



Risques radioactifs et radioprotection

Les cahiers de prévention Santé • Sécurité • Environnement

2^e édition • janvier 2018

Ce document, édité par la coordination nationale de prévention et de sécurité du CNRS, a été réalisé par :

Céline BATAILLON

Ingénieur de prévention et de sécurité,
coordination nationale de prévention et
de sécurité du CNRS

Aymeric CHABARDES

Ingénieur de radioprotection
Cellule de Sûreté Nucléaire et
Radioprotection de l'IN2P3 - CNRS

Cyrille THIEFFRY

Responsable de la cellule de Sûreté
Nucléaire et Radioprotection de l'IN2P3 -
CNRS
Chargé de mission en radioprotection
auprès de la CNPS

Janine WYBIER

Coordinatrice nationale adjointe,
Coordination nationale de prévention et
de sécurité du CNRS

en collaboration avec :

**La coordination nationale de médecine
de prévention** du CNRS et

Anne GUIHOT-LECLERC

Ex médecin de prévention de la délégation
Normandie du CNRS

Vincent NALINE

Ex médecin de prévention de la délégation
Alpes du CNRS

**Les conseillers à la sécurité des
transports de marchandises dangereuses**
du CNRS :

Aurélien CADET

CSTMD national

Xavier MARQUIS

CSTMD

Photographies de couverture



© Dreamstime



© Dreamstime



© CNRS photothèque/
Benôit Rajau



© CNPS



© GKSD.stock.adobe.com



© Graphies.thèque
Fotolia.com



© CNRS photothèque/
François JANNIN

SOMMAIRE

> Navigation dans le document

Vous trouverez au fil des pages des textes surlignés.

Ceux-ci vous permettront de naviguer au sein du document ou d'accéder à des pages internet, d'autres documents PDF...

Lorem ipsum > lien vers une autre rubrique ou une fiche

Lorem ipsum > lien vers une annexe

Lorem ipsum > lien vers un tableau

Lorem ipsum > lien vers un site internet

INTRODUCTION7

1. Réglementation relative aux rayonnements ionisants8

2. Rayonnements ionisants - notions fondamentales10

2.1. Manifestations de la radioactivité..... 10

2.2. Grandeurs et unités 10

2.2.1. Activité.....10

2.2.2. Période radioactive.....10

2.2.3. Énergie11

2.2.4. Dose absorbée11

2.3. Interaction avec la matière..... 11

2.3.1. Les particules chargées11

2.3.2. Les rayonnements électromagnétiques X et γ (photons)12

2.3.3. Les neutrons.....12

2.3.4. Les écrans.....13

2.4. Types d'exposition et contamination 13

2.4.1. Types d'exposition13

2.4.2. Contamination.....14

2.5. Effets des rayonnements ionisants sur l'homme 14

2.5.1. Notions de dose.....14

2.5.2. Effets des rayonnements sur l'homme.....15

2.6. Exposition à la radioactivité d'origine naturelle et médicale..... 16

2.6.1. Radioactivité naturelle16

2.6.2. L'exposition d'origine médicale17

2.7. Les principes de la radioprotection	17
2.7.1. Principes fondamentaux de la radioprotection	17
2.7.2. Valeurs limites d'exposition et catégories de travailleurs	18
2.8. Définition des sources scellées et des sources non scellées	19
2.8.1. Sources scellées	19
2.8.2. Sources non scellées	19

3. Obligations réglementaires préalables au déploiement des activités.20

3.1. Autorisation de détention et/ou d'utilisation.....	20
3.1.1. Les régimes d'autorisation et de déclaration	20
3.1.2. Responsable de l'activité nucléaire	20
3.1.3. Demande d'autorisation.....	21
3.2. Personne compétente en radioprotection.....	22
3.3. Autres dispositions relatives à la protection des travailleurs.....	22
3.3.1. Information et formation.....	22
3.3.2. Surveillance individuelle des travailleurs	23
3.4. Détention de matières nucléaires.....	24

4. Mesures d'ordre technique.26

4.1. Définition des zones	26
4.2. Contrôles réglementaires	27
4.2.1. Contrôles techniques de radioprotection.....	27
4.2.2. Contrôles techniques d'ambiance	28
4.2.3. Traçabilité des contrôles techniques	28
4.2.4. Contrôle de l'efficacité de l'organisation.....	28

4.2.5. Contrôles des équipements de protection collective et individuelle (EPC et EPI).....	28
---	----

4.3. Appareils de mesure **29** |

4.3.1. Mesure de l'exposition externe	29
4.3.2. Mesure de la contamination.....	29

5. Surveillance médicale des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants30

5.1. Suivi médical	30
5.2. Dossier médical	31
5.3. Conclusions médicales.....	31
5.4. Aspects réglementaires en cas d'accident d'exposition	32

6. Dispositions spécifiques aux sources scellées34

6.1. Définition et normalisation.....	34
6.2. Procédures d'achat et de suivi.....	34
6.2.1. Achat de sources.....	34
6.2.2. Suivi et contrôle des sources.....	34
6.2.3. Mouvements de sources.....	35
6.2.4. Mouvements dispensés d'enregistrement préalable	36
6.2.5. Déclaration à l'inventaire national.....	36
6.3. Consignes de sécurité et mesures d'urgence	36
6.4. Restitution des sources périmées ou en fin d'utilisation	36
6.5. Entreposage	37
6.6. Cas particuliers.....	37

7. Dispositions spécifiques aux sources non scellées38

7.1. Gestion	38
7.2. Caractéristiques des locaux.....	38
7.3. Mesures d'urgence	39
7.3.1. Dispersion.....	39
7.3.2. Contamination corporelle et incorporation.....	39
7.4. Déchets et effluents.....	39
7.4.1. Recueil des déchets au niveau de l'utilisateur.....	40
7.4.2. Local d'entreposage des déchets.....	40
7.4.3. Gestion des déchets et effluents radioactifs	41
7.4.4. Obligation déclarative	44
7.5. Contrôles de la contamination.....	44
7.5.1. Méthode directe	44
7.5.2. Méthode indirecte.....	44
7.5.3. Maintenance des appareils de mesure	45

8. Conception des locaux46

8.1. Dispositions générales.....	46
8.1.1. Localisation dans le bâtiment	46
8.1.2. Dispositions constructives.....	46
8.1.3. Signalisation	46
8.2. Dispositions particulières aux sources non scellées	47
8.2.1. Classification des laboratoires	47
8.2.2. Organisation des locaux	47
8.2.3. Protection collective dans les locaux à pollution spécifique	48
8.2.4. Sols, murs et surfaces de travail.....	48
8.2.5. Nettoyage des locaux	49

9. Transport des substances radioactives50

9.1. Principes et définitions.....	50
9.1.1. Valeurs seuils A1 et A2	51
9.1.2. Conception des colis.....	51
9.1.3. Énumération des matières	51
9.2. Dispositions relatives aux colis exceptés et colis type A	52
9.2.1. Contenus autorisés.....	52
9.2.2. Contamination des colis.....	55
9.2.3. Signalisation et étiquetage des colis	55
9.2.4. Transport par route	56
9.3. Obligations de l'expéditeur	58
9.4. Programme de protection radiologique	59
9.5. Déclaration des incidents et accidents	59
9.6. Plans d'urgence	59

Annexes

Annexe 1 Principaux textes réglementaires et normes françaises	60
Annexe 2 Formulaire ASN de demandes d'autorisation	64
Annexe 3 Désignation des Personnes Compétentes en Radioprotection dans une unité de recherche	84
Annexe 4 Bibliographie et adresses utiles.....	86

