrale thermique (fuel, gaz, charbon).

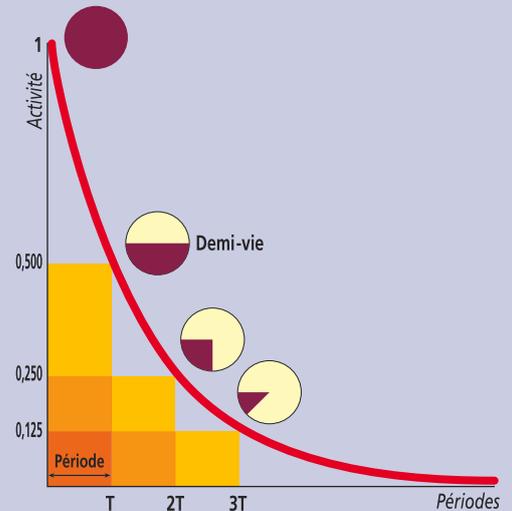
■ Qu'est-ce que la contamination ?

Des éléments radioactifs peuvent être rejetés accidentellement dans l'air et transportés au gré des vents, souvent très loin de leurs lieux d'émission. On parle alors de *contamination de l'air*.

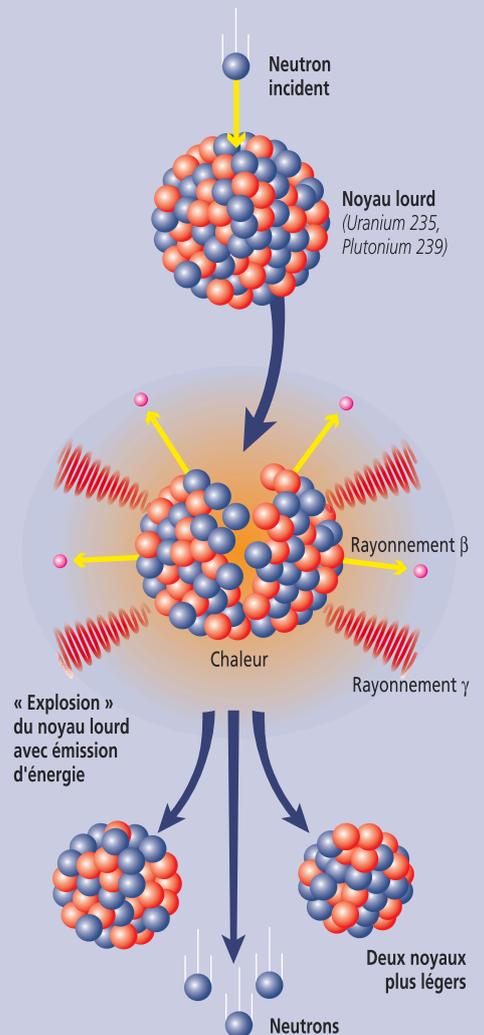
En respirant cet air contaminé, l'homme absorbe certaines des particules radioactives véhiculées par l'air : on dit qu'il y a *inhalation* d'éléments radioactifs.

Une certaine quantité des particules radioactives véhiculée par l'air se dépose sur le sol, les végétaux, dans l'eau des cours d'eau ou lacs : il y a *contamination de l'environnement*.

Si l'homme consomme des légumes sur lesquels se sont déposées des particules radioactives ou ayant poussé sur un sol contaminé, il ingère une partie de leur radioactivité. Les éléments radioactifs inhalés ou ingérés circulent dans l'organisme et vont se fixer temporairement sur certains organes. On dit qu'il y a *contamination interne de l'organisme*.



Décroissance de l'activité d'une substance radioactive
Le temps mis par la moitié des noyaux de la substance pour se désintégrer est appelée **période radioactive** ou **demi-vie**

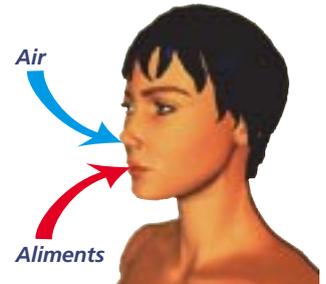


La fission d'un kilogramme d'uranium 235 produit une énergie équivalente à celle produite par la combustion de 2 400 tonnes de charbon ou 1 600 tonnes de fuel.

■ Qu'est-ce que l'irradiation interne ?

Au cours de la période où ils restent dans l'organisme, ces éléments radioactifs émettent des rayonnements qui irradient de l'intérieur les organes sur lesquels ils se sont temporairement fixés : il y a *irradiation interne*.

Progressivement, les éléments radioactifs fixés à l'intérieur de l'organisme s'éliminent par les phénomènes biologiques naturels ou par décroissance physique de leur radioactivité. Celle-ci est d'autant plus rapide que la période des radioéléments en cause est courte.



Une irradiation des tissus, qu'elle soit externe ou interne, produit le même type d'effets.

Les unités de mesure

Le danger des substances radioactives provient des lésions que peuvent créer les rayonnements lorsqu'ils traversent la matière vivante. Aussi on distingue trois unités de mesures qui correspondent à trois phénomènes différents.

■ Le becquerel pour mesurer la radioactivité

L'unité qui mesure l'activité d'un radioélément est le becquerel (Bq). On dit qu'une substance radioactive (une source radioactive) présente une radioactivité (une activité) d'un becquerel (1 Bq), lorsque dans cette source un noyau se désintègre chaque seconde.

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ désintégration par seconde}$$

■ Le gray pour mesurer la dose absorbée

En traversant la matière, les rayonnements émis par des sources radioactives heurtent les atomes constituant cette matière. Ils cèdent ainsi de l'énergie à ces atomes, qui vont être perturbés par cet apport d'énergie. Ces perturbations sont à l'origine des dégâts causés par les rayonnements à la matière irradiée (vivante ou non).

L'énergie cédée par les rayonnements à la matière irradiée est caractéristique de l'effet de l'irradiation. La quantité d'énergie dissipée dans un kilogramme de matière est appelée la dose absorbée (Da) et se mesure en gray.

$$1 \text{ gray} = 1 \text{ joule par kg} \quad (1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg})$$

■ Le sievert pour mesurer les dégâts biologiques

L'énergie cédée par les rayonnements aux tissus d'un organisme vivant crée des dégâts dans certaines des cellules constituant ce tissu.

