



Pièce 0

**PRESENTATION DU DOSSIER
ET GUIDE DE LECTURE**

OCTOBRE 2023

**Dossier de démantèlement de l'installation « Parc d'entreposage des déchets
radioactifs » de Cadarache (INB 56)**



SOMMAIRE

A.	Introduction	6
A.1-	Objet du présent document.....	6
A.2-	Objet du dossier	6
A.3-	Fondement de la demande	6
A.3.1-	Bref historique	6
A.3.2-	Les principes du démantèlement	9
A.4-	Composition du dossier	10
B.	Conseil au lecteur	12
B.1-	Lecture rapide.....	12
B.2-	Aide à la navigation.....	12
C.	Notations scientifiques utilisées dans le dossier.....	13
D.	La réglementation	14
D.1-	Les textes réglementaires	14
	Textes régissant spécifiquement l'enquête publique	14
D.1.1-	14	
D.1.2-	Textes régissant la procédure de demande de décret de démantèlement.....	14
D.2-	Insertion de l'enquête dans la procédure administrative	15
E.	Introduction à la radioactivité et à son utilisation dans l'industrie.....	18
E.1-	La radioactivité	18
E.1.1-	La radioactivité, propriété naturelle de certains atomes	18
E.1.2-	Les différents rayonnements	19
E.1.3-	La décroissance naturelle de la radioactivité	20
E.1.4-	La réaction en chaîne, la criticité et l'enrichissement de l'uranium	21
E.1.5-	Les principales unités de la radioactivité.....	22
E.1.6-	Les isotopes radioactifs naturels.....	24
E.1.7-	Les isotopes radioactifs artificiels.....	24
E.2-	L'Homme et la radioactivité.....	25
E.2.1-	Le risque.....	25
E.2.2-	Les modes d'exposition aux rayonnements	26
E.2.3-	L'exposition de l'Homme aux rayonnements ionisants	27
E.2.4-	La radioprotection.....	27
E.3-	Les normes de radioprotection.....	29
E.3.1-	Le zonage radioprotection.....	29
E.3.2-	Le zonage déchets.....	31
E.4-	En pratique dans l'industrie nucléaire	32
E.4.1-	Les dispositions constructives.....	32
E.4.2-	Le cas particulier du démantèlement	33
E.4.3-	Les protections individuelles des travailleurs	34
E.4.4-	La surveillance	35
E.5-	Les déchets.....	36

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Principales étapes règlementaires	17
Figure 2 : Structure de l'atome	18
Figure 3 : Les différents rayonnements	19
Figure 4 : Caractéristiques des rayonnements.....	20
Figure 5 : La décroissance naturelle de la radioactivité	20
Figure 6 : Exposition de l'Homme aux rayonnements.....	27
Figure 7 : Prévention d'une exposition interne et externe	28
Figure 8 : Classification des zones de radioprotection.....	30
Figure 9 : cas particulier du démantèlement	33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	8
Tableau 2 : Classification des déchets radioactifs français en fonction de leur mode de gestion	36

A. Introduction

A.1- Objet du présent document

Ce document a pour objet de présenter le contenu du dossier et le cadre dans lequel il a été constitué. Il contient également les éléments nécessaires à la compréhension de l'ensemble du dossier par un non spécialiste du nucléaire. Muni de ces informations, le lecteur pourra accéder à n'importe quelle pièce du dossier.

6

Pièce 0

A.2- Objet du dossier

Le dossier précise et justifie les opérations de démantèlement et les activités de surveillance et d'entretien prévues par le Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies alternatives (CEA) dans le but du déclasserement de l'installation nucléaire de base n° 56 dénommée « Parc d'entreposage des déchets radioactifs ». Cette installation se situe sur le territoire de la commune de Saint-Paul-lez-Durance (Bouches-du-Rhône).

Ce dossier de démantèlement est adressé au ministre en charge de la sûreté nucléaire et à l'Autorité de sûreté nucléaire. Il est soumis à une enquête publique. Il fournit les éléments nécessaires pour l'établissement du décret autorisant l'exploitant nucléaire à procéder aux opérations de démantèlement de l'INB 56.

En plus de ce décret, les principales autorisations prévues à ce jour et nécessaires pour réaliser ce projet sont liées à certaines opérations préparatoires au démantèlement (cf. pièce 3 § 2.2) et à l'assainissement des structures.

A.3- Fondement de la demande

A.3.1- Bref historique

L'INB 56 a pour vocation principale l'entreposage des déchets solides radioactifs provenant du fonctionnement ou du démantèlement d'installations nucléaires situées à l'intérieur ou à l'extérieur du CEA de Cadarache.

Le tableau suivant résume les dates clefs de l'historique de fonctionnement de l'INB 56 :

Années	Événements
1962	Début de la construction du parc de stockage
1963	Début des travaux de génie civil dans la zone du parc
1964 à 1979	Construction des fosses F1 à F4
1965 à 1975	Période d'exploitation de la fosse F1
1965 à 1977	Entreposage d'éléments combustibles (ECI) dans les piscines.
1968	Déclaration de l'installation au Ministère chargé de la Recherche Scientifique et des Questions Atomiques et Spatiales, conformément au décret n°63-1228 du 11 décembre 1963
1969 à 1974	Remplissage progressif des tranchées T1 à T5
1970 à 1975	Construction des hangars H1 à H8 sur les colis (jusqu'ici entreposés à l'air libre). Ces hangars (H1 à H8) étaient alors ouverts sur leurs quatre faces
1970 à 1990	1 ^{ère} période d'exploitation de la fosse F3
1973	Séparation administrative de l'INB 37 et création de l'INB 56. Ces installations d'origine ont été scindées en deux INB : <ul style="list-style-type: none"> • INB 37 : « Station de Traitement des Effluents et Déchets Solides » (STEDS) • INB 56 : « Parc de Stockage des Déchets Radioactifs ».
1974 à 1984	Période d'exploitation de la fosse F2. La fosse a été réaménagée en 1979.
1979 à 1995	Période d'exploitation de la fosse F4
1983	La vocation initiale de stockage (définitif) de déchets radioactifs de l'INB 56 a été modifiée : remplacement du terme « stockage » par « entreposage »
1983	Construction de la fosse F5
1987 à 1994	Reprise, reconditionnement et expédition des colis anciens de catégorie A entreposés depuis l'origine du Centre vers le centre de stockage de la Manche (CSM/ANDRA).
fin des années 80	Construction de trois hangars supplémentaires (H9 à H11) dont deux ont été fermés sur toutes leurs faces pour protéger des intempéries les colis entreposés en périphérie

Années	Événements
1990 à 1992	Vidange et assainissement de la piscine P3
1993	Construction de la fosse F6
1995	Démarrage des opérations de reprise des déchets entreposés en tranchée T2
1995 à 2004	Reprise des éléments combustibles (ECI) entreposés dans les piscines P1 et P2
2002	2 ^{ème} période d'exploitation de la fosse F3 : autorisation de mise en actif des alvéoles A46 et A46bis de la fosse F3 (extension de l'entreposage de colis 500L MI des fosses F5 et F6)
2002	Construction de l'extension des hangars H4 à H6, sous la forme d'un hangar fermé unique.
2003	Autorisation d'exploitation de l'installation de reprise des déchets en tranchées
2004	Autorisation de vidange des piscines P1 et P2
2006	Mise en service de l'INB 164 CEDRA et début de désentreposage de déchets des hangars vers cette installation : le Parc d'entreposage de l'INB 56 n'accueille plus à partir de cette date de façon courante les déchets issus des installations du Centre sauf cas particulier.
2009	Autorisation de reprise des colis des fosses F5 et F6 : démarrage de l'opération RFR
2010	Démarrage de l'opération « Vrac-FI »
2017	Fin des opérations de reprise des déchets entreposés en tranchée T2
2018	Fin des opérations de vidange des piscines P1 et P2
2023	Déclaration de mise à l'arrêt de l'INB 56

Tableau 1 : dates clefs de l'historique du fonctionnement de l'INB 56

À la suite du Groupe Permanent qui s'est tenu en 1997, le CEA s'est engagé dans un processus de reprise et d'évacuation des déchets entreposés sur l'INB 56 afin de diminuer le terme source de l'installation. Cette démarche, concrétisée actuellement par le projet de Reprise et Conditionnement des Déchets (RCD), est toujours effective.

Depuis une vingtaine d'années, les opérations menées, ou contractées, par le CEA permettent de désentreposer des déchets radioactifs historiques, diminuant ainsi le terme source de l'INB 56. Elles se poursuivent actuellement, et constitueront la majeure partie des opérations menées pendant plusieurs décennies après obtention du décret de démantèlement.

A.3.2- Les principes du démantèlement

D'un point de vue technique et administratif, la vie d'une installation nucléaire de base se caractérise par deux grandes phases :

- ✕ **la phase de fonctionnement**, qui concerne l'ensemble des opérations et activités de l'installation visant à atteindre les objectifs pour lesquels cette installation a été créée (activités industrielles, de recherche, etc.). Elle couvre, à partir de la création de l'installation, les étapes de la mise en service puis du fonctionnement industriel de l'installation. Elle se termine par la réalisation des opérations techniques préparatoires au démantèlement. Ces opérations visent à procéder à la mise en ordre de l'installation, à la mise à l'arrêt des procédés et à l'évacuation du maximum de substances dangereuses (matières radioactives, fluides, déchets, etc.) en tenant compte de la stratégie globale de démantèlement envisagée.
- ✕ **la phase de démantèlement** concerne l'ensemble des procédures administratives et des opérations effectuées en vue d'atteindre un état final défini permettant le déclassement de l'installation.

La date d'entrée en vigueur du décret de démantèlement marque le passage administratif entre la phase de fonctionnement, encadrée par le décret d'autorisation de création (DAC), et la phase de démantèlement.

La phase de démantèlement comprend les travaux qui visent à démonter, simplifier et/ou enlever des équipements de l'installation qui permettaient son fonctionnement, y compris ceux qui assuraient les fonctions de barrières de confinement de la radioactivité, les travaux d'assainissement des locaux et des sols, de destruction éventuelle de structures de génie civil, de traitement, de conditionnement, d'évacuation et d'élimination de déchets.

Cette phase est encadrée par le décret de démantèlement de l'installation nucléaire de base. Le décret de démantèlement n'abroge pas le DAC mais le modifie notamment en prescrivant les opérations de démantèlement et les éléments essentiels de ces opérations. Le **déclassement** est hors périmètre de ce décret.

Déclassement

Le déclassement est une opération administrative consistant à supprimer l'installation de la liste des « installations nucléaires de base ». L'installation n'est, dès lors, plus soumise au régime juridique et administratif des INB. Le déclassement permet la levée des contrôles réglementaires auxquels est soumise une installation nucléaire de base. Il ne peut intervenir qu'après la réalisation des travaux de démantèlement et la justification de l'atteinte de l'état final visé par l'exploitant.