Fiches

1	Pénétration dans la matière	88
2	Écrans de protection.....	89
3	Facteurs de pondération.....	91
4	Effets non aléatoires ou déterministes	92
5	Valeurs limites d'exposition	94
6	Caractéristiques des radionucléides les plus courants	95
7	Formation des Personnes Compétentes en Radioprotection (PCR)	97
8	Le zonage	100
9	Consignes générales	102
10	Fiche individuelle d'exposition aux rayonnements ionisants (FIERI) ..	103
11	La dosimétrie passive et active (opérationnelle)	104
12	La signalisation	107
13	Modèle de document support pour le contrôle interne de l'efficacité de la radioprotection	109
14	Les appareils de mesure	113
15	Fiche de liaison PCR/médecin de prévention <i>en cas d'incident ou d'accident en rapport avec des rayonnements ionisants</i>	115
16	Traçabilité des sources scellées et non scellées	116
17	Mesures de prévention et conduite à tenir en cas d'exposition accidentelle	117

18	Bonnes pratiques de laboratoire lors de l'utilisation de sources non scellées	120
19	Plan de gestion des déchets et effluents radioactifs	122
20	Transport/Déclaration d'expédition de matières radioactives	125
21	Événements en radioprotection	127

Tableaux

1	Longueur d'onde des rayonnements ionisants et non ionisants	10
2	Périodes radioactives de quelques radionucléides	11
3	Activité naturelle de quelques substances	16
4	Bilan de l'exposition naturelle	17
5	Doses en fonction de l'examen réalisé.....	17
6	Seuils de déclaration et d'autorisation des matières nucléaires.....	25
7	Affections provoquées par les rayonnements ionisants, telles qu'elles sont présentées dans le tableau n°6 des Maladies Professionnelles reconnues par le régime général de la Sécurité Sociale.....	33
8	Valeurs seuils d'exemption pour les radionucléides les plus utilisés.....	50
9	Exemples de contenus autorisés.....	53
10	Valeurs seuils pour les radionucléides les plus utilisés.....	54
11	Valeurs limites pour radionucléides non-identifiés.....	54
12	Étiquetage selon l'indice de transport	56



© CNRS Photothèque/François Jannin

INTRODUCTION

Ce cahier de prévention, publié dans sa première édition en septembre 2007, est destiné à toute personne concernée par l'organisation ou la mise en œuvre d'expériences liées à l'utilisation de radionucléides.

Il traite des principaux sujets d'ordres administratif, technique, médical et environnemental.

Il a été délibérément choisi d'écartier les questions relatives aux générateurs électriques de rayonnements ionisants (générateurs X, accélérateurs...) et aux installations nucléaires de base (INB).

Il se présente sous la forme d'un fascicule structuré en chapitres thématiques consultables indépendamment, au gré de l'utilisateur.

Des fiches séparées permettent au lecteur d'obtenir des précisions ou d'approfondir un sujet déterminé. Elles sont signalées dans le corps du texte principal par un numéro.

Ce cahier de prévention comporte des références bibliographiques et réglementaires ainsi que des adresses utiles.

Cette seconde édition intègre les dispositions réglementaires parues depuis 2008 ainsi que les évolutions technologiques, notamment en dosimétrie. Elle reprend également certaines dispositions de la directive 2013/59/EURATOM du Conseil du 5 décembre 2013 qui seront traduites en droit français d'ici 2018.

Certaines dispositions présentées sont spécifiques aux organismes de recherche et applicables uniquement à ces organismes publics du fait de leur statut juridique (EPST, EPSCP), comme c'est le cas du CNRS.

1. Réglementation relative aux rayonnements ionisants

La transposition de la directive 96/29/Euratom du 13 mai 1996 avait introduit des modifications importantes dans la réglementation française relative aux rayonnements ionisants. Elle a induit la parution de nombreux textes concernant d'une part l'organisation de la radioprotection et d'autre part la protection des personnes contre les dangers présentés par les rayonnements ionisants.

Cette directive et la réglementation française qui en découle traduisent et mettent en œuvre les recommandations et principes définis par la commission internationale de protection radiologique (CIPR), dans sa publication n° 60.

La loi 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité nucléaire, dite loi TSN, a créé une autorité de sûreté nucléaire (ASN), autorité administrative indépendante.

L'ASN assure, au nom de l'État, le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France pour protéger les travailleurs, les patients, le public et l'environnement des risques liés aux activités nucléaires. Elle est également chargée de l'information des citoyens dans ces domaines.

L'ASN a notamment pour missions :

- de contribuer à l'élaboration de la réglementation en prenant des décisions réglementaires à caractère technique ;
- de vérifier le respect des règles et prescriptions auxquelles sont soumises les installations et activités. L'ASN dispose de pouvoir d'injonction et de sanction. Ce contrôle s'exerce sur toutes les activités nucléaires civiles (y compris les opérations de transport) comportant un risque d'exposition des personnes aux rayonnements ionisants émanant soit d'une source artificielle, soit d'une source naturelle ;
- d'assister le gouvernement en cas de situation d'urgence ;
- d'instruire les dossiers de demande d'autorisation relatifs à la fabrication, la détention et l'utilisation de sources de rayonnements ionisants utilisés à des fins médicales, industrielles ou de recherche.

Elle s'appuie sur un organisme d'expertise et de recherche, l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).

Pour ces deux organismes, les missions qui concernent les activités et les laboratoires de recherche sont :

- pour l'IRSN (décret 2016-283 du 10 mars 2016) :
 - la gestion de l'inventaire des sources radioactives et de leurs mouvements,
 - le contrôle des matières nucléaires,
 - la gestion et l'exploitation des données dosimétriques des travailleurs,
 - la surveillance radiologique de l'environnement,
- pour l'ASN (loi TSN) :
 - la délivrance des autorisations de détention et d'utilisation de sources de rayonnements ionisants,
 - l'inspection et le contrôle de l'organisation de la radioprotection, du transport des matières radioactives et de la gestion des déchets radioactifs.

Les textes traitant de la protection des personnes et des travailleurs contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants sont principalement :

- l'**ordonnance 2001-270 du 28 mars 2001** relative à la transposition de directives communautaires dans le domaine de la protection contre les rayonnements ionisants.
- le **décret 2002-460 du 04 avril 2002**, relatif à la protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants, complété par le décret 2003-462 modifié par le décret 2007-1582 (articles R. 1333-1 à R. 1333-112 du Code de la santé publique).

- les **décrets 2003-296 du 31 mars 2003** et **2007-1570 du 05 novembre 2007**, relatifs à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants (articles R. 4451-1 à R. 4451-144 du Code du travail).
- différents arrêtés d'application parmi lesquels :
 - l'**arrêté du 17 juillet 2013 relatif au suivi médical et à la dosimétrie des travailleurs**,
 - l'**arrêté du 06 décembre 2013 modifié, relatif à la formation de la personne compétente en radioprotection**,
 - l'**arrêté du 21 mai 2010 relatif aux contrôles de radioprotection**,

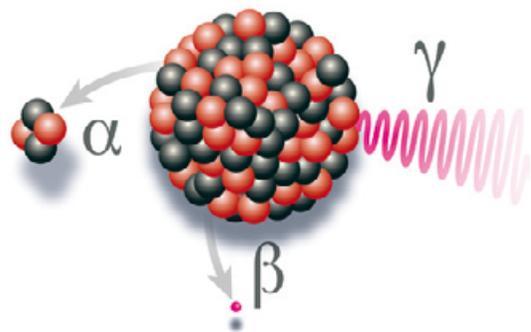
- l'**arrêté du 15 mai 2006 modifié, relatif aux conditions de délimitation et de signalisation des différentes zones**.