Ordre de grandeur de la radioactivité naturelle de quelques produits courants

Produits	Radioactivité en Bq/kg
Aliments	
Lait	50 à 80
Pommes de terre	150
Blé	140
Viande	90
Légumes verts	100
Fruits	40 à 90
Matériaux de construction	
Briques	600 à 1 000
Bétons	200 à 700
Plâtres	40 à 1 000 (surtout radium)
Radioactivité du corps humain	4 000 (potassium 40)

Le débit de dose absorbée

Si une dose absorbée d'un gray est cédée à la matière irradiée en une heure, on dira que le débit de dose absorbée est d'un gray par heure (1 Gy/h ou 1 Gy.h⁻¹).

Le dégât biologique dépend de :

- la quantité d'énergie cédée, donc de la dose absorbée ;
- la nature du rayonnement qui a irradié le tissu (par exemple les neutrons sont plus nocifs que les rayonnements gamma) ;
- la nature des tissus irradiés (les différents organes du corps sont plus ou moins sensibles aux rayonnements).

La dose absorbée, mesurable physiquement à l'aide d'un dosimètre, ne permet pas d'évaluer les dégâts biologiques. C'est pourquoi, un coefficient biologique doit pondérer la dose absorbée pour rendre compte de ces effets. Concrètement, on multiplie la dose absorbée mesurée en gray par ce coefficient biologique, afin d'obtenir une mesure de dose équivalente en sievert (Sv).

Les effets des rayonnements sur l'homme

■ Les conséquences d'une irradiation

Les conséquences d'une exposition aux rayonnements varient selon :

- la dose reçue ;
- la nature du rayonnement (alpha, beta, gamma, neutrons) ;
- l'importance de la zone du corps atteinte ;
- la nature des tissus concernés ;
- le type d'irradiation, externe ou interne par contamination.

On distingue deux types d'effets des irradiations sur l'homme.

• **Les effets non aléatoires dus à de fortes doses d'irradiation**

Ces effets n'apparaissent qu'au-dessus d'un certain niveau d'irradiation. Ils interviennent rapidement après l'irradiation (quelques heures à quelques semaines).

Au fur et à mesure que croît le niveau d'irradiation, on observe :

- une modification de la formule sanguine ;
- l'apparition de maux divers : malaises, nausées, vomissements, érythèmes (brûlures de la peau), fièvre, agitation ;
- la probabilité d'une issue fatale.

Au-dessus d'un certain niveau, l'issue fatale est certaine.

• **Les effets aléatoires engendrés par de faibles doses d'irradiation**

Ces effets n'apparaissent pas systématiquement chez toutes les personnes irradiées. Leur probabilité d'apparition chez un individu

Comment réduire l'irradiation?

L'exposition aux rayonnements émis par une source radioactive peut être diminuée en :

- s'éloignant de la source ;
- limitant son temps de séjour au voisinage de cette source ;
- interposant entre la source et l'individu exposé des écrans de nature et d'épaisseur adaptées au type de rayonnement émis par la source (alpha, beta, gamma).

irradié est d'autant plus faible que le niveau d'irradiation est faible. Ces effets se manifestent longtemps après l'irradiation (plusieurs années). Ce sont principalement l'induction de cancers et, à un degré moindre, l'apparition d'anomalies génétiques.

■ Les normes admissibles

Les normes fixent les limites d'irradiation (externe, plus interne s'il y a lieu) à ne pas dépasser durant l'année pour la population (irradiation naturelle) et pour les travailleurs de l'industrie nucléaire, susceptibles d'être exposés à des rayonnements.

Le becquerel ne mesure que l'émission de radioactivité par une source : cette unité n'est pas adaptée à l'estimation du risque pour l'homme. C'est le sievert qui doit être utilisé.

Actuellement, les normes d'exposition à une irradiation résultant d'une activité nucléaire sont les suivantes* :

- irradiation annuelle à ne pas dépasser pour la population : un millisievert (1 mSv)
- irradiation annuelle à ne pas dépasser pour les travailleurs : cinquante millisievert (50 mSv), mais pas plus de 100 mSv en cinq ans.

Avec la directive européenne n° 92-29 du 13 mai 1996, qui doit être transposée dans les législations nationales, cette limite va être ramenée pour les travailleurs à vingt millisievert (20 mSv) par an.

L'irradiation d'origine naturelle subie en moyenne chaque année, est d'environ 2 mSv provenant du rayonnement cosmique (0,4 mSv au niveau de la mer), de l'irradiation externe par des éléments radioactifs naturels contenus dans les sols comme le potassium 40 ou l'uranium (0,4 mSv) et de l'irradiation interne par suite de l'ingestion et de l'inhalation des radioéléments naturels, principalement le potassium 40 et le gaz radon (1,2 mSv).

L'irradiation provenant des pratiques médicales (radiographie par exemple) représente environ 1 mSv par personne chaque année. À titre d'exemple, une radiographie du thorax délivre en moyenne une exposition de 0,04 mSv, une radiographie du bassin 1,5 mSv et une radiographie du rein 6 mSv.

Répartition des doses annuelles en fonction des différentes sources d'exposition

Exposition moyenne d'origine naturelle	
Radon (inhalation)	1,2 mSv
Tellurique (externe)	0,4 mSv
Cosmique (externe)	0,4 mSv
Alimentation (ingestion)	0,4 mSv
Total	2,4 mSv

Exposition résultant d'activités humaines	
Médical	1,0 mSv
Industrie nucléaire, essais de bombes en atmosphère, autres activités	0,2 mSv
Total	1,2 mSv

Total annuel	3,6 mSv
---------------------	----------------

Informations disponibles sur le site Internet de l'Autorité de sûreté nucléaire : http://www.asn.gouv.fr/publications/ra/RA_2001/20ch_8.pdf

* - Source : Pharmaciens et nucléaire – Informations pratiques - 1995.

Les principaux types d'accidents et leurs conséquences

■ Les différents types d'accidents

• Les accidents de contamination

Ils conduisent à un rejet de produits radioactifs à l'extérieur des enceintes où ils sont contenus et donc à une contamination de l'environnement. Celle-ci provoque des irradiations externes, puis des irradiations internes par inhalation d'air contaminé ou ingestion d'eau ou d'aliments contaminés. Les accidents les plus graves survenant dans les centrales électronucléaires font partie de cette catégorie.