A.4- Composition du dossier

Le dossier de démantèlement mentionné à l'article L. 593-27 du code de l'environnement comprend conformément à l'article 37-1-I du décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007 modifié, relatif aux installations nucléaires de base et au contrôle, en matière de sûreté nucléaire, du transport de substances radioactives, dit décret Procédures :

- ✕ Pièce 1 : Identification du pétitionnaire.
- ✕ Pièce 2 : Description de l'état actuel de l'installation.
- ✕ Pièce 3 : Version détaillée et mise à jour du plan de démantèlement.
- ✕ Pièce 4 : Carte au 1/25 000.
- ✕ Pièce 5 : Plan de situation au 1/10 000.
- ✕ Pièce 6 : Modification du périmètre.
- ✕ Pièce 7 : Étude d'impact, la pièce 7bis constitue le résumé non technique de la pièce 7,
- ✕ Pièce 8 : Version préliminaire de la révision du rapport de sûreté.
- ✕ Pièce 9 : Étude de maîtrise des risques, la pièce 9bis constitue le résumé non technique de la pièce 9,
- ✕ Pièce 10 : Servitudes d'utilité publique.
- ✕ Pièce 11 : Gaz à effet de serre

Le dossier de démantèlement est accompagné d'une notice en quatre parties, conformément à l'article 37-1-II du décret Procédures précité.

- ✕ Notice A : Capacités techniques.
- ✕ Notice B : Capacités financières.
- ✕ Notice C : Information du propriétaire.
- ✕ Notice D : Conformités aux règles d'hygiène et de sécurité.

Le décret n° 2019-190 du 14 mars 2019 codifiant les dispositions applicables aux installations nucléaires de base, au transport de substances radioactives et à la transparence en matière nucléaire, qui a été publié postérieurement au dépôt du dossier de démantèlement de l'INB 56, a intégré les dispositions du décret n° 2007 1557 dans le code de l'environnement, et ce à compter du 1^{er} avril 2019.

La nouvelle réglementation diffère sensiblement quant aux modalités applicables ainsi qu'au contenu du dossier de démantèlement. Néanmoins, le V de l'article 13 du décret 2019-190 précise que pour les dossiers de démantèlement déposés entre le 29 juin 2016 et le 1^{er} avril 2019, ce qui est le cas du présent dossier, le dossier à produire comporte les éléments prévus par l'article 37-1 du décret n° 2007-1557 dans sa version antérieure au 1^{er} avril 2019. Ces dossiers sont instruits selon les procédures prévues par l'article 38 du décret n° 2007-1557 dans cette même version. En revanche, le décret de démantèlement est pris dans les conditions prévues par l'article R. 593-69 du code de l'environnement.

Le dossier soumis à enquête publique est composé des pièces 1 à 11, à l'exception de la pièce 8 « version préliminaire de la révision du rapport de sûreté », qui peut être consultée par le public pendant toute la durée de l'enquête publique selon les modalités fixées par l'arrêté organisant cette enquête.

Conformément aux articles R.123-8 et R.593-22 du code de l'environnement, le dossier soumis à enquête publique comporte également :

- le résumé non technique de l'étude d'impact et de l'étude de maîtrise des risques ;
- l'avis délibéré de l'Autorité environnementale et la réponse écrite de l'exploitant à cet avis ;
- une note de présentation du dossier (objet du présent document, intitulé pièce 0) ; elle mentionne les textes qui régissent l'enquête publique en cause et l'indication de la façon dont cette enquête s'insère dans la procédure administrative relative au projet ;
- le bilan de la procédure de débat public organisée (lorsqu'aucun débat public ou lorsqu'aucune concertation préalable n'a eu lieu, le dossier le mentionne).

Est également joint au dossier, un livret qui comprend un glossaire et un dictionnaire des sigles. La note de présentation et le livret ont pour but de faciliter la lecture du dossier.

B. Conseil au lecteur

Pour faciliter la compréhension du lecteur non spécialiste du nucléaire, nous conseillons en préalable la lecture de « l'Homme et la radioactivité » qui se trouve à la fin de ce document.

B.1- Lecture rapide

Le lecteur qui souhaite avoir une rapide vue d'ensemble du dossier pourra se reporter aux résumés non-techniques de l'étude d'impact (en tête de l'étude d'impact, pièce 7) et de l'étude de maîtrise des risques (en tête de l'étude de maîtrise des risques, pièce 9).

B.2- Aide à la navigation

Sur chaque page, le numéro de pièce est indiqué dans la marge sous le numéro de page. Certaines pièces sont elles-mêmes subdivisées en parties. Dans ce cas, le numéro de la partie courante est également indiqué dans la marge sous le numéro de pièce.

Les pièces volumineuses ont chacune un sommaire.

La pagination est séquentielle pour chaque pièce, sauf pour les documents insérés *in extenso* dans les annexes.

C. Notations scientifiques utilisées dans le dossier

Un échantillon radioactif se caractérise par le nombre de désintégrations de noyaux radioactifs par seconde qui se produisent en son sein. L'unité est le becquerel, de symbole Bq.

1 Bq = 1 désintégration par seconde. Cette unité est très petite. On utilise communément les puissances de 10 pour indiquer les valeurs.

Exemples :

$1,5 \cdot 10^9$ Bq = 1,5 milliards de Becquerels (= $1,5 \times 1\,000\,000\,000$, le chiffre en exposant représente le nombre de 0) ;

$1,8 \cdot 10^6$ Bq = $1,8 \times 1\,000\,000$ = 1 800 000 Bq.

A l'inverse, les concentrations de radioactivité ajoutée dans le milieu ambiant sont infinitésimales. On utilise alors les puissances de 10 négatives.

Exemple :

$1,5 \cdot 10^{-6}$ Bq/m³ = 1,5 millionnièmes de Becquerels par mètre cube (= $1,5 / 1\,000\,000$, le chiffre en exposant représente le nombre de 0) = 0,000 0015 Bq/m³.

Les logiciels (le tableur Excel par exemple) utilisent une autre convention pour écrire les puissances de 10 positives et négatives :

$1,5\text{E}+09$ Bq = $1,5 \cdot 10^9$ Bq = 1 500 000 000 Bq ;

$1,5\text{E}-06$ Bq/m³ = $1,5 \cdot 10^{-6}$ Bq/m³ = 0,000 0015 Bq/m³.

Les décrets et arrêtés régissant les limites de rejet sont parfois exprimés en Giga Becquerels (GBq). 1 Giga Becquerel est égal à 1 milliard de Becquerels :

1 GBq = 1 000 000 000 Bq = $1 \cdot 10^9$ Bq = 1 E+09 Bq.

Exemples :

550 000 Bq = $5,5 \cdot 10^5$ Bq = $5,5 \cdot 10^{-4}$ GBq = 0,00055 GBq ;

500 000 000 000 Bq = $5,5 \cdot 10^{12}$ Bq = $5,5 \cdot 10^3$ GBq.

D. La réglementation

D.1- Les textes réglementaires

D.1.1- Textes régissant spécifiquement l'enquête publique

- * Code de l'environnement : articles L. 123-3 et suivants et R. 123-1 et suivants, complétées, pour ce qui concerne les INB, par les articles L. 593-8 et 9
- * Décret n° 2011-2018 du 29 décembre 2011 portant réforme de l'enquête publique relative aux opérations susceptibles d'affecter l'environnement : article 17.

D.1.2- Textes régissant la procédure de demande de décret de démantèlement

- * Code de l'environnement : articles L. 125-12 à L. 125-40 et articles L. 591 et suivants du code de l'environnement,
- * Décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007 relatif aux installations nucléaires de base et au contrôle, en matière de sûreté nucléaire, du transport de substances radioactives, dit décret Procédures.

Conformément à l'article 38 du décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007, le dossier de démantèlement est soumis selon les mêmes modalités aux consultations et enquêtes applicables aux demandes d'autorisation de création.

Le dossier de démantèlement prévu par la réglementation est défini à l'article 37-1 du décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007 précité. Il comprend notamment l'étude d'impact prévue à l'article L. 122-1 du Code de l'environnement. Le contenu de l'étude d'impact est défini à l'article R. 122-5 du Code de l'environnement avec les précisions et compléments prévus à l'article 9 du décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007 précité.

Nota : Le décret n° 2019-190 du 14 mars 2019 codifiant les dispositions applicables aux installations nucléaires de base, au transport de substances radioactives et à la transparence en matière nucléaire, qui a été publié postérieurement au dépôt du dossier de démantèlement de l'INB 56, a intégré les dispositions du décret n° 2007 1557 dans le code de l'environnement, et ce à compter du 1^{er} avril 2019. La nouvelle réglementation diffère sensiblement quant aux modalités applicables ainsi qu'au contenu du dossier de démantèlement. Néanmoins, le V de l'article 13 du décret 2019-190 précise que pour les dossiers de démantèlement déposés entre le 29 juin 2016 et le 1^{er} avril 2019, ce qui est le cas du présent dossier, le dossier à produire comporte les éléments prévus par l'article 37-1 du décret n° 2007-1557 dans sa version antérieure au 1^{er} avril 2019. Ces dossiers sont instruits selon les procédures prévues par l'article 38 du décret n° 2007-1557 dans cette même version. En revanche, le décret de démantèlement est pris dans les conditions prévues par l'article R. 593-69.

D.2- Insertion de l'enquête dans la procédure administrative

L'article L. 591-2 du code de l'environnement prévoit que la définition de la réglementation en matière de sécurité nucléaire et la mise en œuvre des contrôles nécessaires à son application reviennent à l'État. Aussi, ces missions sont-elles assurées par les services du Ministère de la Transition Ecologique et par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN).

Au sein dudit Ministère, la Mission de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection (MSNR) est chargée de l'ensemble des missions revenant au Gouvernement dans les domaines de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. La MSNR est notamment compétente pour l'élaboration de la législation et de la réglementation générales et le suivi des grands dossiers nationaux. En outre, la MSNR assure le pilotage des procédures individuelles majeures concernant les Installations nucléaires de base (INB), le Gouvernement étant compétent, après avis de l'ASN, pour accorder les autorisations de création, de modification notable, de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement, de changement d'exploitant ou encore de modification de périmètre.

Toutefois, il revient à l'ASN de prendre les décisions relatives aux principales étapes de la vie d'une INB ; en effet, c'est à l'Autorité que revient la mission de contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. À ce titre, elle bénéficie du concours technique de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN¹) avec laquelle elle forme le « dispositif dual » de sûreté nucléaire et de radioprotection.

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) est une autorité administrative indépendante instituée par la loi du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire (dite « loi TSN »). L'ASN participe à l'élaboration de la réglementation en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection.

Conformément aux articles 12 à 15 et 38 du décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007, le dossier de démantèlement est soumis à une procédure d'instruction administrative et à enquête publique.

Par ailleurs, il est à noter que le projet n'a fait l'objet d'aucun débat public ni d'aucune concertation préalable.

Le dossier de démantèlement est adressé par le Directeur de la Direction de la Sécurité et de la Sûreté Nucléaire (DSSN) du CEA à la MSNR rattachée au ministre chargé de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, à savoir du ministre de la transition écologique. La MSNR assiste le ministre chargé de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. Un exemplaire du dossier est également adressé à l'Autorité de sûreté nucléaire.