Des décisions ASN homologuées ainsi que différents guides techniques complètent ce dispositif. Les dispositions inscrites dans ces réglementations sont développées dans le présent guide. L'**annexe 1** présente la liste des principaux textes applicables aux activités nucléaires développées par les organismes de recherche.

Avertissement

- Cette réglementation est appelée à évoluer prochainement (2018) afin de prendre en compte les dispositions de la **directive 2013/59/EURATOM** du Conseil du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants et abrogeant les directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom et 2003/122/Euratom.
- Cette directive prend en compte les dernières recommandations publiées par la CIPR en 2007 (publication 103). Une partie de cette directive a d'ores et déjà été transcrite en droit français par l'**ordonnance 2016-128 du 10 février 2016** portant diverses dispositions en matière nucléaire. Elle induit des modifications aux Codes de la santé publique, de l'environnement, du travail et de la défense.

2. Rayonnements ionisants - notions fondamentales



© Graphies.thèque-Fotolia.com

2.1. Manifestations de la radioactivité

Les éléments radioactifs, d'origine naturelle ou artificielle, sont caractérisés par l'instabilité de leur noyau. Elle se manifeste par l'émission de particules (α , β , neutrons) ou de photons (X , γ) qui constituent les rayonnements ionisants, détectables uniquement par des appareils appropriés.

Ces rayonnements ont la propriété d'ioniser la matière, contrairement aux autres rayonnements électromagnétiques tels que la lumière visible, les rayons infrarouges ou les micro-ondes.

Type de rayonnements	Longueur d'onde
Rayonnements ionisants électromagnétiques : γ , X	$\lambda < 100 \text{ nm}$
Rayonnements ultraviolets	$100 \text{ nm} < \lambda < 400 \text{ nm}$
Lumière visible	$400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$
Infrarouge	$800 \text{ nm} < \lambda < 10^4 \text{ nm}$
Hyperfréquence	$0,1 \text{ mm} < \lambda < 10 \text{ m}$
Ondes radio	$10 \text{ m} < \lambda < 10^4 \text{ m}$

Tableau 1 Longueur d'onde des rayonnements ionisants et non ionisants ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$)

2.2. Grandeurs et unités

2.2.1. Activité

L'activité A d'une source radioactive est liée au nombre de noyaux susceptibles de se transformer. Elle est définie par la relation $A = \lambda N$ où N représente le nombre de noyaux ($N = \frac{N_A \cdot m}{M}$) et λ la constante de radioactivité.

$$\lambda = 0,693 / T_{1/2}$$

N_A représente le nombre d'Avogadro,

m représente la masse de l'échantillon.

M représente la masse molaire du radionucléide.

L'unité est le becquerel (Bq) :

Bq = 1 désintégration par seconde.

Cette unité étant très petite, l'activité s'exprime en multiples du becquerel :

- kilobecquerel (kBq) = 10^3 Bq
- mégabecquerel (MBq) = 10^6 Bq
- gigabecquerel (GBq) = 10^9 Bq
- térabecquerel (TBq) = 10^{12} Bq

Le curie (Ci), ancienne unité de radioactivité, ne doit plus être utilisé. Il correspond à l'activité de 1 gramme de radium 226. La relation entre ces deux unités est donnée par la formule suivante : $1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq}$, soit $3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$

2.2.2. Période radioactive

La période radioactive ou temps de demi-vie $T_{1/2}$ est le temps au bout duquel l'activité de la source a diminué de moitié. Elle est liée à la constante radioactive λ par la formule :

$$\text{Temps de demi-vie} = T_{1/2} = 0,693 / \lambda$$

Après n périodes, l'activité A_0 est divisée par 2^n .

Radionucléides à période courte (<100 jours)	^{99m} Tc	³² P	¹²⁵ I	³⁵ S
	6,02 heures	14,3 jours	59,4 jours	87,5 jours

Radionucléides à période longue	⁶⁰ Co	³ H	¹³⁷ Cs	⁶³ Ni	¹⁴ C	⁴⁰ K
	5,27 ans	12,3 ans	30 ans	100 ans	5730 ans	1,3.10 ⁷ ans

Tableau 2 Périodes radioactives de quelques radionucléides

2.2.3. Énergie

Elle s'exprime en électronvolts (eV) ou ses multiples (keV, MeV, ou GeV)

1 eV = 1,6. 10⁻¹⁹ joule

Les énergies émises par des radionucléides sont très variées, allant de quelques keV (18,6keV pour le tritium) à plusieurs MeV.

L'énergie moyenne d'une particule β représente environ le tiers de son énergie maximale.

2.2.4. Dose absorbée

La pénétration des rayonnements ionisants dans la matière se traduit par une cession d'énergie.

La dose absorbée D est le rapport :

$$D = \frac{\text{Énergie absorbée par la matière (joule)}}{\text{Masse de matière irradiée (kg)}}$$

L'unité de dose absorbée est le Gray (Gy) :

1 Gy = 1 J.kg⁻¹

Le débit de dose absorbée s'exprime en Gy.h⁻¹.

En pratique, on utilise les sous-multiples mGy.h⁻¹ et μGy.h⁻¹.

2.3. Interaction avec la matière

Les radionucléides utilisés couramment émettent des rayonnements dont l'énergie se situe généralement dans l'intervalle 10 keV et 10 MeV.

On distingue :

- les particules chargées légères (e+, e- et spectre d'électrons du rayonnement β) ou lourdes (protons, α, ions accélérés).

- les rayonnements électromagnétiques X et γ, constitués de photons issus du cortège électronique pour les X, et du noyau de l'atome pour les γ.
- les neutrons, particules lourdes non chargées pouvant donner lieu à des activations de la matière stable (transformation en radionucléide par irradiation de haute énergie).

2.3.1. Les particules chargées

a) Particules chargées légères

Leur trajectoire est sinueuse.

Le parcours moyen est relativement limité. Il dépend de l'énergie de la particule et de la densité en électrons de la matière traversée. On parle plutôt de portée des électrons, qui est la projection du parcours sur la direction 2π avant.

→ Pour les tissus humains de masse volumique 1 g/cm³, cette portée moyenne est inférieure à 7 microns pour les β du tritium par exemple. Elle est de l'ordre de 0,3 mm pour le ¹⁴C.

→ La pénétration des β de faible énergie (énergie maximale inférieure à 200 keV) est souvent considérée comme négligeable au regard de l'exposition externe. Dans le cas de l'exposition interne, il n'en est pas de même au niveau cellulaire.

Le pouvoir d'arrêt d'un milieu pour une particule chargée légère est la résultante de deux types de phénomènes :

→ La collision : le choc avec les électrons de ce milieu aboutit soit à arracher un ou plusieurs électrons à l'atome (production d'un ion positif), soit à déplacer un électron, auquel cas on parle d'atome excité (tous les électrons sont présents mais pas tous à la bonne place). La réorganisation du cortège électronique conduit à l'émission de raies X mono-énergétiques et à de l'énergie dégradée sous forme de chaleur ou de luminescence, par exemple, dans le cas de la désexcitation de l'atome.

→ Le freinage : il résulte de la modification de la trajectoire de l'électron au voisinage du noyau positif. Toute particule chargée, soumise à une accélération, émet un rayonnement électromagnétique. La perte de l'énergie de l'électron incident se retrouve sous forme d'un rayonnement X, dit « bremsstrahlung » (de l'allemand brems = freins et strahlung = rayonnement). Cette émission n'est pas mono-énergétique mais se répartit sous forme d'un spectre continu allant de 0 à l'énergie initiale de la particule incidente. Son intensité croît en fonction de l'énergie de la particule et du numéro atomique de la matière traversée.