Les installations de retraitement du combustible peuvent aussi donner lieu à des accidents de contamination, mais ceux-ci sont moins probables que pour les centrales (il n'existe en France que deux centres où ont lieu les retraitements, à Marcoule et à La Hague).

• Les accidents d'irradiation

Ils ont lieu lorsqu'une source radioactive intense sort de ses protections. De tels accidents peuvent se produire dans les cas suivants :

Les accidents de transport : des sources radioactives intenses sont transportées quotidiennement par route, rail, bateau. Leurs emballages, constitués de blindages importants, arrêtent les rayonnements et sont conçus et testés de façon à résister à tout accident, y compris aux incendies. Cependant, une fuite au cours d'un accident ne peut être totalement exclue.

Les utilisations industrielles de radioéléments : les appareils de contrôle des soudures (gammagraphes) sont à l'origine des incidents les plus fréquents : la source radioactive relativement intense est sortie de son conteneur de protection pour effectuer le contrôle de soudure. Il arrive que le mécanisme assurant la rentrée de la source se bloque. Il en résulte une zone autour de la source où règne un danger d'irradiation grave pour toute personne non avertie manipulant l'appareil ou la source (une bonne part des irradiés graves dans le monde l'a été au cours de tels incidents).

Les utilisations médicales de sources radioactives : les appareils de radiothérapie, dont certains contiennent des sources radioactives intenses, sont principalement visés. Ils peuvent donner lieu à des accidents de même type que les précédents.



Les centrales nucléaires françaises

Les questions importantes à se poser en cas d'accident :

- quelle est la source de la radioactivité (car cela détermine le type de rayonnement alpha, bêta ou gamma) ?
- depuis combien de temps est-on soumis à cette radioactivité ?
- à quelle distance est-on de la source ?
- à quelle dose d'irradiation est-on soumis ?

• Les accidents d'irradiation et de contamination

Les accidents les plus graves combinent en général les deux risques. Cependant, le risque d'irradiation grave sera localisé à l'intérieur et aux abords immédiats de l'installation accidentée, alors que le risque de contamination pourra toucher des zones étendues.

■ L'accident grave dans une centrale électronucléaire et ses conséquences pour l'environnement

L'accident le plus grave sur une telle installation est une rupture importante dans le circuit primaire de refroidissement du cœur du réacteur. La conséquence en est que l'eau du circuit primaire s'échappe et que le cœur n'est plus refroidi. Continuant à s'échauffer, celui-ci peut fondre. Des circuits de secours d'injection d'eau entrent alors en action et rétablissent petit à petit le refroidissement du cœur, avant que celui-ci n'ait fondu. Un tel accident est dit *accident de dimensionnement*.

En supposant que tous ces systèmes de refroidissement de secours ne fonctionnent pas, le cœur continue à s'échauffer et fond, en libérant tous les produits radioactifs qu'il contient. Cet accident est dit *accident hors dimensionnement ou accident grave*. Cependant, un tel accident ne se traduit pas par une explosion nucléaire, car une centrale électronucléaire ne peut pas se transformer en bombe atomique.

Les centrales françaises ont été conçues pour que l'enceinte de confinement, enceinte béton qui contient le réacteur, résiste à toutes les contraintes pouvant résulter de l'accident grave pendant au moins vingt quatre heures. Au-delà, si la pression dans l'enceinte augmentait jusqu'à risquer de dépasser la limite de résistance de celle-ci, il est possible de la dépressuriser à travers des filtres qui retiendraient la majeure partie de la radioactivité répandue à l'intérieur. Ceci étant, on considère qu'il pourrait être nécessaire d'évacuer la population

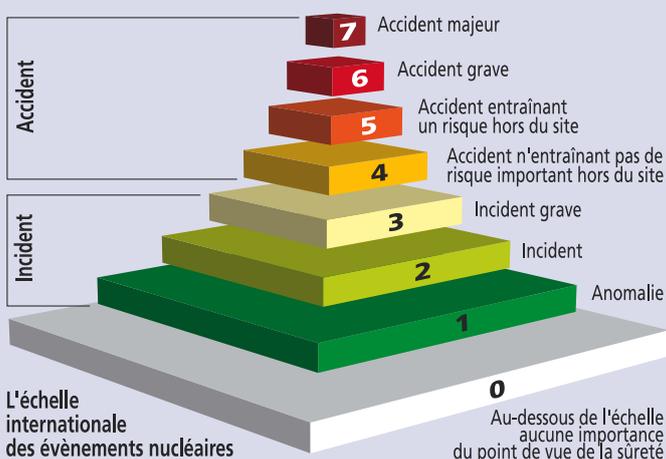
dans un rayon de cinq kilomètres autour de la centrale, avant que ne se produisent des rejets substantiels de radioactivité, et qu'il y aurait lieu de demander à la population de se mettre à l'abri à l'intérieur d'habitations ou de locaux fermés dans un rayon de dix kilomètres.

■ L'indicateur de gravité des accidents nucléaires : l'échelle INES

Afin de déterminer la gravité d'un incident ou d'un accident nucléaire, une échelle de gravité, dans le même esprit que l'échelle d'intensité des séismes, a été mise en œuvre à l'échelon international. Cette échelle, dite *échelle INES*, possède sept niveaux.

L'échelle INES

Dans cette échelle, l'accident de Tchernobyl est classé en niveau 7. L'incident survenu sur le barillet de déchargement des combustibles de Superphénix, qui a conduit au dernier arrêt de ce réacteur, avait été classé au niveau 2.