L'ASN s'appuie sur l'expertise de l'IRSN qui lui rend un avis sur le dossier. A ce stade, des échanges entre ASN/IRSN et CEA permettent de finaliser le dossier. Quand la MSNR considère que l'instruction technique du dossier est suffisamment avancée, elle saisit pour avis l'Autorité environnementale puis lance la procédure d'enquête publique.

L'Autorité environnementale est l'autorité compétente pour l'évaluation des impacts sur l'environnement des projets, des plans et programmes (explications détaillées sur le site dédié : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/autorite-environnementale>).

¹ En tant qu'organisme public d'expertise en sûreté et en radioprotection, l'IRSN a pour rôle d'évaluer les dossiers fournis par les exploitants nucléaires et de rendre un avis aux différentes autorités concernées.

Ainsi, le dossier d'enquête est transmis par le ministre chargé de la sûreté nucléaire et de la radioprotection au Préfet des Bouches du Rhône, département d'implantation de l'INB 56, ainsi qu'à l'Autorité environnementale. Lorsque les procédures locales concernent plusieurs départements (ce qui est le cas pour l'INB 56 qui se trouve à quelques kilomètres du Var, du Vaucluse et des Alpes-de-Haute-Provence), le ministre peut charger l'un des Préfets de coordonner ces procédures.

Le dossier d'enquête publique comprend l'ensemble des pièces du dossier de démantèlement conformément à l'article 37-1 du décret n° 2007-1557, à l'exception de la version préliminaire de la révision du rapport de sûreté (pièce 8) et de la notice. Ce rapport de sûreté peut être consulté par le public pendant toute la durée de l'enquête publique selon les modalités fixées par l'arrêté organisant l'enquête.

L'enquête est ouverte au moins dans chacune des communes dont une partie du territoire est distante de moins de 5 kilomètres du périmètre proposé par l'exploitant.

Dans chaque département et commune où doit se dérouler l'enquête publique, le préfet consulte le conseil général et les conseils municipaux au plus tard avant l'ouverture de l'enquête. Seuls les avis communiqués au préfet dans les quinze jours suivant la clôture de l'enquête sont pris en considération.

Selon les mêmes modalités, le préfet consulte la commission locale de l'eau compétente si l'une des communes est située en tout ou en partie dans la zone d'un schéma d'aménagement et de gestion des eaux, ainsi que la Commission Locale d'Information (CLI) prévue aux articles L. 125-17 et suivants du Code de l'environnement lorsqu'elle a été constituée.

L'enquête publique est conduite par un commissaire enquêteur ou une commission d'enquête, désigné par le Président du Tribunal Administratif dans le ressort duquel est située l'installation.

A l'issue de l'enquête publique, le commissaire enquêteur ou la commission d'enquête établit un rapport et des conclusions relatives à l'enquête et les transmet au Préfet coordonnateur dans un délai d'un mois après la clôture de l'enquête.

Au plus tard quinze jours après avoir reçu le rapport et les conclusions du commissaire enquêteur ou de la commission d'enquête, le Préfet les transmet au ministre chargé de la sûreté nucléaire, assortis de son avis et des résultats des consultations menées.

Le ministre chargé de la sûreté nucléaire adresse à l'exploitant un avant-projet de décret pour lequel il dispose d'un délai de deux mois pour présenter ses observations. Le ministre chargé de la sûreté nucléaire arrête ensuite le projet de décret et le soumettent pour avis au Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques, accompagné du dossier.

Le ministre chargé de la sûreté nucléaire soumet pour avis à l'ASN le projet de décret, éventuellement modifié pour tenir compte de l'avis du Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques et accompagné des avis rendus des différentes consultations.

L'autorisation de démantèlement est accordée par décret pris sur le rapport du ministre chargé de la sûreté nucléaire.

La procédure est représentée dans le diagramme qui suit.

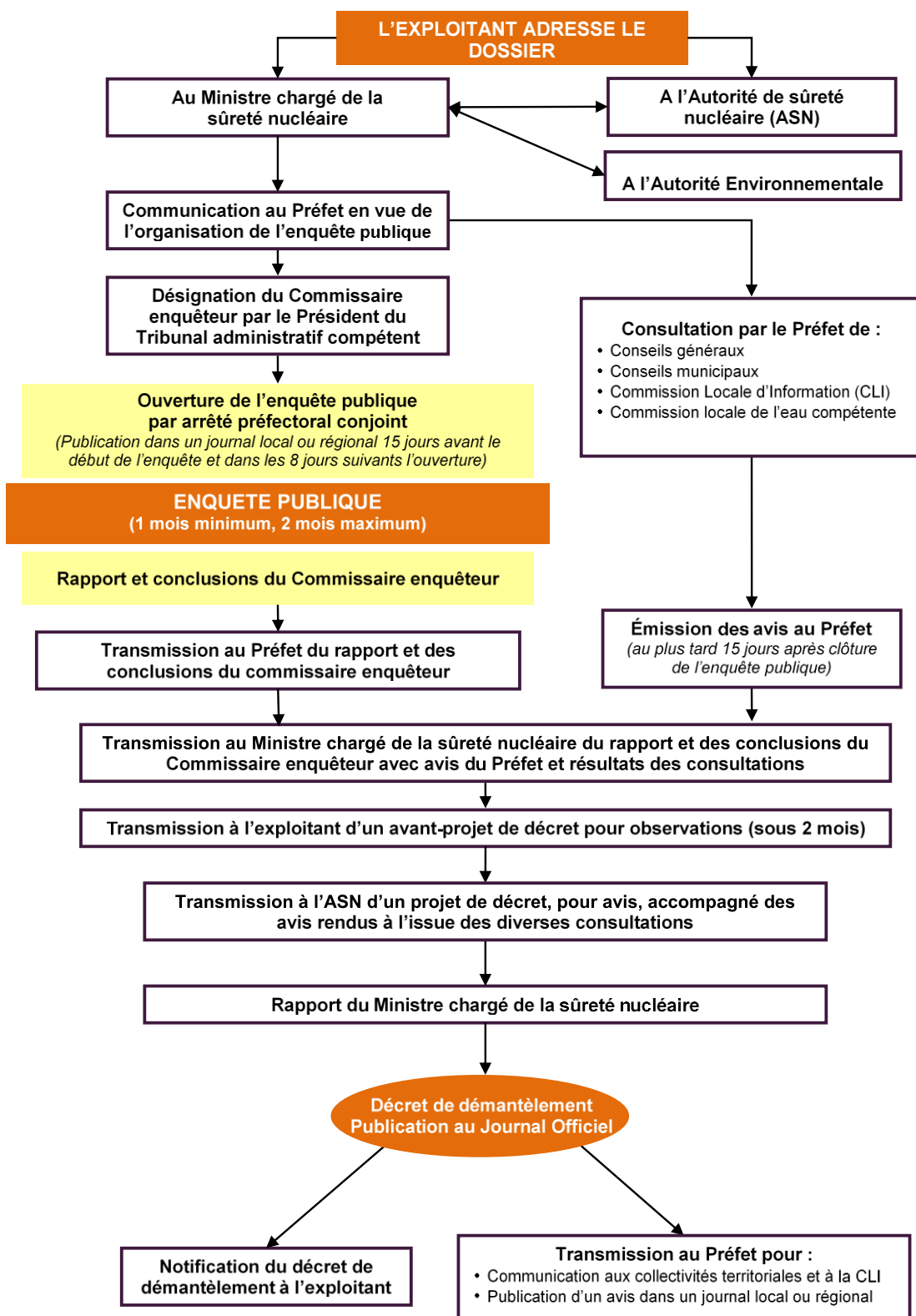


Figure 1 : Principales étapes réglementaires

E. Introduction à la radioactivité et à son utilisation dans l'industrie

E.1- La radioactivité

La radioactivité naturelle a été découverte par le physicien français Henri Becquerel.

En mars 1896, il remarqua qu'un film photographique conservé dans un emballage opaque, mis à proximité d'uranium, avait réagi. Une fois développé, il présentait le même aspect que s'il avait été accidentellement exposé à la lumière. Il en conclut que l'uranium émettait spontanément et sans s'épuiser des rayonnements invisibles.

À la suite des travaux d'Henri Becquerel, Pierre et Marie Curie isolèrent en 1898 le polonium et le radium, des éléments radioactifs inconnus présents dans le minerai d'uranium



E.1.1- La radioactivité, propriété naturelle de certains atomes

Dans la nature, la plupart des noyaux d'atomes sont stables.

Cependant, certains atomes ont des noyaux instables, ce qui est dû à un excès, soit de protons, soit de neutrons ou encore à un excès des deux. Ils sont dits radioactifs et sont appelés radio-isotopes ou radionucléides. Les noyaux d'atomes radioactifs se transforment spontanément en d'autres noyaux d'atomes, radioactifs ou non. La chaîne se termine toujours par une ultime transformation en atome stable.

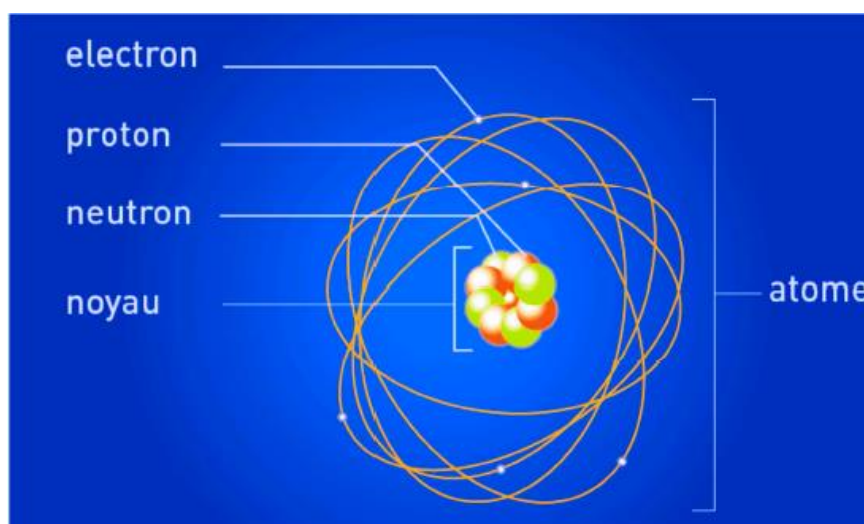


Figure 2 : Structure de l'atome

Par exemple, après plusieurs étapes, l'uranium 238 tend à se transformer en une forme stable, le plomb 206. Cette transformation irréversible d'un atome radioactif en un autre atome est appelée désintégration. Elle s'accompagne d'une émission de différents types de rayonnements.

Les caractéristiques chimiques d'un atome sont déterminées par son nombre de protons (ou son nombre d'électrons qui est identique), le nombre de neutrons pouvant être variable. Si un même élément chimique a des représentants avec des nombres de neutrons différents, on parle alors d'isotopes. Par exemple, le carbone a deux isotopes, le « 12 » qui n'est pas radioactif et le célèbre carbone 14. Le numéro représente la somme des neutrons et des protons de l'isotope (6 neutrons et 6 protons pour le carbone 12, 8 neutrons et 6 protons pour le carbone 14).