L'énergie totale de la particule incidente se partage dans des proportions variables entre collision et freinage.

En conséquence, pour arrêter ces particules, il convient d'utiliser un matériau de faible numéro atomique, comme le plexiglas (cas du ^{32}P dont

$E_{\text{max}} = 1,7 \text{ MeV}$), de façon à limiter le rayonnement X dû au freinage.

b) Particules chargées lourdes

Leur trajectoire est rectiligne.

Le parcours des α est faible. Ainsi, les α ne présentent pas de risque d'exposition externe mais leur « pouvoir » d'ionisation élevé les rend très nocifs en cas d'incorporation par inhalation ou ingestion dans l'organisme.

Leur pouvoir d'ionisation est maximum en fin de parcours. Cette caractéristique permet de les utiliser dans des applications médicales avec des accélérateurs de particules dont l'énergie est réglée pour délivrer une dose maximale à une profondeur déterminée (hadronthérapie).

La **fiche 1** présente ces notions de portée.

2.3.2. Les rayonnements électromagnétiques X et γ (photons)

Ils interagissent de trois manières avec la matière.

a) L'effet photoélectrique

Le photon disparaît et communique à l'électron heurté toute son énergie, diminuée de l'énergie de liaison de la couche électronique concernée.

b) L'effet Compton

Le photon ne disparaît pas après le choc, mais son énergie et sa direction sont modifiées. L'électron dit « Compton » emporte un certain quantum d'énergie. Il peut arriver que le photon retourne

en arrière à 180° (phénomène de rétrodiffusion). Son énergie est alors limitée à $0,255 \text{ MeV}$, quelle que soit celle du photon incident. Dans ces deux cas, l'atome reste ionisé. Les électrons arrachés provoquent des lacunes dans les couches profondes. La réorganisation électronique qui s'ensuit est à l'origine de l'émission de raies X discrètes, caractéristiques de l'élément.

c) L'effet de matérialisation

Au voisinage du noyau, le photon disparaît et donne naissance à une paire d'électrons e^+ et e^- . Cette création de matière nécessite un équivalent énergétique de deux fois $0,511 \text{ MeV}$. Pour provoquer ce phénomène, il faut donc que le photon incident possède au minimum une énergie de $1,02 \text{ MeV}$. L'énergie excédentaire sert à communiquer de la vitesse aux électrons ainsi créés. Dès qu'il sera suffisamment ralenti, l'électron positif (antimatière) va se recombiner avec un électron du milieu. Cette annihilation donnera naissance à deux γ de $0,511 \text{ MeV}$, émis à 180° .

2.3.3. Les neutrons

Ces particules ne possèdent pas de charge électrique, ce qui leur permet de pénétrer aisément à l'intérieur du noyau. On distingue différentes réactions :

a) La réaction élastique

L'énergie cinétique est conservée. Le transfert d'énergie est maximal quand les masses des particules sont identiques. Les matériaux riches en protons (eau, béton, paraffine, polyéthylène...), dont la masse est voisine de celle du neutron,

constituent donc des ralentisseurs efficaces pour les neutrons. Les protons ainsi mis en mouvement peuvent créer des ionisations.

b) La réaction inélastique

L'énergie cinétique n'est pas conservée. Le neutron pénètre dans le noyau qui émet alors un photon γ et un autre neutron d'énergie inférieure au neutron initial.

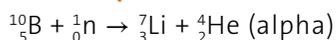
c) La capture radiative (neutrons lents ou thermiques d'énergie $< 0,025\text{eV}$)

Le neutron est capturé par le noyau qui devient instable et peut émettre des particules ionisantes (proton, α) ou des photons γ . Les neutrons peuvent donc rendre radioactifs des noyaux stables à l'origine.

► Exemple 1

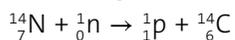


► Exemple 2



On dit que le bore est neutrophage. Sous forme d'acide borique, il peut être injecté dans le circuit primaire des réacteurs nucléaires pour arrêter la réaction en chaîne. Sous forme gazeuse (BF_3), il peut être utilisé dans des compteurs de neutrons (c'est alors la particule alpha qui est ionisante).

► Exemple 3



La production de ${}^{14}\text{C}$ est due à la réaction des neutrons cosmiques sur les premières couches de la troposphère.

2.3.4. Les écrans

Ce paragraphe est entièrement traité dans la **fiche 2**.

2.4. Types d'exposition et contamination

L'emploi des radionucléides peut provoquer une exposition externe, une exposition interne ou une contamination externe ou interne.

2.4.1. Types d'exposition

- **L'exposition externe** est provoquée par une source radioactive située à distance de l'individu. Cette source peut émettre des rayonnements qui interagissent avec le corps humain en créant des ionisations. L'exposition peut être globale ou partielle.

- **L'exposition interne** se produit lorsque les produits radioactifs ont pénétré dans l'organisme par inhalation, ingestion ou par voie cutanée (plaie par exemple). Ce phénomène d'incorporation conduit à l'exposition interne.

Les dégâts biologiques provoqués par une exposition interne ou externe sont de même nature. Lors d'une exposition interne, les caractéristiques physico-chimiques du radionucléide déterminent le tissu biologique sur lequel il se fixe. De sa période biologique (différente de sa période radioactive) dépend son élimination après métabolisation. La période effective (T_{eff}) est le temps pendant lequel le radionucléide pourra agir sur l'organisme. Elle est liée à la période radioactive (T_{rad}) et à la période biologique (T_{biol}) par la relation suivante :

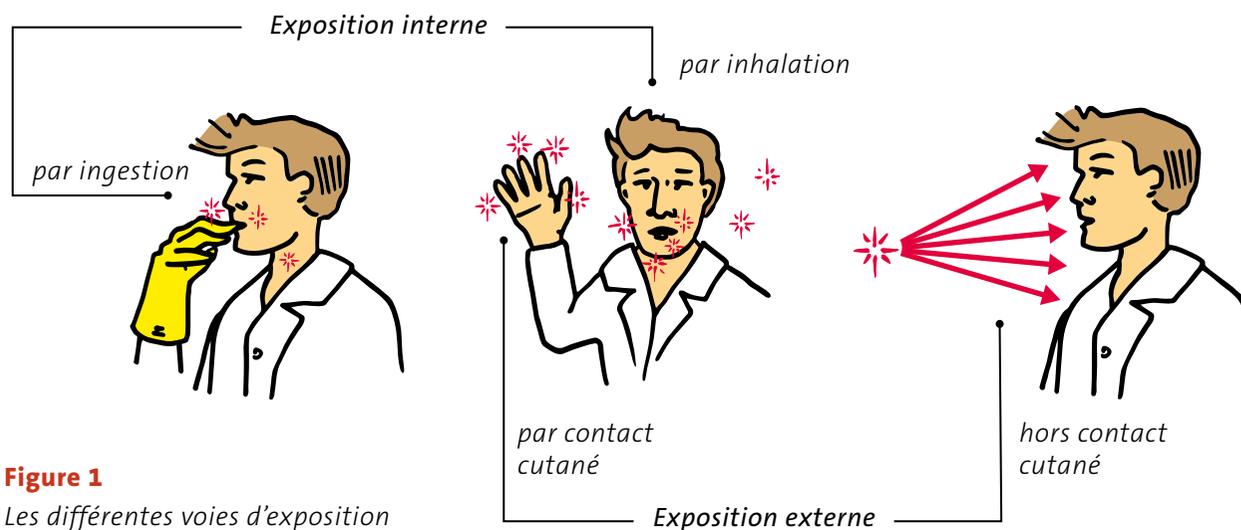


Figure 1

Les différentes voies d'exposition

$$\frac{1}{T_{eff}} = \frac{1}{T_{rad}} + \frac{1}{T_{biol}} \rightarrow T_{eff} = \frac{T_{biol} \cdot T_{rad}}{T_{rad} + T_{biol}}$$

Exemple

Période effective de ^{125}I fixé sur la thyroïde

Sa période radiologique étant de 59,4 jours et sa période biologique de 138 jours, la période effective de ^{125}I pour cet organe est donc égale à 42 jours.