Quelques événements historiques

Mars 1954	Accident lors d'essais militaires américains aux îles Marshall : 239 habitants de ces îles irradiés principalement par ingestion et inhalation d'iode radioactif. 23 hommes d'équipage d'un bateau de pêche japonais irradiés – un mort.
29 septembre 1957	Explosion d'une cuve de stockage de déchets liquides fortement radioactifs à Kyshtym (Oural, URSS) : 17 000 personnes exposées et évacuées.
8 octobre 1957	À Windscale (Royaume-Uni) incendie dans le cœur d'un réacteur militaire. Radioactivité relâchée par la cheminée du réacteur : 2 millions de litres de lait impropres à la consommation. Traces d'iode détectées en Europe du Nord.
Janvier 1966	Chute de deux avions américains transportant quatre bombes thermonucléaires au sud-est de l'Espagne, à Palomarès : 126 hectares habités et cultivés, contaminés au plutonium.
20 mars 1979	À Three-Miles Island, incidents successifs conduisant à la fusion du cœur du réacteur. L'enceinte de confinement jouant son rôle, les rejets radioactifs à l'extérieur furent faibles conduisant à une irradiation faible de la population environnante.
26 avril 1986	Explosion puis incendie dans l'un des réacteurs du complexe russe de Tchernobyl. Zone contaminée de façon irrécupérable sur 30 km autour de la centrale : 32 morts à court terme. Intervention de 600 000 « liquidateurs » pour arrêter les incendies et la réaction nucléaire. 135 000 personnes évacuées. 3,7 millions de personnes continuent à vivre dans les zones contaminées à un niveau jugé acceptable par les autorités russes. Augmentation du nombre de cancers de la thyroïde chez les enfants d'un facteur compris entre 30 et 100 dans certaines zones. Traces de radioactivité détectées et encore présentes dans la plupart des pays européens.
13 septembre 1987	À Goiana (Brésil) un appareil de radiothérapie abandonné dans une clinique désaffectée est récupéré par un ferrailleur. La source de ¹³⁷ Cs en est extraite et ouverte, la poudre de césium se répand dans l'environnement : quatre personnes décédées, dix durent subir des interventions chirurgicales. La contamination fut dispersée dans une bonne partie de l'agglomération.
13 août 1991	À Forbach (France), irradiation accidentelle de trois personnes travaillant sur un accélérateur linéaire utilisé à des fins industrielles : irradiation grave conduisant à des brûlures importantes de la peau pour deux personnes.
30 septembre 1999	À Tokaimura, au Japon, dans une usine de fabrication de combustible nucléaire, une explosion s'est produite par suite d'une erreur de manipulation consécutive à un non-respect des procédures provoquant, suite aux irradiations subies par le personnel, un décès et deux irradiés graves.

LA PRÉVENTION DES ACCIDENTS

Quelques références réglementaires

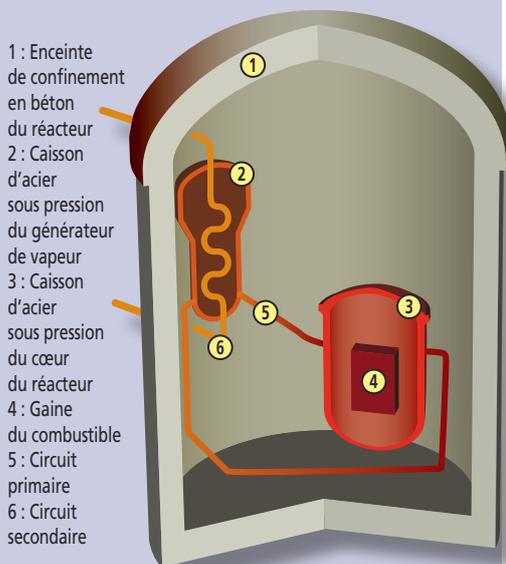
Les rejets d'effluents radioactifs dans l'air ou l'eau en fonctionnement normal, doivent donner lieu à une autorisation (décret 95-540 du 4 mai 1995).

Les transports radioactifs constituent un volet particulier de la réglementation du transport de matières dangereuses (arrêté du 15 avril 1945, modifié par les arrêtés du 24 août 1978, du 15 septembre 1992 et du 1^{er} juillet 1993).

Concernant **la protection du public** et des travailleurs, la réglementation repose sur :

- le décret 01-215 du 8 mars 2001 qui fixe les principes généraux de protection contre les rayonnements ionisant ;
- le décret 75-306 du 28 avril 1975, modifié par les décrets 88-662 du 6 mai 1988, 97-137 du 13 février 1997 et 98-1185 du 24 décembre 1998, relatif à la protection des travailleurs dans les INB ;
- le décret 86-1103 du 20 octobre 1986, modifié par le décret 88-662 déjà cité, le décret 91-263 du 19 septembre 1991 et le décret 98-1186 du 24 décembre 1998, relatif à la protection des travailleurs contre les rayonnements ionisants hors INB.

La conception déterministe implique que soit démontré que tous les types d'accidents possibles ont été envisagés, ceci sans forcément préjuger de l'enchaînement des circonstances qui pourraient en être la cause, et, qu'en conséquence, les systèmes destinés à en arrêter le développement et à en limiter les conséquences ont bien été prévus.



Les différentes barrières dans un réacteur électronucléaire

La réglementation

■ La réglementation des installations nucléaires de base (INB)

Les installations nucléaires importantes sont classées *installations nucléaires de base (INB)* par le décret 63.1228 du 11 décembre 1963 modifié. Ce décret et ses décrets d'application définissent les processus réglementaires régissant la création, la construction, le démarrage, le fonctionnement, la surveillance et le démantèlement des INB.

■ Les principes de sécurité appliqués dans les installations nucléaires

Les dispositions de sûreté prises dans une installation ont pour objectif de rendre les défaillances le plus improbable possible. La pratique française de la sûreté consiste cependant à établir, pour une installation donnée, les divers types d'accidents possibles et les conséquences qui en découleraient. Si celles-ci paraissent inacceptables, les moyens et dispositions propres à les minimiser vont être recherchés et les plans de secours à mettre en œuvre vont être prévus. Cette conception de la sûreté est dite *déterministe*.

En application de cette conception de la sûreté, tout un ensemble de principes et de concepts a été développé, et plus particulièrement le principe de *la défense en profondeur*. L'une de ses applications est la mise en place d'un ensemble de barrières indépendantes entre les éléments radioactifs et l'environnement.

La défense en profondeur : ce principe consiste à réaliser dans une installation une succession de niveaux dans les équipements et les procédures de fonctionnement. Chaque niveau est conçu pour prévenir les défaillances du niveau supérieur et limiter les conséquences du niveau inférieur.