E.1.2- Les différents rayonnements

La radioactivité s'accompagne d'une émission de particules assimilable à un rayonnement. On rencontre principalement 4 types différents de rayonnement :

- ✗ le **rayonnement « alpha »** qui est une émission de noyaux d'hélium (2 protons, 2 neutrons) ;
- ✗ le **rayonnement « bêta »** qui est une émission d'électrons ;
- ✗ le **rayonnement « gamma »** qui est une émission de photons (ce sont des « gains » d'énergie, de la même famille que la lumière)
- ✗ le **rayonnement neutronique** qui est une émission de neutrons, ce dernier rayonnement ne se rencontre que dans les fissions d'atomes, spontanées ou provoquées.

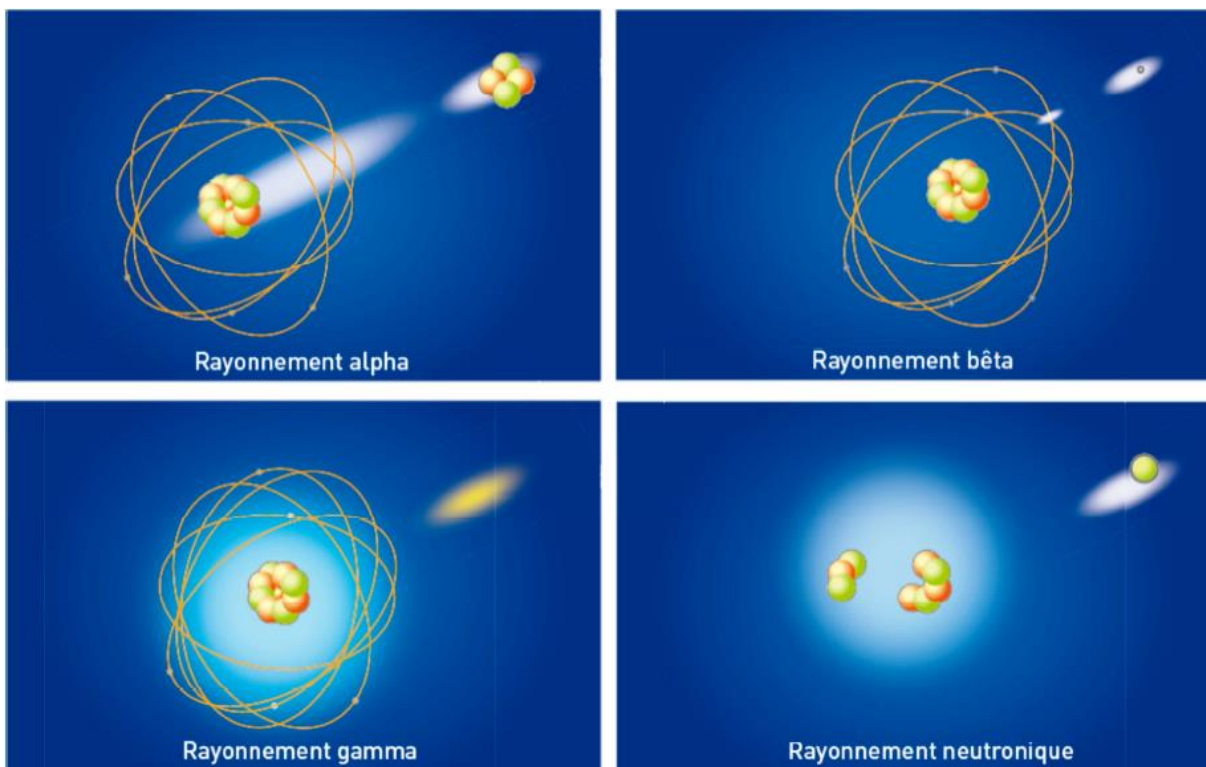


Figure 3 : Les différents rayonnements

Ces rayonnements ont chacun leurs caractéristiques. A forte dose, ils sont tous nocifs. Ils peuvent être arrêtés par différents types et épaisseurs de matériaux :

- ✗ les **rayons « alpha »** sont très peu pénétrants et sont arrêtés par une simple feuille de papier ;
- ✗ les **rayons « bêta »** par une feuille d'aluminium ;
- ✗ Les **rayons « gamma » et les neutrons** par une épaisse couche de béton ou plusieurs mètres d'eau.

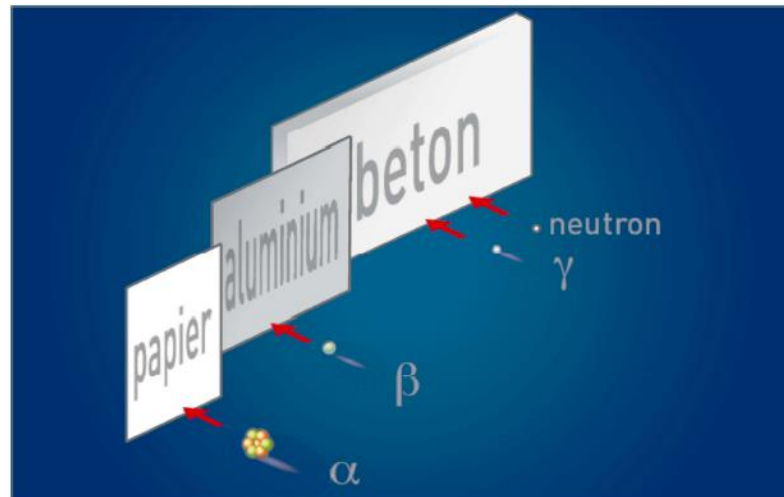


Figure 4 : Caractéristiques des rayonnements

E.1.3- La décroissance naturelle de la radioactivité

Les éléments radioactifs ne se transforment pas instantanément, mais au hasard tout en suivant une loi statistique en fonction du temps. Si l'on considère à un instant donné une grande quantité d'isotopes radioactifs identiques, on s'apercevra qu'au bout d'un temps « T », la moitié se sera transformée, il n'en restera donc plus que la moitié. Au bout de 2 fois « T », il n'en restera plus que le $\frac{1}{4}$ (la moitié de la moitié), au bout de 3 fois « T » le $\frac{1}{8}$, etc. Au bout de 10 fois « T », il n'en reste plus qu'un millième environ (exactement $\frac{1}{1024}$).

« T » est appelé la **période radioactive**, elle est caractéristique d'un isotope donné et peut être très variable, d'une fraction de seconde à plusieurs milliards d'années, selon l'isotope considéré.

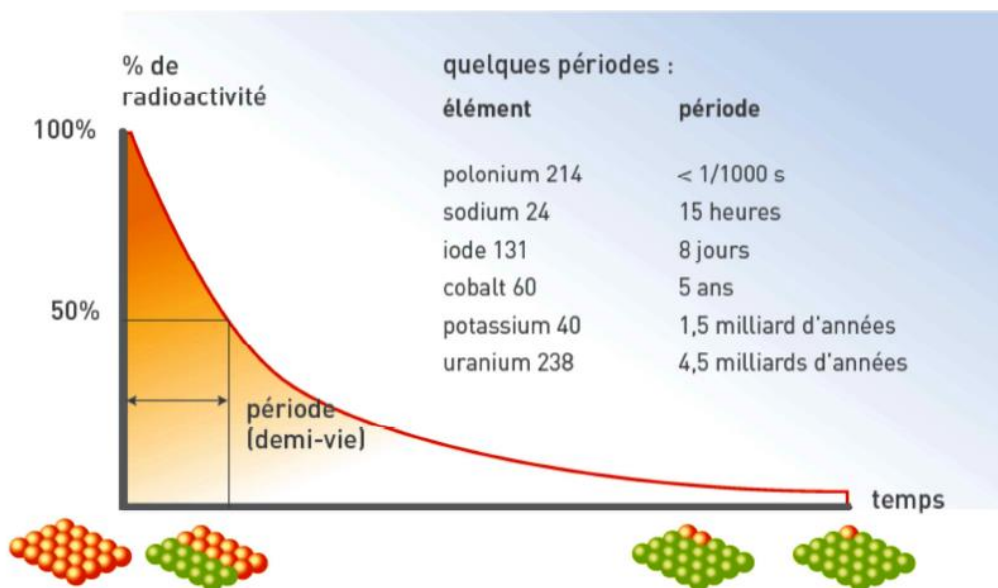


Figure 5 : La décroissance naturelle de la radioactivité

E.1.4- La réaction en chaîne, la criticité et l'enrichissement de l'uranium

Certains atomes sont assez fragiles et peuvent se casser (on parle de fission de l'atome) s'ils sont percutés par d'autres éléments, le plus souvent un neutron. Dans certaines conditions, ce phénomène peut conduire à une **réaction en chaîne**.

Celle-ci se produit lorsqu'un neutron cause la fission d'un atome fissile produisant un plus grand nombre de neutrons qui à leur tour causent d'autres fissions. Une réaction en chaîne non contrôlée, qui se produit avec une quantité suffisamment importante de combustible fissile (masse critique) peut mener à une explosion d'énergie, c'est le principe d'une bombe atomique. La réaction en chaîne peut aussi être contrôlée et utilisée dans un réacteur nucléaire pour produire de l'énergie.

Le schéma ci-contre illustre le principe de la réaction en chaîne qui se produit dans les réacteurs nucléaires qui produisent de l'électricité en France.

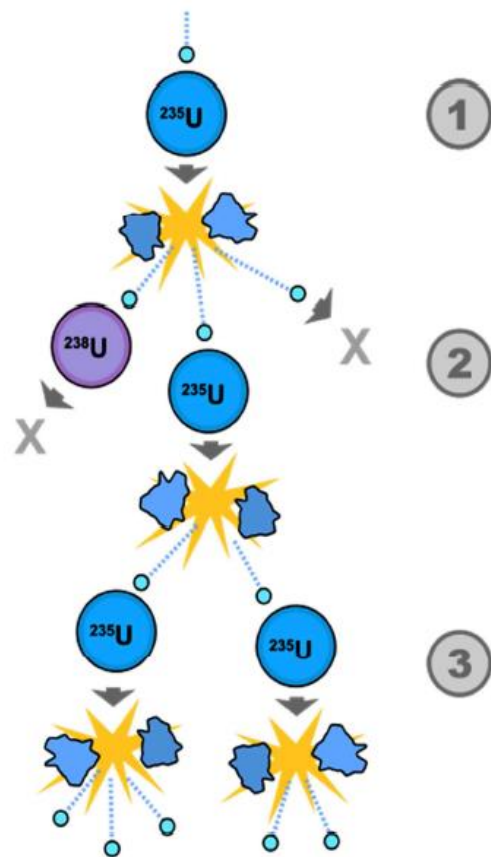
- ① Un atome d'uranium-235 absorbe un neutron, et se divise en 2 nouveaux atomes (produits de fission), relâchant 3 nouveaux neutrons et de l'énergie.
- ② L'un des neutrons est absorbé par un atome d'uranium-238, et ne continue pas la réaction. Un autre neutron est simplement perdu et ne continue pas la réaction. Cependant, un neutron rentre en collision avec un atome d'uranium-235, qui se divise et relâche deux neutrons et de l'énergie.
- ③ Ces deux neutrons entrent en collision avec des atomes d'uranium-235, qui se divisent et relâchent de 1 à 3 neutrons, qui peuvent encore entretenir la réaction.