2.4.2. Contamination

La contamination est la présence indésirable de substances radioactives sur :

- les surfaces des locaux (murs, sols, plafonds),
- les surfaces de travail,
- les vêtements de travail et de protection,
- le corps humain.

Elle est souvent le résultat :

- d'une manipulation sans précaution de sources non scellées,
- d'une mauvaise pratique,
- d'un incident sur la source, scellée ou non
- d'un facteur externe lié aux autres sources de risques associés (chauffage, pompage, dépression, bain-marie, centrifugeuse, réactions chimiques...).

On distingue plusieurs types de contamination : surfacique, atmosphérique ou volumique, et corporelle.

a) La contamination surfacique

Elle peut présenter deux aspects :

- contamination dite « fixée » ou non labile, qui ne peut se disséminer mais peut engendrer une exposition externe. Elle est difficile à éliminer sans une action mécanique énergique.
- contamination « non fixée » ou labile, qui est facilement transférable par contact, par remise en suspension ou par production d'aérosols. Elle peut conduire à une contamination externe corporelle, à une contamination atmosphérique, et donc finalement à une contamination interne par incorporation de radionucléides dans l'organisme.

b) La contamination atmosphérique (ou volumique)

Elle conduit inéluctablement à une exposition interne de l'organisme par la voie de l'inhalation. Elle est souvent la conséquence d'une contamination labile. Sa concentration dans l'air doit être mesurée ou estimée en Bq/m^3 . Afin de pouvoir faire une estimation de l'activité incorporée, on prend comme valeur moyenne de débit respiratoire humain la valeur de $1,2 \text{ m}^3/\text{h}$ sur les lieux de travail.

Pour certains gaz et vapeurs, il faut tenir compte de l'exposition externe due à l'immersion dans un nuage.

c) La contamination corporelle

Il peut s'agir de :

- contamination externe, qui entraîne une exposition externe de la peau et éventuellement

une incorporation de radionucléide(s) à l'intérieur de l'organisme via la voie cutanée (percutanée et transcutanée) ou orale.

- contamination interne qui est due à l'incorporation de substances radioactives dans le corps, engendrant une exposition interne des différents tissus et compartiments. Elle décroît selon le métabolisme de l'organisme vis-à-vis de la forme physico-chimique sous laquelle se présente le radionucléide (période biologique) et de sa période radioactive.

2.5. Effets des rayonnements ionisants sur l'homme

2.5.1. Notions de dose

Pour quantifier les effets des rayonnements ionisants dans les tissus vivants, il faut déterminer une grandeur qui tienne compte de la qualité du rayonnement : c'est la dose équivalente, anciennement appelée équivalent de dose. Elle est exprimée en sievert (Sv) et est reliée à la dose absorbée par la relation :

Dose équivalente (E) = Dose absorbée (D) . W_R

où W_R est le facteur de pondération radiologique que la commission internationale de protection radiologique (CIPR) a défini pour chaque type de particule ou de rayonnement. De plus, la CIPR a défini, pour les principaux tissus de l'organisme, un facteur de pondération tissulaire W_T , qui introduit la notion de dose efficace comme étant le produit de la dose équivalente, corrigée par le facteur de pondération tissulaire.

Dose efficace (H) = Dose équivalente (E) . W_T

Les valeurs de W_R et W_T sont indiquées dans la **fiche 3**. La connaissance de la dose absorbée par un tissu biologique ainsi que des valeurs de W_R et W_T permet, à partir de l'irradiation partielle d'un tissu, de calculer la dose efficace reçue par tout l'organisme.

► Exemple

1 mGy de photons γ associé à 1 mGy de neutrons de 1 MeV induit une dose équivalente de :

$$1 \text{ mGy} \cdot 1 + 1 \text{ mGy} \cdot 20 = 21 \text{ mSv}$$

↓ ↓

W_R des γ W_R du neutron de 1 MeV
(20,69 selon mise à jour des valeurs
 W_R par la directive 2013/59)

Si cette dose équivalente est délivrée au poumon, la dose efficace correspondante pour l'organisme entier sera égale à :

$$21 \text{ mSv} \cdot 0,12 = 2,52 \text{ mSv}$$

↓

W_T poumon

2.5.2. Effets des rayonnements sur l'homme

Les effets des irradiations sur l'homme sont de deux types : déterministes ou aléatoires.

a) Effets déterministes (également appelés non aléatoires ou non stochastiques)

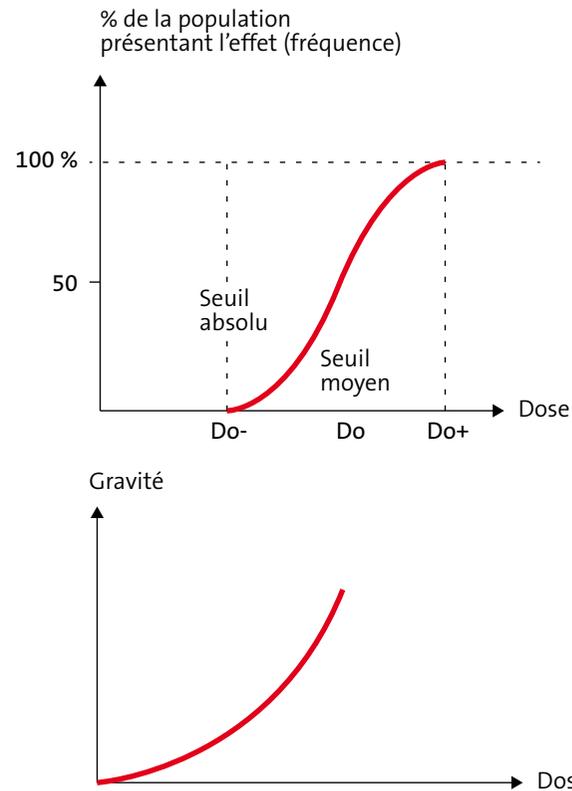


Figure 2 Effets déterministes en fonction de la dose

Ces effets ont les caractéristiques suivantes :

- ils sont observés aux fortes doses,
- ils apparaissent obligatoirement au-dessus d'un seuil qui varie suivant les individus,
- leur gravité augmente avec la dose reçue.