Les barrières : ce système, qui constitue l'une des applications du principe de défense en profondeur, consiste à interposer entre les éléments radioactifs et l'extérieur, une succession de barrières indépendantes les unes des autres. Dans le cas des réacteurs électronucléaires, trois barrières successives sont mises en place :

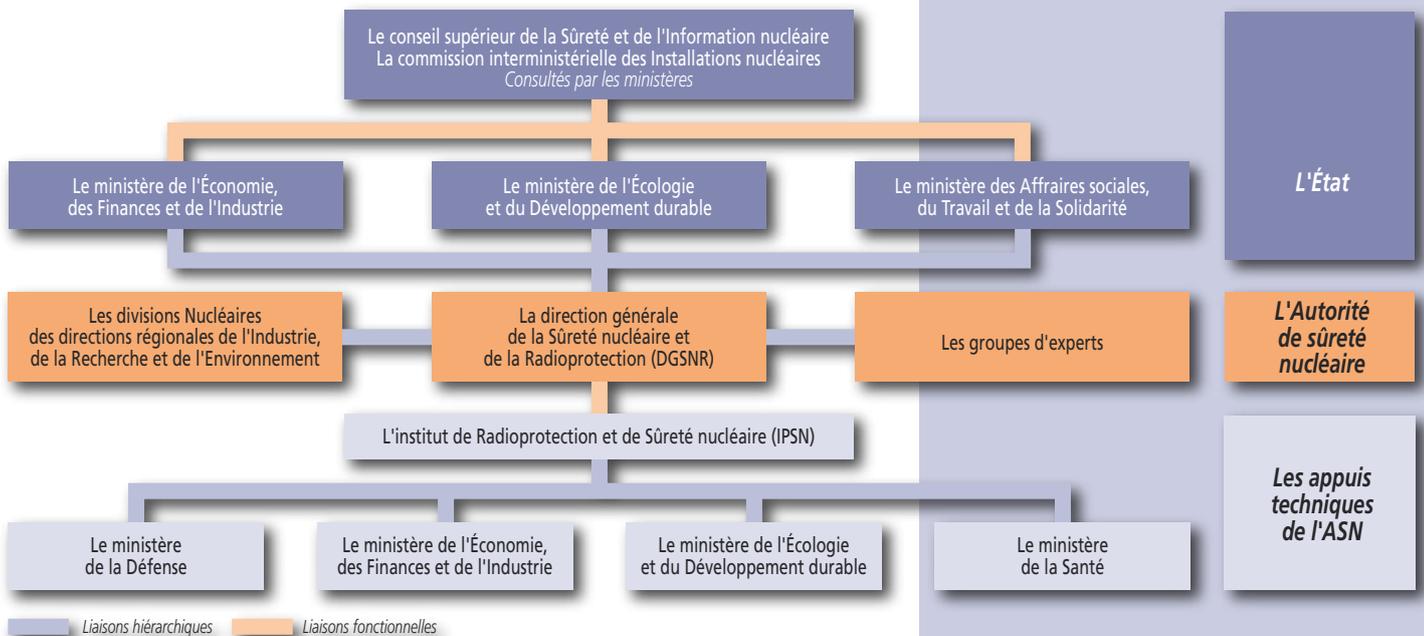
- la gaine métallique enferme le combustible nucléaire du réacteur ;
- le circuit de refroidissement fait circuler l'eau de refroidissement autour des combustibles enfermés dans leur gaine ;

- l'enceinte du réacteur est dimensionnée de façon à résister à tout accident survenant sur le réacteur.

■ Le contrôle des installations nucléaires

L'application de la réglementation des INB est contrôlée au niveau national par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), constituée principalement par la direction générale de la Sûreté nucléaire et de la Radioprotection (DGSNR). Le contrôle du fonctionnement des installations est assurée entre autres par les inspecteurs affectés à cette direction, assistés par les inspecteurs affectés aux divisions nucléaires, existant au niveau régional dans la plupart DRIRE.

■ L'organisation française du contrôle de la sûreté des installations nucléaires



L'organisation des secours

■ Le plan d'urgence interne (PUI)

L'exploitant d'une installation nucléaire de base a la responsabilité de la sûreté et de la radioprotection au sein de son installation. À ce titre, il doit avoir mis en place l'organisation de l'intervention en cas d'accident à l'intérieur de son établissement. Les dispositions prises font l'objet d'un document officiel : le PUI.

■ Le plan particulier d'intervention (PPI)

Au niveau départemental, le préfet doit être informé par les chefs d'installations de tout incident ou accident survenant dans leur établissement, ceci dans le cadre d'une convention d'information qui doit exister entre le préfet et chaque installation nucléaire de base. Si le préfet le juge opportun, en particulier si l'accident risque d'avoir des conséquences dépassant les limites de l'établissement, il peut décider de l'intervention des moyens de secours dont il dispose. L'intervention de ces moyens a été prévue et organisée pour chaque établissement par la préfecture du département et fait l'objet d'un PPI.

■ Le plan ORSEC

Au cas où l'accident a une importance telle qu'il risque de déborder le voisinage immédiat de l'installation, le préfet peut mettre en œuvre le plan ORSEC, qui lui permet de recourir à des moyens de secours spéciaux et nationaux.

En cas de déclenchement du plan ORSEC, la direction de la Sécurité civile du ministère de l'Intérieur anime et coordonne l'action des services chargés de la mise en œuvre des mesures de prévention et de secours.

En cas de déclenchement du PPI, au nom du ministre de l'Industrie, la DGSNR est chargée de suivre l'évolution de l'accident et, en liaison avec l'exploitant, de préconiser les mesures à prendre pour en limiter l'extension et ramener l'installation dans une situation sûre.

Pour cela, elle met en place :

- un PC-direction, au ministère de l'Industrie ;
- une équipe de crise, au centre technique de Sécurité du centre d'Études nucléaires de Fontenay-aux-Roses ;
- une mission locale répartie entre le site de l'accident et la préfecture concernée.

Localement, le préfet dirige l'action des équipes de secours mises en place, à savoir :

- les sapeurs-pompiers et particulièrement leurs équipes spécialisées : les cellules mobiles d'intervention radiologiques (CMIR) ;
- les forces de police et la gendarmerie ;
- les équipes médicales ;
- les équipes envoyées en renfort depuis les autres départements ou les moyens d'organismes nationaux envoyés sur place.