Selon le milieu dans lequel se déroule la réaction en chaîne, celle-ci peut être :

- ✖ **sous-critique** : elle finit par s'éteindre d'elle-même car trop de neutrons produits sont perdus et il n'en reste plus assez pour entretenir la réaction ;
- ✖ **critique** : il y a autant de neutrons utiles produits que de neutrons servant à la fission ;
- ✖ **sur-critique** : il y a plus de neutrons utiles produits que de neutrons servant à la fission.

Les réacteurs nucléaires sont critiques lorsqu'ils fonctionnent à puissance constante. Tous les autres milieux où se trouvent de la matière fissile sont toujours maintenus largement sous-critiques pour éviter qu'une réaction en chaîne non souhaitée se déclenche, par exemple en concentrant trop de matière fissile en un seul endroit. Des calculs de physique nucléaire permettent de garantir qu'un milieu contenant de la matière fissile restera sous-critique ou pas.

Le principe est assez simple, il suffit de jouer sur les quantités de matière fissile, leur concentration et les conditions géométriques de leur entreposage.



Très tôt, les scientifiques se sont aperçus qu'un des isotopes de l'uranium était très propice à la réaction chaîne : l'uranium 235. Malheureusement, celui-ci est présent à l'état naturel en de très faibles proportions dans le minerai d'uranium ; son abondance naturelle est de 0,716 %, l'uranium naturel étant constitué à 99,284 % d'uranium 238.

Les réacteurs nucléaires d'EDF ne pourraient pas fonctionner avec de l'uranium naturel ; ils resteraient en permanence largement sous-critiques et il serait impossible de déclencher la réaction en chaîne. Il est nécessaire « d'enrichir » l'uranium pour en faire du combustible, c'est-à-dire d'augmenter sa proportion en uranium 235. C'est une opération très complexe, car les deux uraniums, 235 et 238, ont exactement les mêmes propriétés chimiques ; on utilise leur légère différence de masse (l'uranium 235 est un peu plus léger). Actuellement les réacteurs nucléaires d'EDF utilisent de l'uranium enrichi à 3-4%. Les armes nucléaires de fission nécessitent un taux d'enrichissement en uranium 235 beaucoup plus élevé (supérieur à 80%).

E.1.5- Les principales unités de la radioactivité

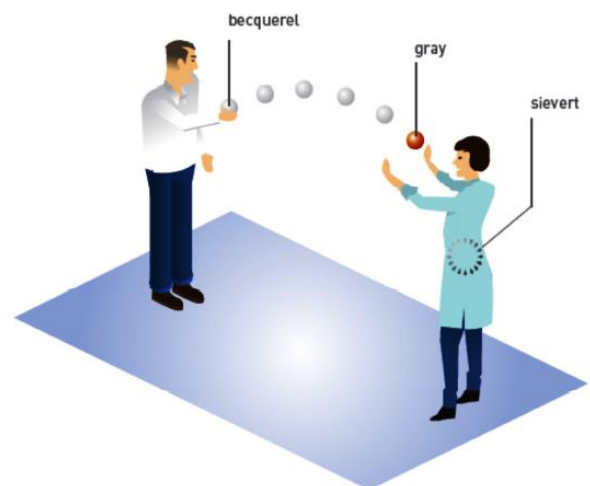
Les trois principales unités de la radioactivité sont le :

- ✖ **becquerel (Bq)** qui exprime la quantité de radioactivité ;
- ✖ **gray (Gy)** qui mesure son énergie ;
- ✖ **sievert (Sv)** qui en quantifie les effets.

Ces trois unités sont nécessaires pour définir complètement un rayonnement radioactif.

L'image ci-contre, où une personne envoie des balles à une autre, permet de faire l'analogie avec la radioactivité et de symboliser la relation entre les trois unités de mesure.

- ✖ le nombre de balles envoyées peut se comparer au becquerel (**quantité de radioactivité**) ;
- ✖ la force avec laquelle les balles sont envoyées peut se comparer au gray (**énergie reçue**) ;
- ✖ les marques laissées sur le corps selon la nature des balles en mousse ou en matériau plus dur au sievert (**effet produit**).



E.1.5.1 Le becquerel

Un échantillon radioactif se caractérise par son activité qui est le nombre de désintégrations de noyaux radioactifs par seconde qui se produisent en son sein. L'unité d'activité est le becquerel, de symbole Bq.

1 Bq = 1 désintégration par seconde

Cette unité est très petite. L'activité s'exprimera donc le plus souvent en multiples du becquerel :

- ✕ le kilobecquerel (kBq) = 1 000 Bq ;
- ✕ le mégabecquerel (MBq) = 1 million de Bq ;
- ✕ le gigabecquerel (GBq) = 1 milliard de Bq ;
- ✕ le térabecquerel (TBq) = 1 000 milliards de Bq.

Pour détecter et mesurer les rayonnements émis par les isotopes radioactifs, on dispose de différents types de détecteurs extrêmement sensibles qui mesurent couramment des activités plus d'un million de fois inférieures aux niveaux qui pourraient avoir des effets sur notre santé.

Quelques exemples d'activité radioactive naturelle de notre environnement :

- ✕ **le granite** : 1 000 becquerels par kg ;
- ✕ **le corps humain** : un individu de 70 kg a une activité de l'ordre de 8 000 becquerels, dont environ 5 000 becquerels dus au potassium 40 (dans les os) ;
- ✕ **le lait** : 80 becquerels par litre ;
- ✕ **l'eau de mer** : 10 becquerels par litre.

E.1.5.2 Le gray

Le gray est l'unité de mesure de l'énergie des rayonnements. Elle permet d'apprécier la quantité de rayonnements absorbés ou dose absorbée - par un organisme ou un objet exposé aux rayonnements.

E.1.5.3 Le sievert

Les effets biologiques des rayonnements sur un organisme exposé se mesurent en sievert (symbole Sv). L'unité la plus courante est le millisievert ou millième de sievert (mSv).

A titre indicatif, on évalue l'effet sur l'Homme de la radioactivité naturelle en France à une moyenne de 2,4 mSv par an. Cette valeur n'est qu'une moyenne, elle est moins élevée dans les régions calcaires et un peu plus dans les régions granitiques. Dans certaines régions du monde (notamment en Inde, dans le Kérala), elle peut s'élever jusqu'à 70 mSv.

E.1.6- Les isotopes radioactifs naturels

Lors de la formation de la Terre, il y a environ 5 milliards d'années, la matière comprenait des atomes stables et instables. Mais depuis, les atomes instables se sont désintégrés par radioactivité et la plupart d'entre eux ont fini par atteindre la stabilité. Cependant, il existe toujours quelques atomes radioactifs naturels :

- ✖ les radio-isotopes caractérisés par une très longue période comme l'uranium 238 (4,5 milliards d'années) et le potassium 40 (1,5 milliard d'années). Ils n'ont pas encore eu le temps de tous se désintégrer depuis qu'ils ont été créés ;
- ✖ les descendants radioactifs des précédents comme le radium 226 qui résulte de désintégration de l'uranium 238. Le radium 226 se transforme lentement en un gaz lui-même radioactif, le radon 222 ;
- ✖ les radio-isotopes créés par l'action des rayonnements cosmiques sur certains noyaux d'atomes. C'est le cas, par exemple, du carbone 14 qui se forme en permanence dans l'atmosphère.

Ces isotopes radioactifs naturels sont présents sur toute la planète, dans l'atmosphère (carbone 14, radon 222), dans la croûte terrestre (uranium 238 et uranium 235, radium 226...) et dans notre alimentation (potassium 40).

E.1.7- Les isotopes radioactifs artificiels

Ils sont produits soit dans un réacteur nucléaire, soit dans des accélérateurs de particules où l'on accélère des particules pour les faire se percuter avec des atomes. Soit les particules sont absorbées, soit elles font exploser l'atome.

Certains isotopes (cobalt 60, iridium 192...) sont utilisés comme source de rayonnements pour des radiographies gamma (de la même famille que les radiographies classiques, mais beaucoup plus pénétrantes) ou comme source d'irradiation pour la radiothérapie ou pour des applications industrielles.

Dans les réacteurs nucléaires, les atomes sont brisés par des neutrons, on appelle cette réaction « la fission » qui produit d'autres atomes, les fragments de la fission. Ces nouveaux atomes sont le plus souvent radioactifs (par exemple strontium 90, césium 137...). Certains ne sont pas utilisés et font partie des déchets radioactifs. Les réacteurs nucléaires sont le plus souvent utilisés pour la production d'électricité.

E.2- L'Homme et la radioactivité

E.2.1- Le risque

L'Homme est exposé en permanence aux rayonnements, par exemple à ceux du soleil. La lumière s'accompagne de rayonnements invisibles connus sous le nom de rayonnements ultraviolets et infrarouges.

L'Homme est également exposé à d'autres rayonnements invisibles de très forte énergie qui proviennent de l'espace, les rayonnements cosmiques.

Les rayonnements les plus énergétiques arrachent les électrons aux atomes sur leur trajectoire qui se chargent alors positivement. Les atomes voisins qui accueillent les électrons se chargent négativement. Les atomes chargés positivement ou négativement sont appelés ions. Les rayonnements capables de provoquer de telles réactions sont dits ionisants et le phénomène s'appelle l'ionisation. Cette ionisation peut endommager les cellules vivantes.

Les effets des rayonnements ultraviolets du soleil sont connus de tous. Si, à faibles doses, ils apparaissent assez inoffensifs, à forte dose, ils peuvent présenter des dangers. Par exemple, des expositions prolongées au soleil provoquent des coups de soleil, des brûlures dues à la présence des rayonnements ultraviolets. À long terme, elles peuvent même être la cause de cancers.

Selon la dose reçue et le type de rayonnements, leurs effets peuvent être plus ou moins néfastes pour la santé, immédiats ou différés :

- ✖ une **forte exposition aux rayonnements ionisants** (de l'ordre de 1 Sv) provoque des effets immédiats sur les organismes vivants comme, par exemple, des brûlures plus ou moins importantes pouvant conduire, dans le cas de très fortes expositions (plusieurs dizaines de Sievert), à une issue fatale ;
- ✖ les **expositions à des doses plus ou moins élevées** de rayonnements ionisants peuvent avoir des effets à long terme (jusqu'à plusieurs d'années) sous la forme de cancers et de leucémies. Ces effets se manifestent de façon non systématique, on ne peut pas les prédire pour une personne donnée.

Les rayonnements alpha, qui sont de grosses particules (noyaux d'hélium), sont rapidement freinés lorsqu'ils pénètrent à l'intérieur d'un matériau ou d'un tissu vivant et déposent leur énergie localement. Ils sont donc, à dose absorbée égale, plus perturbateurs que des rayonnements gamma, lesquels pénètrent plus profondément la matière et étalent ainsi leur dépôt d'énergie.