Des exemples de ces effets sont décrits dans la **fiche 4**, en fonction de la dose absorbée soit par l'organisme entier, soit par un tissu biologique particulier.

b) Effets aléatoires ou stochastiques

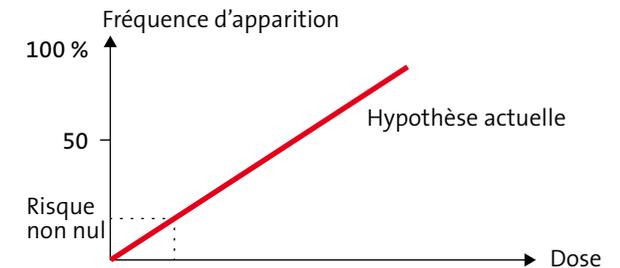


Figure 3 Effets aléatoires en fonction de la dose

Il s'agit d'effets cancérogènes ou mutagènes :

- observables ou prépondérants aux faibles doses (à fortes doses, ils sont masqués par les effets non aléatoires),
- irréversibles,
- pour des raisons de sécurité, et en l'absence de certitude scientifique, il est admis qu'il n'existe pas de dose seuil en dessous de laquelle ils ne se manifesteraient pas,
- dans une population exposée, ils apparaissent au hasard (tous les individus ne sont pas obligatoirement touchés),
- leur probabilité d'apparition dans une population croît avec la dose,
- leur gravité est indépendante du niveau d'exposition,
- leur temps d'apparition est long (quelques années à quelques dizaines d'années).

2.6. Exposition à la radioactivité d'origine naturelle et médicale

2.6.1. Radioactivité naturelle

Il existe quatre catégories de rayonnements ionisants d'origine naturelle.

a) Les rayonnements cosmiques

Ils sont multipliés par 2 quand l'altitude croît de 1 500 m :

à Paris	0,3mSv/an
à 1 500 m	0,6mSv/an
à 3 000 m	1,2mSv/an
à Quito (2 800 m)	1,6mSv/an
à La Paz (3 658 m)	2,7mSv/an
à 18 000 m	10mSv/heure
en cas d'éruption solaire	0,1 à 1mSv/heure au sol

b) Les rayonnements telluriques

Ils sont émis par les éléments radioactifs présents dans l'écorce terrestre, tels que le thorium et l'uranium. Ils varient selon la nature des sols et sont plus élevés dans les massifs granitiques que dans les terrains sédimentaires.

à Paris	0,4mSv/an
en Bretagne	de 1,8 à 3,5mSv/an
à Kerala (Inde)	13mSv/an
au Brésil	5 à 10mSv/an

c) La radioactivité de l'air

Elle est principalement due au radon ^{222}Rn , gaz radioactif d'origine naturelle, issu de la désintégration de l'uranium et du radium présents dans la croûte terrestre. Son émission dans l'atmosphère ainsi que sa concentration vont dépendre des conditions météorologiques et des propriétés du sol (richesse en uranium ^{238}U et porosité). Dans les lieux fermés, la concentration va également dépendre des matériaux de construction et de la ventilation des locaux.

Le radon s'accumule dans les espaces clos et peu ventilés, notamment dans les bâtiments, grottes... Des campagnes de mesures d'activités volumiques du radon dans l'habitat ont été organisées par l'IRSN sur l'ensemble du territoire français. Les concentrations moyennes par département vont de 22 Bq/m³ (Paris) à 264 Bq/m³ (Lozère).

d) Les radionucléides présents dans le corps humain

Leur présence est due à l'ingestion d'aliments en contenant naturellement. Dans ce cas, l'exposition est due principalement au potassium ^{40}K : le corps humain (70 kg) contient 145 g de potassium dont 0,012 % est du ^{40}K , ce qui correspond à une activité de 4 428 Bq et à une dose efficace de 0,2 mSv/an. Mais il faut noter également la présence de carbone 14 (^{14}C) avec une activité de 3 500 Bq.

Activité ingérée chaque jour par une personne : 100 Bq de ^{14}C et 100 Bq de ^{40}K .

Au total, l'activité moyenne de l'organisme est donc d'environ 8 000 Bq pour une personne de 70 kg.

De façon générale, des éléments radioactifs sont présents dans pratiquement tout notre environnement.

Substances	Activité
Poisson	100 Bq/kg
Pomme de terre	100 à 150 Bq/kg
Huile de table	180 Bq/l
Lait	50 Bq/l (^{40}K)
	80 Bq/l (radioactivité naturelle totale)
Eau minérale	1 Bq/l (^{226}Ra)
	2 Bq/l (^{238}U)
Eau de pluie	0,3 à 1 Bq/l
Eau de l'Isère	0,3 Bq/l
Eau de mer	10 Bq/l
Sol sédimentaire	400 Bq/kg
Sédiments de l'Isère (^{40}K)	1 000 Bq/kg
Sol granitique	8 000 Bq/kg

Tableau 3 Activité naturelle de quelques substances

Type d'exposition	Dose en mSv
	moyenne
Cosmique (externe)	0,35
Tellurique (externe) ²³⁸ U, ⁴⁰ K, ²³² Th	0,4
Corps humain (interne) ⁴⁰ K, ¹⁴ C, ²³⁸ U, ²³² Th	1,6
Total	2,35

Tableau 4 Bilan de l'exposition naturelle

2.6.2. L'exposition d'origine médicale

Le **tableau 5** présente les doses moyennes délivrées lors de différents examens radiologiques.

Radiographie	Dose à la peau (mSv)	Dose équivalente (mSv)	Variations*
Thorax	0,7	0,1	[0.05-0.36]
Crâne	2	0,15	[0.13-1.35]
Abdomen	3	1,0	[0.3-4.5]
Urographie intraveineuse	20	3,5	[0.7-10.4]
Transit œsogastroduodénal	90	3,8	[1.2-9.4]
Lavement baryté	97	7,7	[4.6-10.2]
Scanner abdominal	-	2,6	-
Scanner thoracique	-	4,8	-

Tableau 5 Doses en fonction de l'examen réalisé

(*) Fourchette des estimations d'équivalent de dose efficace réalisées dans différents pays (d'après UNSCEAR).

2.7. Les principes de la radioprotection

La radioprotection, qui a pour objectif de prévenir et de limiter les risques sanitaires dus aux rayonnements ionisants quelles que soient leurs origines, constitue le socle sur lequel sont fondées les règles de prévention qui doivent être mises en place par l'employeur.

2.7.1. Principes fondamentaux de la radioprotection

Des valeurs limites d'exposition fixées par la réglementation sont associées aux principes fondamentaux suivants.

a) La justification

Toute activité entraînant une exposition aux rayonnements ionisants doit être justifiée par une analyse des avantages qu'elle procure sur le plan individuel ou collectif, notamment en matière sanitaire, sociale, économique ou scientifique.

b) L'optimisation

Le niveau d'exposition des personnes aux rayonnements ionisants, la probabilité de la survenue de cette exposition et le nombre de personnes exposées doivent être maintenus au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre (principe ALARA : contraction de l'expression « As Low As Reasonably Achievable »), compte tenu de l'état des connaissances techniques, des facteurs économiques et sociétaux.

c) La limitation des expositions individuelles

Les expositions individuelles doivent être maintenues en dessous des limites pour lesquelles le risque est jugé acceptable.

Ces limites sont telles qu'elles permettent de :

- éviter tout effet pathologique, en se situant bien en dessous des seuils des effets déterministes,
- maintenir le détriment éventuel provoqué par les effets aléatoires à un niveau jugé acceptable pour l'individu et la société.

2.7.2. Valeurs limites d'exposition et catégories de travailleurs

Le cumul des expositions internes et externes pour les travailleurs exerçant une activité, même occasionnelle, en zones réglementées, ne doit pas dépasser les valeurs indiquées dans la **fiche 5**.

Ces valeurs limites sont déterminées en fonction des différentes catégories de personnels exposés.