Il s'appuie de plus sur les maires des communes concernées, à qui est confié un certain nombre de missions dans le cadre des PPI.

L'information de la population

■ Les documents d'information

La loi du 22 juillet 1987 a instauré le droit des citoyens à une information sur les risques majeurs auxquels ils sont soumis sur tout ou partie du territoire, ainsi que sur les mesures de sauvegarde qui les concernent. Cette partie de la loi a été reprise dans l'article L 125.2 du Code de l'environnement.

Sous l'autorité du préfet deux documents d'information des populations sont réalisés, généralement par les services interministériels de défense et de protection civiles (SIDPC). Les *dossiers départementaux des risques majeurs* (DDRM) recensent à l'échelle d'un département l'ensemble des risques par commune. Ils expliquent les phénomènes et présentent les mesures de sauvegarde. Les *dossiers communaux synthétiques* (DCS) situent les risques dans chaque commune, au moyen de cartes au 1:25 000 et rappellent les événements historiques, ainsi que les mesures de sauvegarde.

Les *documents d'information communaux sur les risques majeurs* (DICRIM) sont établis par le maire. Ils complètent les informations contenues dans les précédents documents par les mesures spécifiques prises en vertu des pouvoirs de police du maire. Ils peuvent être accompagnés d'un plan de communication comprenant une campagne d'affichage et une campagne d'information. Disponibles en mairie, ces documents ne sont pas opposables aux tiers.

Dans le cadre du PPI, le préfet doit faire établir, en liaison avec l'exploitant, des documents d'information des populations comprises dans la zone d'application du plan. Ces documents, composés au minimum d'une brochure et d'affiches, sont mis à disposition des maires des communes situées dans la zone d'application du plan. Ils assurent la distribution de la brochure à toutes les personnes résidant dans cette zone et susceptibles d'être affectées par une situation d'urgence, sans que ces personnes aient à en faire la demande.

■ L'information en temps normal

La DGSNR est chargée de contribuer à l'information du public sur les problèmes se rapportant à la sûreté nucléaire et à la radioprotection.

Il existe également des *commissions locales d'information* (CLI), créées à l'initiative conjointe des conseils généraux et du préfet autour de chaque centrale électronucléaire et éventuellement de toute installation nucléaire de base importante (centre de recherche ou installations de stockage de déchets par exemple). Ces commissions ont pour rôle de recueillir et de diffuser auprès de la population toutes les informations concernant le fonctionnement, les

Le plan de communication établi par le maire peut comprendre divers supports de communication, ainsi que des plaquettes et des affiches, conformes aux modèles arrêtés par les ministères chargés de l'environnement et de la sécurité civile.

PRÉFECTURE DE — COMMUNE DE

ACCIDENT chimique ou nucléaire

En cas d'accident, vous devez :

• Vous enfermer rapidement dans le bâtiment le plus proche. Ne pas rester à l'extérieur ou dans un véhicule.	• Pour éviter de respirer des produits toxiques.
• Écouter la radio.	• Pour connaître les consignes à suivre.
• Boucher toutes les entrées d'air (portes, fenêtres, aérations, cheminées...), arrêter la ventilation.	• Pour empêcher le produit toxique d'entrer dans votre abri.
• Vous éloigner des portes et fenêtres.	• Pour vous protéger d'une explosion extérieure.
• Ne pas fumer. Ni flamme ni étincelle.	• Risque d'explosion.
• Ne pas aller sur les lieux de l'accident.	• Vous iriez au-devant du danger.
• Vous laver en cas d'irritation et, si possible, vous changer.	• Si vous pensez avoir été touché par un produit toxique.
• Attendre les consignes des autorités ou le signal de fin d'alerte pour sortir.	

Gardez votre calme, les services de secours sont prêts à intervenir.

Les réflexes qui sauvent

 Informer vous dans un bâtiment	 Boucher toutes les entrées d'air	 Écouter la radio
 N'allumez pas de cigarettes et ne fumez pas.	 Ne fumez ni cigarette.	 Ne téléphonez pas. Suivez les signaux des secours.

Pour mieux connaître ce risque et sa prévention, consultez dès maintenant le dossier complet en mairie

Le maire peut imposer ces affiches :

- dans les locaux accueillant plus de 50 personnes,
- dans les immeubles regroupant plus de 15 logements,
- dans les terrains de camping ou de stationnement de caravanes regroupant plus de 50 personnes.

Les propriétaires de terrains ou d'immeubles doivent assurer cet affichage (sous contrôle du maire) à l'entrée des locaux ou à raison d'une affiche par 5 000 m² de terrain.

Des outils pour l'information du public

La DGSNR édite bimestriellement un **bulletin** de sûreté des installations nucléaires, « Contrôle », qui informe sur le fonctionnement des installations nucléaires et les actions qu'elle entreprend.

la DGSNR met à disposition le magazine télématique sur **minitel** (3614 code MAGNUC), qui donne chaque semaine l'état de la radioactivité en France et l'information sur les incidents survenus dans les installations nucléaires.

L'institut de Radioprotection et de Sûreté nucléaire (IRSN) met en œuvre, à Fontenay-aux-Roses, un **centre de documentation** sur la sûreté nucléaire accessible à tout public. Il est chargé de l'information du public sur l'état radiologique de l'environnement. Il édite, pour ce faire, un **bulletin** mensuel regroupant toutes ses mesures de radioactivité dans l'environnement.

La DGSNR publie sur son **site Internet** les incidents survenus dans les INB, les inspections effectuées et les suites données à ces inspections.

incidents, l'impact sur l'environnement des rejets de l'installation ainsi que toutes autres informations contribuant à assurer vis à vis du public, la transparence de la vie de l'installation. Instaurées par une circulaire du Premier ministre du 15 décembre 1981, elles sont composées des élus du secteur concerné (maires, conseillers généraux, parlementaires), de représentants des organisations syndicales et agricoles, de représentants des associations, de représentants des médias et de personnalités qualifiées.