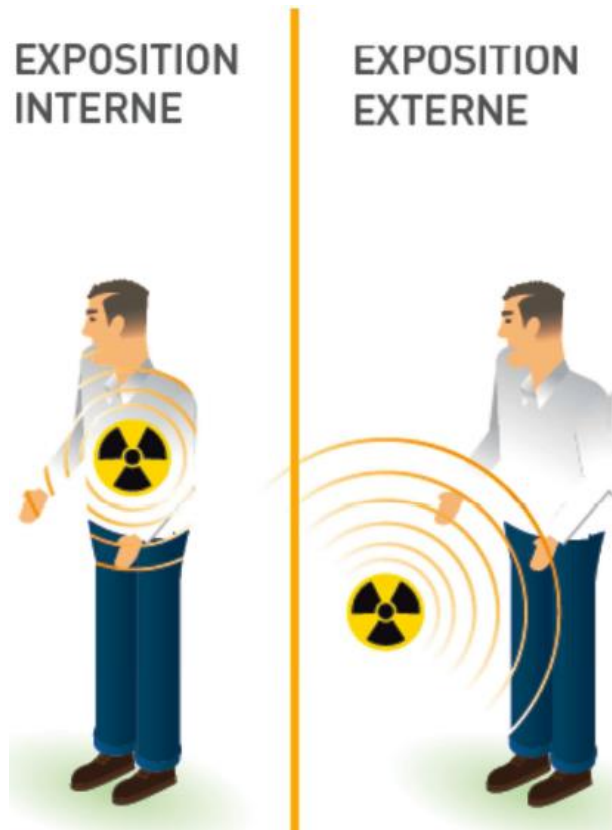
Le risque biologique n'est pas uniforme pour l'ensemble de l'organisme. Il dépend de la radiosensibilité de l'organe exposé et du type de rayonnement. On peut ainsi, pour des raisons thérapeutiques, exposer un organe à un rayonnement très concentré et très important et guérir le malade, alors que si ce rayonnement était dirigé sur tout le corps ou sur des organes plus sensibles, il tuerait le patient.

E.2.2- Les modes d'exposition aux rayonnements

Selon la manière dont les rayonnements atteignent l'organisme, on distingue deux modes d'exposition : externe ou interne.

L'exposition externe aux rayonnements (ou **irradiation externe**) se produit quand on se trouve à proximité de substances radioactives sous forme de nuage ou de dépôt sur le sol ou encore de sources à usage industriel ou médical. L'exposition externe peut concerner tout l'organisme ou une partie seulement de celui-ci. Elle cesse dès que l'on n'est plus sur la trajectoire des rayonnements (cas par exemple d'une radiographie du thorax).

L'exposition interne (encore appelée **contamination interne**) se produit quand des substances radioactives se trouvent à l'intérieur de l'organisme. Celles-ci provoquent une irradiation interne. Les substances ont pu pénétrer par inhalation, par ingestion, par blessure de la peau et se distribuent ensuite dans l'organisme. L'exposition ne cesse que lorsque les substances radioactives ont disparu de l'organisme après un temps plus ou moins long par élimination naturelle et décroissance radioactive ou par traitement.



Tous les radioéléments ne sont pas éliminés naturellement (respiration, urines...) à la même vitesse. Certains peuvent s'accumuler dans des organes spécifiques (os, foie...) avant d'être évacués du corps. Pour chacun des éléments radioactifs, on définit, en plus de sa période radioactive, une période biologique, temps au bout duquel la moitié de l'activité d'une substance radioactive a été éliminée de l'organisme, par des voies naturelles.

E.2.3- L'exposition de l'Homme aux rayonnements ionisants

En France, l'exposition annuelle de l'Homme aux rayonnements ionisants est en moyenne de 3,5 milliSievert. Les rayonnements artificiels sont du même type que ceux émis par des sources naturelles et leurs effets sur de la matière vivante sont, à dose égale, identiques. Ce sont essentiellement les radiographies médicales ou dentaires.

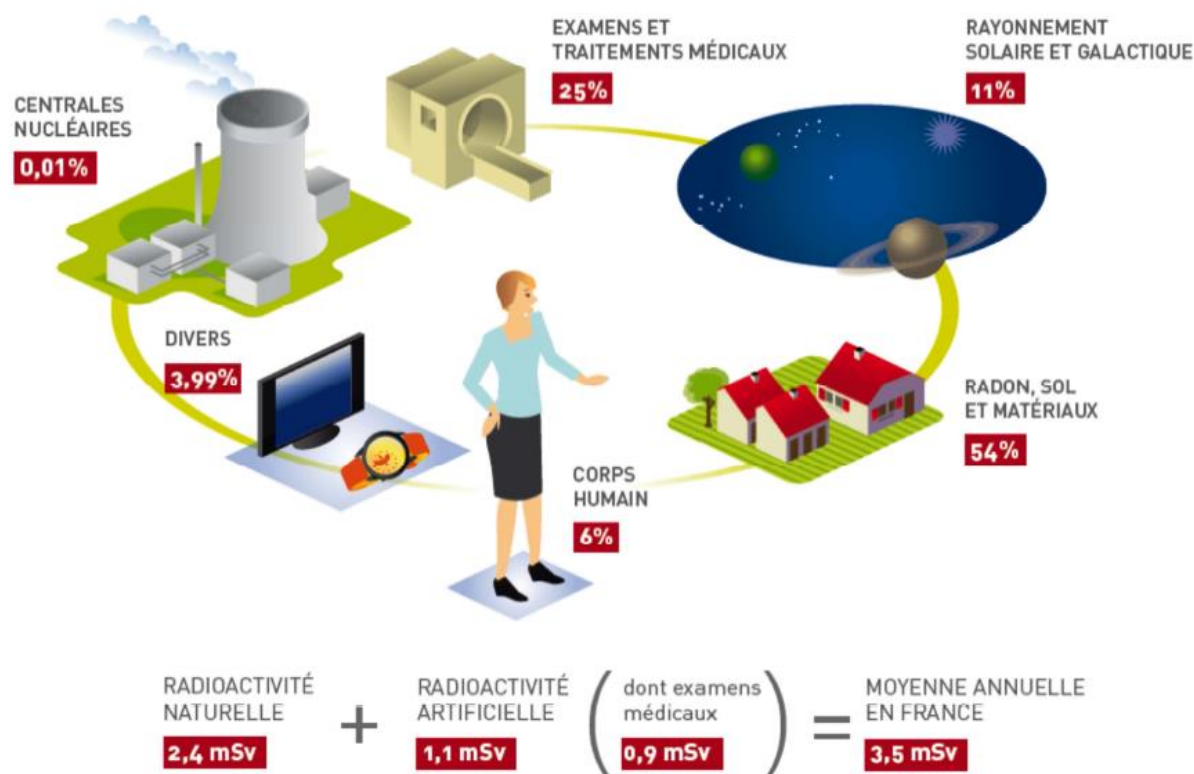


Figure 6 : Exposition de l'Homme aux rayonnements

E.2.4- La radioprotection

Pour se prémunir des risques d'exposition externe, il faut :

- × **s'éloigner de la source de rayonnements**, car leur intensité diminue avec la distance ;
- × **mettre un ou plusieurs écrans** entre la source de rayonnements et les personnes (murs de béton, parois en plomb et verres spéciaux chargés en plomb).

C'est une des raisons pour lesquelles les installations nucléaires sont en général aussi massives. D'autre part, il faut réduire au strict minimum indispensable la durée d'exposition des travailleurs aux rayonnements. Pour cela, une méthode de travail a été mise au point, elle est appelée ALARA (As Low As Reasonably Achievable), « aussi faible que raisonnablement possible ».

Il s'agit pour toute intervention conduisant à une exposition aux rayonnements de faire la preuve qu'il n'existe pas d'autre solution raisonnablement possible pour diminuer encore l'exposition des travailleurs. Dans tous les cas, l'exposition des travailleurs est limitée.

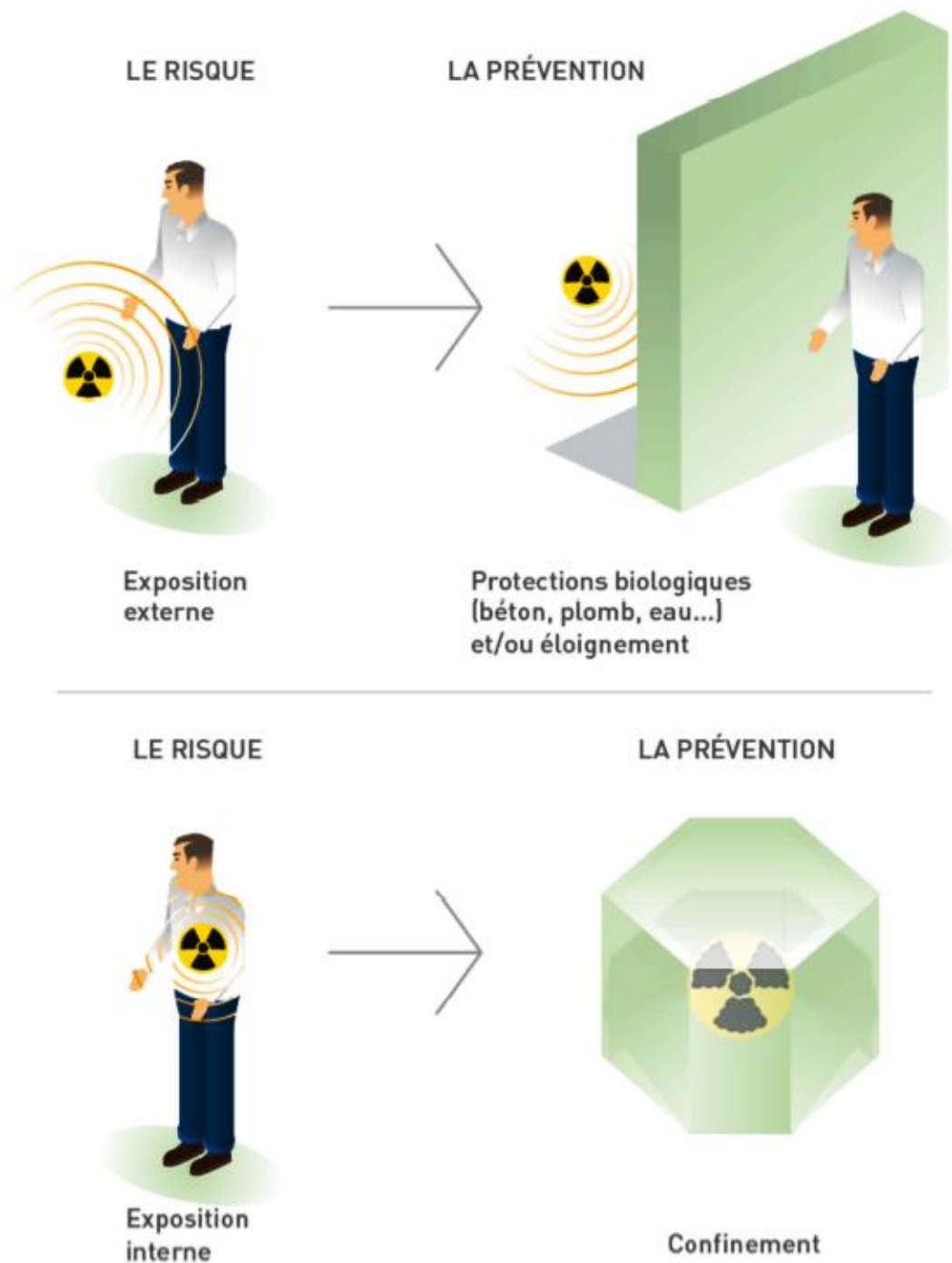


Figure 7 : Prévention d'une exposition interne et externe

Chaque intervention est minutieusement préparée de manière à ne pas perdre de temps. Pour les interventions les plus délicates, on peut aller jusqu'à construire une maquette, grandeur réelle, pour que les opérateurs puissent répéter autant que nécessaire les gestes qu'ils auront à faire. On fait également de plus en plus appel à la réalité virtuelle. Cependant les interventions qui nécessitent ce genre de dispositions sont très rares.