Deux catégories de travailleurs ont été définies :

- la catégorie A regroupe les travailleurs susceptibles de recevoir, dans les conditions habituelles de travail, une dose efficace supérieure à 6 mSv/an ou une dose équivalente supérieure aux 3/10^e des limites annuelles fixées à l'article R. 4451-13 du Code du travail.
- la catégorie B regroupe les travailleurs ne relevant pas de la catégorie A qui sont susceptibles de recevoir annuellement une dose efficace supérieure à 1 mSv ou une dose équivalente supérieure au 1/10^e des limites fixées à l'article R. 4451-13 du Code du travail.

Nota bene

➤ Sont considérés comme non exposés les travailleurs ayant une activité en zone réglementée, mais non susceptible d'entraîner un dépassement de l'une des valeurs limites de dose fixées pour le public à l'article R. 1333-8 du Code de la santé publique, **quelles que soient les conditions de réalisation de l'opération, habituelles ou bien liées à un incident.**

Il existe des dispositions particulières à certaines catégories de travailleurs :

- les femmes enceintes ne peuvent être affectées à un poste nécessitant un classement en catégorie A. L'exposition de l'enfant à naître entre la déclaration de grossesse et l'accouchement doit être aussi faible que raisonnablement possible, et en tout état de cause inférieure à 1 mSv.
- les femmes allaitantes ne peuvent être affectées à un poste de travail comportant un risque d'exposition interne à des rayonnements ionisants.
- au CNRS, les jeunes âgés de 15 ans à moins de 18 ans ne doivent pas être exposés.
- les salariés titulaires d'un contrat de travail à durée déterminée et les salariés temporaires ne peuvent exécuter des travaux dans des zones où le débit de dose est susceptible d'être supérieur à 2 mSv/h. Par extension, ils ne peuvent rentrer dans des zones spécialement réglementées dites « orange ». De plus, un *prorata temporis* est applicable à ces travailleurs.
- Pour le public, les expositions doivent demeurer inférieures à 1 mSv en dose efficace. Pour les expositions partielles, elles sont limitées aux doses équivalentes de 50 mSv/an en valeur moyenne pour toute surface de 1 cm² de peau, quelle que soit la surface exposée, et 15 mSv/an pour le cristallin.

Nota bene

➤ La démarche de classement radiologique concerne l'ensemble des agents exerçant une activité en zone réglementée. À la suite des études de poste, le directeur d'unité procède au classement approprié des travailleurs ou démontre que leur exposition ne peut pas dépasser l'une des valeurs limite de doses fixées pour le public.

Cette démarche doit prendre en compte également les situations d'exposition professionnelle en dehors du laboratoire, en France comme à l'étranger.

2.8. Définition des sources scellées et des sources non scellées

2.8.1. Sources scellées

Les sources scellées ont une structure ou un conditionnement qui empêche, en utilisation normale, toute dispersion de matière radioactive dans le milieu ambiant. Elles sont conçues et fabriquées selon des critères de résistance pour certaines conditions d'utilisation définies dans la norme NF EN ISO 2919.



2.8.2. Sources non scellées

Les sources non scellées sont des sources dont la présentation et les conditions normales d'emploi ne permettent pas de prévenir une dispersion de la substance radioactive dans le milieu ambiant.



La **fiche 6** présente les principales caractéristiques des radionucléides les plus couramment utilisés ainsi que les valeurs relatives à la radioprotection qui leur sont associées.

3. Obligations réglementaires préalables au déploiement des activités

3.1. Autorisation de détention et/ou d'utilisation

3.1.1. Les régimes d'autorisation et de déclaration

Les activités nucléaires présentant un risque d'exposition des personnes aux rayonnements ionisants émanant d'une source artificielle ou naturelle font l'objet d'une procédure d'autorisation ou de déclaration, selon les caractéristiques de la source et l'utilisation qui en est faite. Ces dispositions sont prévues par le Code de la santé publique (partie réglementaire - 1^{re} partie - livre III - titre III - chapitre 3). L'autorité de sûreté nucléaire (ASN) accorde les autorisations et reçoit les déclarations.

Concernant la détention et l'utilisation de sources radioactives, les unités de recherche sont soumises uniquement à un régime d'autorisation.

Cependant certaines activités peuvent être exemptées d'autorisation préalable. C'est le cas notamment de l'utilisation de sources radioactives dont l'activité initiale est inférieure aux seuils d'exemption mentionnés en annexe du Code de la santé publique. Les valeurs d'exemption s'appliquent aux stocks totaux de radionucléides détenus à un instant T.

D'autres réglementations encadrent l'exercice d'activités nucléaires et concernent :

- les installations nucléaires de base qui sont à forts enjeux en termes de sûreté et de sécurité (non traitées dans ce document) ;
- les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) (voir encadré).

Les rubriques 1700, 1716, 2797 et 2798 qui concernent les sources non scellées et les déchets ne s'appliquent qu'aux établissements industriels ou commerciaux. De ce fait, les établissements publics tels que le CNRS, l'INSERM, les universités n'y sont pas soumis et relèvent exclusivement de l'ASN.

Seule la rubrique 1735 qui concerne les dépôts et entreposages de résidus solides de minerai d'uranium, thorium ou de radium pourrait potentiellement concerner certaines unités, mais les quantités à détenir sont importantes (> 1 tonne).

La transposition de la [directive 2013/59/Euratom](#) modifie les dispositions actuelles sur les points suivants :

- intégration aux activités nucléaires liées à la mise en œuvre de substances radioactives naturelles dès lors qu'il existe un risque d'exposition (c'est-à-dire dès que l'exposition est susceptible de dépasser 1 mSv) ;
- création d'un régime d'autorisation simplifié dénommé « enregistrement » ;
- protection contre les actes de malveillance ;
- renforcement des sanctions pénales.

3.1.2. Responsable de l'activité nucléaire

Le directeur d'unité est le responsable de l'activité nucléaire. À ce titre, il est la personne physique titulaire de l'autorisation.

De par la délégation de pouvoir en matière d'hygiène et sécurité au CNRS, il est aussi responsable de la sécurité des agents du laboratoire.

Dans ces conditions, il doit s'assurer de la mise en place et du maintien de l'ensemble des obligations réglementaires relevant de la prévention des risques liés aux rayonnements ionisants.

3.1.3. Demande d'autorisation

L'autorisation concerne non seulement l'utilisation mais également la simple détention de substances radioactives (sources ou déchets par exemple), et selon le cas, l'importation et l'exportation, ainsi que la fabrication et/ou la distribution de radionucléides.

La demande d'autorisation est constituée d'un ou plusieurs formulaires propres à chaque type d'activité à télécharger sur le site de l'ASN, ainsi que d'un ensemble de documents à joindre (**Annexe 2**).

Sauf exception, elle est présentée par le directeur d'unité, responsable de l'activité nucléaire en tant que personne physique et par le chef d'établissement (hébergeur de l'unité : délégué régional, président d'université...).

La réglementation permet de délivrer l'autorisation à une personne morale. Cependant, cette pratique n'est pas adaptée au cas des unités de recherche.

Un certain nombre de dispositions organisationnelles et techniques doivent être décrites, notamment :

- la mise en place des consignes de sécurité ;
- la mise en place d'un zonage et d'une dosimétrie ;
- l'inventaire des sources ;

- la gestion et l'élimination des déchets radioactifs ;
- la reprise des sources scellées en fin d'utilisation ou à péremption ;
- les contrôles des sources, locaux et équipements ;
- le respect des dispositions liées aux prêts ;
- les déclarations annuelles ;
- la traçabilité de l'ensemble des achats ;
- la déclaration des événements significatifs en radioprotection (ESR) et la mise en place d'un système d'enregistrement et d'analyse des événements (**Fiche 21**) ;
- la désignation d'une personne compétente en radioprotection (PCR) (**Sous-chapitre 3.2.**) ;
- les modalités de transports de marchandises dangereuses dans le respect de la réglementation ;
- l'information du personnel ;
- la coordination des interventions d'entreprises extérieures.