■ L'information en cas de crise

À l'échelon local, c'est au préfet qu'incombe le soin de faire diffuser à la population les informations et les consignes nécessaires :

- l'alerte est donnée par les moyens classiques : sirène, système d'alerte automatique, communiqués diffusés par les radios ;
- les consignes sont diffusées par des moyens mobiles, mis en œuvre par les pompiers ou la police, et par les radios locales ;
- des communiqués de presse sont diffusés, sous la responsabilité du préfet, par les services de la préfecture, où un centre de presse est mis en œuvre sous l'égide de son service d'Information et de Relations publiques (SIRP) ;
- sur ou à proximité du site de l'accident, un centre de presse installé auprès du PC opérationnel des unités de secours permet de transmettre aux médias les informations émanant soit de la direction de l'installation accidentée, soit des responsables des équipes d'intervention et de secours.

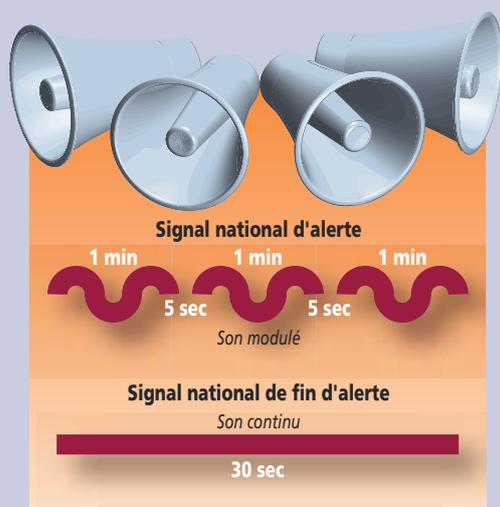
■ Les consignes à appliquer

• Le confinement

Il doit être respecté en cas d'accident risquant de conduire à des rejets de produits radioactifs dans l'environnement et ayant conduit au déclenchement par le préfet du PPI. Lorsque l'alerte est donnée, la population doit se mettre à l'abri, à l'intérieur des maisons et dans un local clos, afin d'éviter d'inhaler des éléments radioactifs qui pollueraient l'air extérieur à la suite des rejets par la centrale.

• L'absorption de pastille d'iode.

Dans le cas des réacteurs électronucléaires, l'élément radioactif constituant le principal contaminant dans les rejets serait de l'iode radioactif (^{131}I). À titre préventif une distribution de pastilles d'iode non radioactif a été organisée auprès de la population habitant dans un rayon de cinq kilomètres autour de la centrale. Sur consigne du préfet, diffusé en cas d'accident par la radio, les habitants seraient invités à absorber ces pastilles d'iode. Cet iode stable a pour effet de se fixer sur la thyroïde (organe qui retient l'iode), la saturer et



Le signal d'alerte peut être écouté sur le site Internet : <http://www.ac-versailles.fr/pedagogil/ffo-rmel/generalites/CAT.htm>

Le signal d'alerte est déclenché sur ordre du Premier ministre, du ministre chargé de la sécurité civile, du représentant de l'État dans le département (ou dans la région, si plusieurs départements sont concernés) ou du maire en tant qu'autorité de police compétente.

éviter qu'ensuite l'iode radioactif inhalée par respiration ne se fixe sur cette thyroïde, provoquant son irradiation.

Des pastilles d'iode en dépôt dans les pharmacies sont d'autre part à la disposition de la population dans la couronne située entre cinq et dix kilomètres autour de la centrale.

CONSIGNES SPÉCIFIQUES

PENDANT

La première consigne est le confinement ; **l'évacuation** peut être commandée secondairement par les autorités (radio ou véhicule avec haut-parleur).

APRÈS

- Agir conformément aux **consignes** :
 - si l'on est absolument obligé de sortir, éviter de rentrer des poussières radioactives dans la pièce confinée (se protéger, passer par une pièce tampon, se laver les parties apparentes du corps, et changer de vêtements) ;
 - en matière de consommation de produits frais ;
 - en matière d'administration éventuelle d'iode stable.
- Dans le cas, peu probable, d'**irradiation** : suivre les consignes des autorités, mais toujours privilégier les soins d'autres blessures urgentes à soigner.
- Dans le cas de **contamination** : suivre les consignes spécifiques.

L'indemnisation

À la fin des années cinquante, compte-tenu de la possibilité de voir un accident nucléaire créer des dommages dans plusieurs pays, les principaux pays industrialisés ont établi un accord international d'indemnisation. Deux conventions ont été élaborées : la convention de Paris, adoptée par les pays de l'OCDE le 29 juillet 1960 et la convention de Vienne en 1963. La convention complémentaire de Bruxelles, additionnelle à celle de Paris, a été adoptée en 1963, afin de fixer les indemnisations par les États des dommages dépassant les responsabilités de l'exploitant. La convention de Paris a effectivement prescrit l'indemnisation des dommages nucléaires par l'exploitant de l'installation responsable de l'accident, mais a limité celle-ci à un certain montant. En application de ceci, l'exploitant doit assurer une garantie financière pour les indemnisations qui sont de son ressort, indemnisations garanties par l'État. La France a signé ces conventions et le montant maximal de responsabilité de l'exploitant est actuellement fixé à cent millions d'euros.

CONSIGNES GÉNÉRALES

AVANT

Prévoir les équipements minimums :

- radio portable avec piles ;
- lampe de poche ;
- eau potable ;
- papiers personnels ;
- médicaments urgents ;
- couvertures ;
- vêtements de rechange ;
- matériel de confinement.

S'informer en mairie :

- des risques encourus ;
- des consignes de sauvegarde ;
- du signal d'alerte ;
- des plans d'intervention (PPI).

Organiser :

- le groupe dont on est responsable ;
- discuter en famille des mesures à prendre si une catastrophe survient (protection, évacuation, points de ralliement).

Simulations :

- y participer ou les suivre ;
- en tirer les conséquences et enseignements.

PENDANT

Évacuer ou se confiner en fonction de la nature du risque.

S'informer : écouter la radio : les premières consignes seront données par France Inter et les stations locales de RFO.

Inform le groupe dont on est responsable.

Ne pas aller chercher les enfants à l'école.

APRÈS

S'informer : écouter et suivre les consignes données par la radio et les autorités.

Inform les autorités de tout danger observé.

Apporter une première aide aux voisins ; penser aux personnes âgées et handicapées.

Se mettre à la disposition des secours.

Évaluer :

- les dégâts ;
- les points dangereux et s'en éloigner.