Pour se prémunir des risques d'exposition interne, il faut empêcher par tous les moyens possibles que les produits radioactifs rentrent en contact avec l'Homme. Deux moyens existent : le confinement et les protections individuelles s'il est nécessaire de pénétrer dans une zone confinée.

E.3- Les normes de radioprotection

La prise de conscience du risque d'une exposition excessive aux rayonnements ionisants a amené les autorités à fixer des normes réglementaires. Ces limites correspondent à un risque supplémentaire minime par rapport au risque naturel, ce qui le rend acceptable.



INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION

Depuis 1928, la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR, ICPR en anglais) rassemble des médecins, physiciens, biologistes, etc de tous pays. Cette autorité scientifique indépendante émet des avis en matière de radioprotection, guides pour les réglementations propres à chaque État.



L'UNSCEAR (*United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*) réunit des scientifiques représentant 21 nations. Il a été créé en 1955 au sein de l'ONU pour rassembler le maximum

de données sur les niveaux d'exposition dus aux diverses sources de rayonnements ionisants et leurs conséquences biologiques, sanitaires et environnementales. Il constitue un bilan régulier de ces données, mais également une évaluation des effets en étudiant les résultats expérimentaux, l'estimation des doses, les données humaines.



L'Union européenne reprend ces avis dans ses propres normes ou directives. La limite de dose est de 1 milliSievert par an pour la population et de 20 milliSievert par an en moyenne sur 5 ans pour les travailleurs qui sont soumis à un contrôle médical spécifique.

Le législateur divise par vingt les doses admissibles des travailleurs pour la population car il considère que celle-ci comporte des sujets de tous âges, de tous états de santé et qui ne sont pas suivis médicalement

E.3.1- Le zonage radioprotection

Le zonage radioprotection permet la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants. En effet, il permet de classer les différents locaux de l'installation selon la nature (exposition externe et/ou interne) et le niveau (plus ou moins élevé) du risque radiologique, en fonction de la dose susceptible d'être reçue par un travailleur correspondant à une couleur dans la figure ci-dessous. Pour chaque zone, des mesures de protection spécifiques sont mises en place.

De plus, le zonage de radioprotection contribue à identifier les risques encourus, préalablement à la réalisation de toute opération. D'une manière générale les données prises en considération pour la classification des locaux sont l'exposition externe et l'exposition interne aux rayonnements ionisants. D'autres données spécifiques (mesures du radon, d'extrémités et d'opération) sont également prises en compte pour la définition du zonage radiologique.

En début de démantèlement, le zonage radioprotection est dérivé de celui de la phase de fonctionnement.

Zonage radioprotection		Organisme entier	Équivalence en contamination atmosphérique (RCA ⁽²⁾)
Zone	Couleur		
Non délimitée		Dose efficace < 80 µSv/mois	
Surveillée	Bleu	Dose efficace < 1,25 mSv intégrée sur un mois	< 0,3 RCA
Contrôlée	Verte	Dose efficace < 4 mSv intégrée sur un mois	< 1 RCA
	Jaune	Dose efficace < 2 mSv intégrée sur une heure	< 80 RCA
	Orange	Dose efficace < 100 mSv intégrée sur une heure et < 100 mSv moyennés sur une seconde	< 4 000 RCA
	Rouge	Dose efficace > 100 mSv intégrée sur une heure ou > 100 mSv moyennés sur une seconde	≥ 4 000 RCA
Radon		Dose efficace due exclusivement au radon > 6 mSv/an	
D'opération		Dose efficace < 0,025 mSv intégrée sur une heure	
D'extrémités		Dose équivalente aux extrémités > 4 mSv/mois	

Figure 8 : Classification des zones de radioprotection

Les caractéristiques radiologiques dans les différents locaux d'une installation fluctuent au fil du temps en fonction de nombreux paramètres. Le zonage radioprotection doit par conséquent être évolutif.

La conformité du zonage radioprotection des locaux est vérifiée périodiquement grâce à des mesures ou des prélèvements représentatifs de l'exposition des travailleurs. Ils constituent des points de référence pour effectuer les contrôles techniques d'ambiance. Les travaux de démantèlement peuvent notamment générer une augmentation de l'ambiance radiologique aux postes de travail conduisant à un surclassement radiologique temporaire des lieux.

² La grandeur opérationnelle de l'exposition interne est le Repère de Concentration Atmosphérique (RCA). Pour un radionucléide donné, 1 RCA correspond à l'activité volumique moyenne (Bq/m³) qui conduit, à la suite de l'exposition par inhalation d'une personne pendant une heure, à une dose efficace engagée de 25 µSv. Elle est définie comme suit :

$$RCA \text{ (Bq/m}^3\text{)} = \frac{25 \cdot 10^{-6} \text{ (Sv)}}{D_r \text{ (m}^3\text{/h)} \cdot 1 \text{ (h)} \cdot DPUI \text{ (Sv/Bq)}}$$

où :

- D_r : débit respiratoire d'une personne au travail : 1,2 m³/h
- DPUI : dose par unité d'incorporation d'un radionucléide, exprimée en Sv/Bq
- RCA : repère en concentration atmosphérique, exprimé en Bq/m³

E.3.2- Le zonage déchets

Un guide de l'Autorité de sûreté nucléaire (guide n° 23) décrit le processus d'élaboration du zonage déchets des installations nucléaires et les modalités de contrôle associées, dans le cadre général de l'élaboration des études déchets, dont le principe a été défini par l'arrêté du 31 décembre 1999. Selon ce guide, le zonage déchets est destiné à distinguer les zones d'un site nucléaire où les déchets produits sont radioactifs ou susceptibles de l'être (ZppDN).

Le zonage déchets consiste à découper les installations d'un site nucléaire (bâtiments ou locaux de l'installation nucléaire, mais aussi aires extérieures et voiries) en deux types de zones :

- ✖ les zones à production possible de déchets nucléaires (ZppDN), à l'intérieur desquelles les déchets produits sont radioactifs contaminés ou activés, ou susceptibles de l'être. Les déchets issus de ces zones sont dits déchets radioactifs,
- ✖ les zones à déchets conventionnels, à l'intérieur desquelles les déchets produits ne sont pas susceptibles d'être contaminés ou activés. Les déchets issus de ces zones sont dits déchets conventionnels.

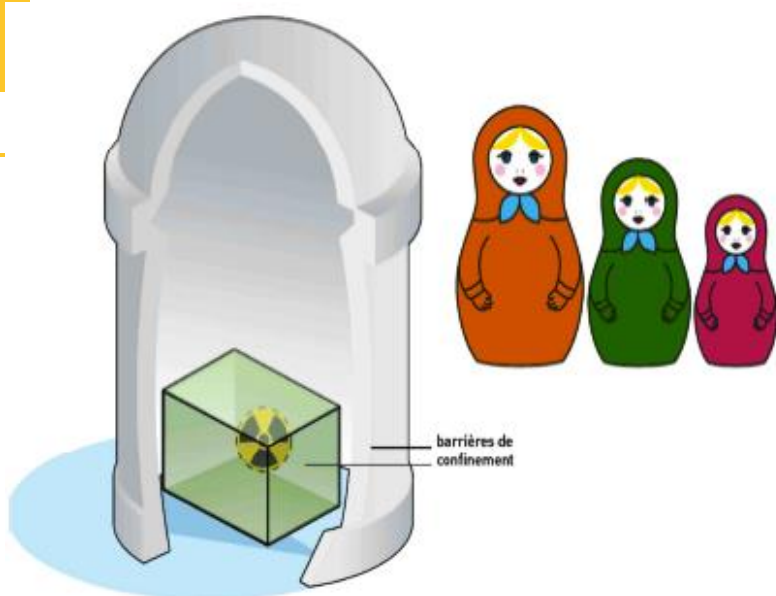
Une zone peut être tout local, partie de local ou partie d'installation pour lequel des frontières ou barrières physiques existent et peuvent être considérées comme empêchant tout transfert de contamination entre l'extérieur et l'intérieur de la zone ainsi définie. Les interruptions éventuelles de ces barrières physiques doivent être pourvues de moyens adaptés permettant de prévenir la dissémination de contamination depuis les zones à déchets nucléaires vers les zones à déchets conventionnels (confinement statique, confinement dynamique, contrôles actifs...).

Le zonage radioprotection est différent du zonage déchets mais la cohérence de ces deux zonages est assurée.

E.4- En pratique dans l'industrie nucléaire

E.4.1- Les dispositions constructives

Pour se prémunir des risques d'exposition, le premier principe est de confiner la radioactivité dans une enceinte étanche pour éviter sa dissémination. Cette enceinte étanche pourra également servir d'écran pour absorber le rayonnement externe.

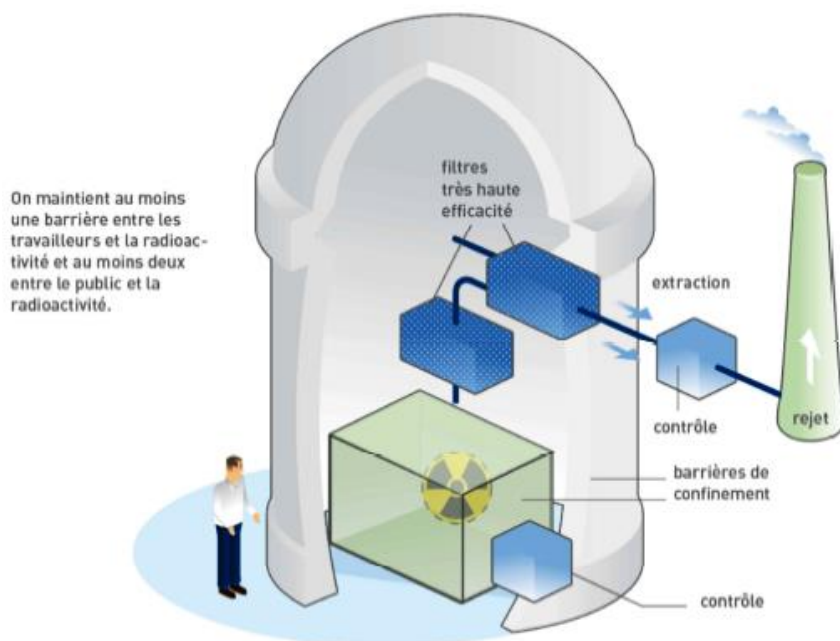


Pour confiner la radioactivité le plus efficacement possible, on interpose plusieurs barrières entre la radioactivité et l'Homme, selon le même principe que les poupées russes.

Si une des barrières fuit ou se rompt, il y en a une ou plusieurs autres encore en place pour assurer le confinement. Ces dispositions sont renforcées par un système de ventilation qui met en dépression l'enceinte où se trouve la radioactivité. Ainsi s'il y a une fuite, l'air ira de l'extérieur vers l'enceinte où se trouve la radioactivité.

L'air extrait est filtré dans un ou plusieurs « filtres à très haute efficacité

» qui retiennent chacun au moins 999 pour mille des particules solides. L'air filtré est ensuite rejeté. Il est analysé en permanence.



On maintient au moins une barrière entre les travailleurs et la radioactivité et au moins deux entre le public et la radioactivité.

E.4.2- Le cas particulier du démantèlement

Quelles que soient les opérations à mener, il faut toujours conserver au moins une barrière entre la radioactivité et les opérateurs.

Pour ce faire, qu'il s'agisse d'un transport de matières radioactives ou d'un démantèlement, le principe est le même :

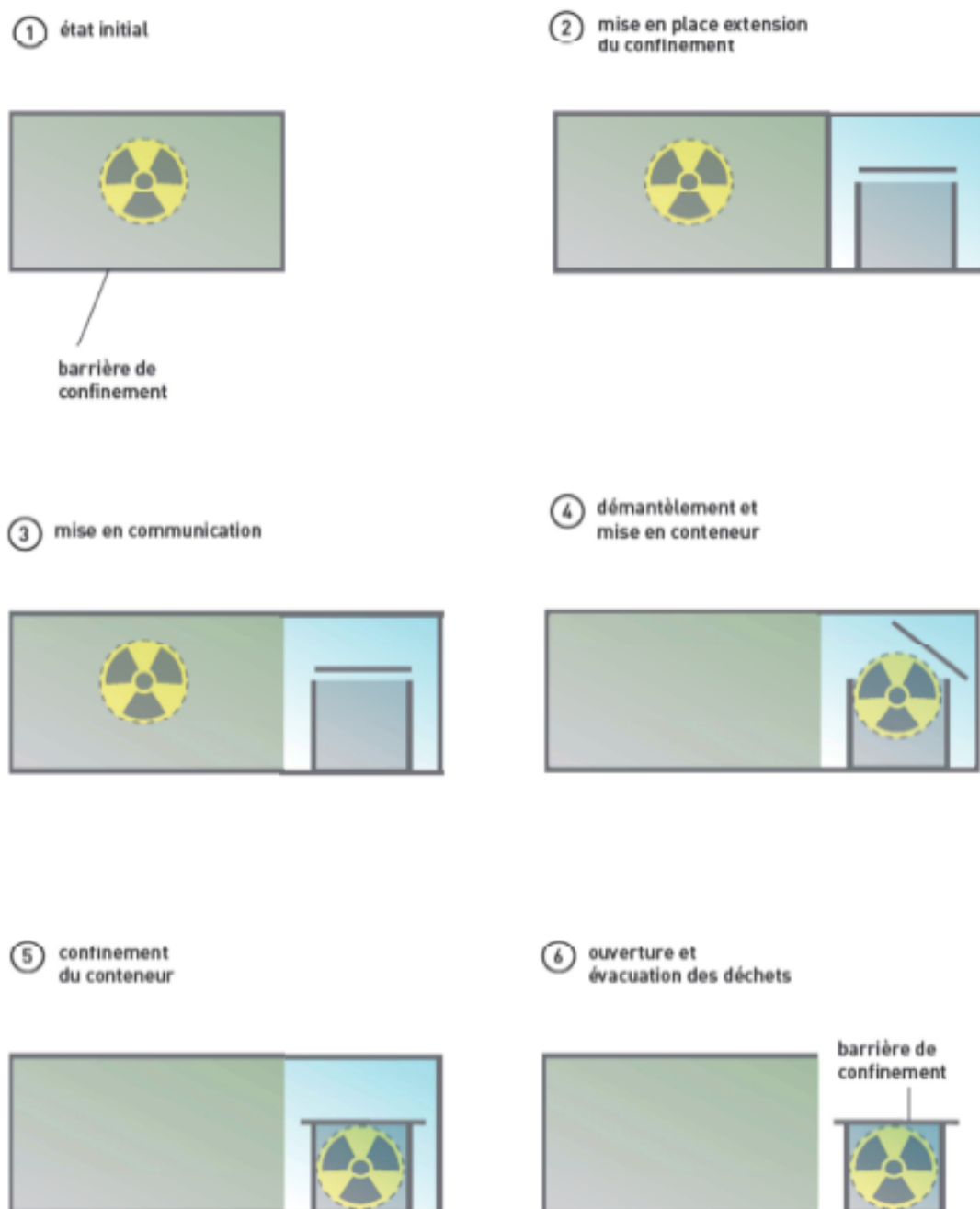


Figure 9 : cas particulier du démantèlement

E.4.3- Les protections individuelles des travailleurs

Les personnes qui sont amenées à intervenir dans des zones où la radioactivité n'est pas confinée, pour des opérations de démantèlement par exemple, s'équipent de combinaisons étanches. Selon le niveau de risque, elles peuvent être de deux types.



Tenue ventilée, maintenue en légère surpression

(s'il y a une fuite, elle ira de l'intérieur vers l'extérieur, la protection du travailleur continuera d'être assurée)



Combinaison simple avec masque respiratoire et gants

Ces combinaisons ne protègent que du risque d'exposition interne. Si les produits radioactifs, qui se trouvent dans la zone dans laquelle on doit intervenir, émettent trop de rayonnements gamma ou de neutrons, il sera nécessaire de protéger les travailleurs par interposition d'écran.

Si cela n'est pas possible, il faudra alors intervenir à l'aide de moyens télécommandés ou téléopérés (robots, bras télécommandé, télémanipulateur, etc.).



Travail au télémanipulateur en cellule blindée (remarquer la vitre blindée qui fait 1 m d'épaisseur)



Robot de démolition télécommandé

E.4.4- La surveillance



Dosimètre passif à gauche, dosimètre opérationnel à droite

Les travailleurs susceptibles d'être exposés aux rayonnements (industries nucléaires, médecins, radiologues...) portent systématiquement un « dosimètre passif » et un « dosimètre opérationnel » qui mesurent la quantité de rayonnements auxquels ils sont soumis.

Ces dispositifs permettent de s'assurer en permanence que la personne n'a pas reçu une dose supérieure aux limites réglementaires ou d'en mesurer l'importance. Le dosimètre passif, très précis, permet une analyse *a posteriori* ; alors que le dosimètre donne des indications en temps réel. Il est en particulier doté d'alarmes qui avertissent le travailleur d'un niveau anormal de rayonnement.

D'autre part, de nombreux appareils surveillent en permanence les locaux dans lesquels se trouvent des produits radioactifs, de même que les locaux qui pourraient être contaminés en cas de fuite. Certains de ces appareils sont dotés d'alarmes qui avertissent immédiatement le personnel en cas d'anomalie. Ces appareils sont extrêmement sensibles et permettent de détecter d'infimes niveaux de radioactivité.

E.5- Les déchets

En France, la classification des déchets radioactifs repose sur deux paramètres :

- ✕ le niveau de radioactivité

Il s'exprime généralement en Becquerels (Bq) par gramme ou par kilogramme. Egalement appelé activité, le niveau de radioactivité correspond à la quantité de rayonnements émis par les éléments radioactifs (radionucléides) contenus dans les déchets. On distingue 4 niveaux d'activités différentes : Haute Activité (HA), Moyenne Activité (MA), Faible Activité (FA) et Très Faible Activité (TFA).

- ✕ la période radioactive

On distingue les déchets dont les principaux radionucléides ont une période courte (inférieure ou égale à 31 ans) et ceux de période longue (supérieure à 31 ans).

On considère généralement pour les premiers que la radioactivité est très fortement atténuée au bout de 10 périodes, soit près de 300 ans. Les radionucléides utilisés pour les besoins de diagnostic en médecine ont une période "très courte", c'est-à-dire dont la période est inférieure à 100 jours. Au bout d'un temps réduit, leur radioactivité atteint des niveaux très faibles et ne sont plus considérés comme des déchets radioactifs.

		Déchets dits à vie très courte contenant des radioéléments de période < 100 jours	Déchets dits à vie courte dont la radioactivité provient principalement des radioéléments de période ≤ 31 ans	Déchets dits à vie longue contenant majoritairement des radioéléments de période > 31 ans
Centaines Bq/g	Très faible activité (TFA)	Gestion par décroissance radioactive sur le site de production	Recyclage ou stockage dédié en surface (installation de stockage du centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage de l'Aube)	
Millions Bq/g	Faible activité (FA)	puis élimination dans les filières de stockage dédiées aux déchets conventionnels	Stockage de surface (centre de stockage des déchets de l'Aube)	Stockage à faible profondeur (à l'étude dans le cadre de la loi du 28 juin 2006)
	Moyenne activité (MA)			
Milliards Bq/g	Haute activité (HA)	Non applicable Les déchets de haute activité à vie très courte n'existent pas	Stockage en couche géologique profonde (en projet dans le cadre de la loi du 28 juin 2006)	

Tableau 2 : Classification des déchets radioactifs français en fonction de leur mode de gestion

Aujourd'hui deux Centres de stockage définitif des déchets radioactifs sont en exploitation :

- ✕ le Centre de Stockage de l'Aube (CSA) :

Situé à Soulaines, à l'Est du département de l'Aube, le Centre de stockage de l'Aube (CSA), également appelé CSFMA (Centre de Stockage de déchets FA et MA), est exploité depuis janvier 1992. Il accueille les déchets de faible et moyenne activité à vie courte, prenant ainsi le relais du Centre de stockage de la Manche fermé en 1994 et dont l'évolution est surveillée par l'Andra depuis cette date pour une durée prévisionnelle de 300 ans.

- ✕ le Centre Industriel de Regroupement, d'Entreposage et de Stockage (CIRES)

Ce Centre, précédemment appelé CSTFA (Centre de stockage des déchets TFA), est situé à proximité du CSA, le CIRES accueille depuis l'été 2004 les déchets dits "de très faible activité". Il couvre une superficie de 46 hectares, située essentiellement sur la commune de Morvilliers.

Les déchets qui ne peuvent pas être accueillis dans ces deux centres sont entreposés sous la responsabilité des producteurs dans l'attente de la mise en service des nouveaux Centres :

- ✕ le stockage réversible profond appelé « CIGEO (Centre industriel de stockage géologique) » ;
- ✕ le stockage à faible profondeur également appelé « Stockage FAVL (Stockage déchets de faible activité à vie longue) ».

Crédits photographiques et illustrations

Photothèques CEA, « Sur le Pont ! », Communication, ANDRA, WIKIPEDIA