Ne pas téléphoner.

Références

Organismes et sites Internet de référence

Ministère de l'écologie et du développement durable.

Page spécifique traitant du risque nucléaire :

<http://www.prim.net/actu/archives/nucleaire.html>

AEN (Agence pour l'énergie nucléaire).

Agence spécialisée de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) qui a pour mission d'aider ses pays membres à maintenir et à approfondir les bases scientifiques, technologiques et juridiques indispensables à une utilisation sûre et respectueuse de l'environnement, de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques.

<http://www.nea.fr>

ANDRA (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs).

Établissement public chargé de la gestion des déchets radioactifs produits en France.

<http://www.andra.fr>

ASN (Autorité de sûreté nucléaire).

Autorité responsable de la définition et de la mise en œuvre de la politique de contrôle en matière de sûreté nucléaire en France.

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

CEA (Commissariat à l'énergie atomique).

Organisme public de recherche fondamentale et technologique qui a pour objectifs d'améliorer les performances de l'industrie nucléaire d'aujourd'hui, d'inventer l'énergie nucléaire de demain, d'apporter des solutions concrètes à la gestion des déchets nucléaires et de développer les nouvelles technologies pour les énergies alternatives.

<http://www.cea.fr>

CRIIRAD (Commission de recherche et d'information indépendante sur la radioactivité).

Informe les populations, expertise et évalue les pollutions de l'environnement et des produits alimentaires.

<http://www.criirad.com>

DGSNR (Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection).

DRIRE-DIN (Directions régionales de l'industrie, de la recherche et de l'environnement ; divisions nucléaires).

GSIEN (Groupement des scientifiques pour l'information sur l'énergie nucléaire).

IRMa (Institut des risques majeurs).

Site de l'Institut des risques majeurs, association chargée de l'information préventive des populations en Rhône-Alpes.

<http://www.irma-grenoble.com>

IRSN (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire).

Institut effectuant des recherches et des expertises sur les risques liés à la radioactivité et leurs conséquences sur l'homme et l'environnement.

<http://www.irsn.org>

EDF (Électricité de France).

Un des tous premiers groupes producteurs et opérateurs d'électricité au monde. Il consacre une partie de son site à informer sur le nucléaire.

<http://nucleaire.edf.fr>

MAGNUC (3614 code MAGNUC).

Informations accessibles à tous par minitel sur les résultats des mesures de radioactivité dans l'environnement en France et sur les incidents dans les installations nucléaires.

DGS (ministère de la santé ; direction générale de la santé).

Bibliographie

International Commission Radioprotection (ICRP), publication 60-1990, *Recommandations of the ICRP*, Vol 21 n°1-3, Pergamon Press.

Directive Euratom 96/29 du 13 mai 1996 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultants des rayonnements ionisants.

Éléments de sûreté nucléaire, J. Libmann, IPSN, Éditions de la Physique 1996.

Le risque nucléaire, H. de Choudens, Éditions Tec&Doc Lavoisier, 11 rue Lavoisier 75008 Paris, 2001.

Mémento du risque nucléaire, Institut des risques majeurs, 9 rue Lesdiguières 38000 Grenoble, 1990.

Inventaire national des déchets radioactifs, observatoire de l'Agence nationale des déchets radioactifs (ANDRA), 1999.

Les déchets nucléaires, Société française de physique, Éditions de Physique 7 avenue du Hoggar Les Ullis.

Contrôle de la sûreté des installations nucléaires, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques, C. Birraux, Assemblée nationale, rapport n°1496, Senat, rapport n°285.

Contamination radioactive : atlas France-Europe, CRIIAD et A.Paris, Éditions Yves Michel, 2002.

Responsabilités et réparation des dommages nucléaires, Agence pour l'énergie nucléaire, OCDE, 1994.

Glossaire

Commission interministérielle des installations nucléaires de base (CIINB) : commission regroupant les représentants des divers ministères concernés et chargée de donner son avis aux ministères avant que ceux-ci ne délivrent une autorisation de créer une installation nucléaire de base.

Commission internationale de protection contre les rayonnements (CIPR) : organisme international émettant des recommandations quant aux normes à adopter en matière de radioprotection.

Conseil supérieur de la sûreté et de l'information nucléaire (CSSIN) : conseil composé d'experts de toutes origines, destiné à conseiller les ministères en matière de sûreté nucléaire.

Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR) : direction sous tutelle conjointe du ministère de l'économie, des finances et de l'industrie, du ministère de l'écologie et du développement durable, du ministère de l'emploi et de la solidarité, chargée d'étudier la sûreté et la radioprotection dans les installations nucléaires, avant délivrance par les ministères des autorisations de création, démarrage, modifications, arrêt définitif, démantèlement et d'en assurer l'inspection.

Électron : particule élémentaire constitutive des atomes, de charge électrique négative, gravitant autour du noyau des atomes.

Élément radioactif : élément dont le noyau instable se désintègre.

Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) : institut chargé des études en matière de sûreté nucléaire et servant d'appui technique à la direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. L'IRSN est sous la tutelle conjointe du ministère de la défense, du ministère de l'écologie et du développement durable, du ministère de l'économie, des finances et de l'industrie, du ministère de la recherche, du ministère de la santé.

Neutron : particule élémentaire sans charge électrique, constituant du noyau des atomes.

Plan d'urgence interne (PUI) : document décrivant l'organisation de la sécurité et de l'intervention mise en place dans une installation nucléaire par son responsable.

Plan ORSEC : plan préfectoral recensant des moyens spéciaux départementaux et nationaux, pouvant être mis en œuvre en cas de nécessité.

Plan particulier d'intervention (PPI) : plan décrivant l'organisation de l'intervention mise en place par la préfecture autour du site d'une installation nucléaire au cas où un accident risquerait de déborder les limites de ce site.

Proton : particule constituant du noyau d'un atome, chargée positivement, de masse identique au neutron.



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE L'ÉCOLOGIE
ET DU DÉVELOPPEMENT
DURABLE

Direction de la Prévention des pollutions et des risques - Sous-direction de la Prévention des risques majeurs
20, avenue de Ségur, 75302 Paris 07 SP - <http://www.environnement.gouv.fr> - <http://www.prim.net>