Le dossier de demande d'autorisation doit être transmis à la division de l'ASN territorialement compétente par envoi recommandé avec accusé de réception. Certains dossiers à enjeu environnementaux peuvent être soumis à consultation du public.

Les délais d'instruction des dossiers par l'ASN sont de 6 mois, selon la complétude du dossier déposé et si l'instruction n'apporte pas de demandes d'informations complémentaires. La délivrance d'une autorisation ne peut excéder 10 ans. Dans la pratique, la plupart des autorisations ont une durée de 5 ans.

Si au cours de la période de validité de l'autorisation, les conditions pour lesquelles elle a été initialement délivrée changent, une demande de modification de l'autorisation doit être réalisée (extension d'activité, nouvelles sources de rayonnements ionisants, nouveaux locaux de détention et/ou d'utilisation). Par ailleurs, 6 mois avant l'expiration d'une autorisation en vigueur, un dossier de renouvellement doit être déposé dans les mêmes conditions.

Les autorisations fixent notamment :

- les activités maximales détenues par radionucléide (incluant les déchets) ;
- les activités maximales manipulées par radionucléide ;
- les applications/utilisations qu'il est possible d'effectuer ;
- la liste des locaux dans lesquels peuvent être détenues ou utilisées les sources radioactives ;
- des prescriptions particulières.

3.2. Personne compétente en radioprotection

L'utilisation de sources radioactives doit s'effectuer après désignation d'une ou plusieurs PCR, regroupées éventuellement dans un service de radioprotection.

Préalablement à sa désignation, la PCR doit avoir suivi avec succès une formation à la radioprotection, dispensée par un organisme de formation certifié par des organismes accrédités. Un certificat de formation est délivré après réussite à un contrôle des connaissances et doit être renouvelé tous les 5 ans (**Fiche 7**).

Au CNRS

► La PCR est désignée par le directeur d'unité parmi le personnel de l'unité, après avis du CHSCT compétent ou du conseil de laboratoire selon le cas (**Annexe 3**).

La désignation de la PCR par le directeur d'unité fait l'objet d'une décision officielle, signée le cas échéant par les chefs d'établissements partenaires, puis publiée au BO du CNRS et portée à la connaissance des personnels.

La PCR conseille et assiste le directeur d'unité dans les tâches suivantes :

- l'élaboration du dossier d'autorisation ;
- la définition des zones et des règles particulières qui s'y appliquent (**Fiche 8**) ;

- la classification du personnel ;
- l'établissement de consignes (**Fiche 9**), y compris en cas d'incident ou d'accident ;
- l'établissement des fiches individuelles d'exposition aux rayonnements ionisants (**Paragraphe 3.3.2**).

Sous la responsabilité du directeur d'unité, elle est chargée :

- de la formation du personnel ;
- de l'évaluation préalable des expositions des agents ;
- du choix des mesures de prévention et de contrôle (dosimétrie, matériel de détection, stockage, protections collectives et individuelles) ;
- de la tenue à jour du registre de commande des produits, et de l'inventaire des sources ;
- d'apporter son concours pour les contrôles périodiques internes imposés par la réglementation sur les installations et le matériel (**Sous-chapitre 4.2**).

Elle apporte son concours pour la gestion des déchets et effluents radioactifs.

Elle a accès au système d'information de la surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants (SISERI), géré par l'IRSN, pour consulter les doses efficaces des agents exposés, en vue d'optimisation et, le cas échéant, pour transmettre les résultats de la dosimétrie opérationnelle.

Les missions et moyens alloués à la PCR doivent faire l'objet d'un document écrit et signé par le directeur d'unité. Il est recommandé de désigner

au moins deux PCR pour suivre des activités soumises à autorisation, ne serait-ce que pour assurer une suppléance.

3.3. Autres dispositions relatives à la protection des travailleurs

3.3.1. Information et formation

En tant que responsable de la sécurité du laboratoire, le directeur d'unité est tenu :

- de porter à la connaissance des personnels :
 - le nom et les coordonnées de la personne compétente en radioprotection,
 - l'existence de zones contrôlées et surveillées, et les dispositions spécifiques relatives aux conditions d'accès et d'hygiène et de sécurité dans ces zones (**Sous-chapitre 4.1**) ;
- d'informer le personnel sur les risques liés à l'utilisation des radionucléides et sur les moyens de prévention à observer ;
- d'organiser une formation à la radioprotection des travailleurs susceptibles d'intervenir en zone réglementée, renouvelée au moins tous les 3 ans et donnant lieu à la rédaction d'un support écrit, adapté aux situations de travail et équipements du laboratoire ;
- de délivrer, pour tout intervenant en zone contrôlée, une notice rappelant les risques particuliers liés aux postes occupés ou à l'intervention à effectuer.

La personne compétente en radioprotection participe à la formation des personnes susceptibles d'entrer en zones surveillées ou contrôlées, et notamment des nouveaux arrivants. La traçabilité des actions d'information et de formation doit être assurée.

La formation à la radioprotection pour les travailleurs intervenant en zone réglementée porte sur les risques liés à l'exposition aux rayonnements ionisants et sur les procédures générales de radioprotection mises en œuvre dans l'unité. Elle explicite les règles particulières de protection propres aux postes de travail, ainsi que la conduite à tenir en cas de situation anormale. Elle rappelle les règles applicables aux femmes enceintes. Elle est adaptée aux travaux réalisés en zones réglementées.

Plus généralement, il est conseillé de mettre en place une information adaptée à la radioprotection pour l'ensemble des personnels, y compris pour ceux n'intervenant pas en zone réglementée. Des consignes générales de radioprotection doivent, à ce titre, être réalisées et transmises à l'ensemble du personnel d'une unité. Une notice écrite est remise pour les travaux en zone contrôlée.

Le médecin de prévention informe le personnel, et notamment les femmes enceintes, des effets biologiques des rayonnements ionisants et de la surveillance médicale obligatoire, et il participe à l'élaboration de la formation des travailleurs.

3.3.2. Surveillance individuelle des travailleurs

Pour chaque agent exposé, l'employeur est tenu d'organiser une surveillance individuelle qui comprend :

- une surveillance médicale permettant de prononcer une non contre-indication au poste de travail occupé (**Chapitre 5**) ;
- un suivi dosimétrique externe et/ou interne (**sources scellées : chapitre 6/sources non scellées : chapitre 7**) ;
- une fiche individuelle d'exposition aux rayonnements ionisants (FIERI) (**Fiche 10**) qui comporte *a minima* les informations suivantes :
 - la nature du travail accompli ;
 - les caractéristiques des sources émettrices auxquelles le travailleur est exposé ;
 - la nature des rayonnements ionisants ;
 - les périodes d'expositions ;
 - les autres risques ou nuisances d'origine physique, chimique, biologique ou organisationnelle au poste de travail.

Le suivi de l'exposition externe (dosimètre passif) est mis en œuvre par l'employeur en souscrivant une prestation auprès d'un organisme agréé. Les résultats dosimétriques sont transmis par l'organisme agréé au médecin de prévention et à SISERI. L'employeur établit avec SISERI un protocole d'accès permettant aux PCR et médecins de prévention de se connecter à l'application. Le suivi de l'exposition interne, déterminé par le médecin de prévention, est réalisé par l'IRSN.

Au CNRS

➤ Le suivi de l'exposition externe doit être mis en œuvre par le directeur d'unité.

De plus, sauf cas particulier, le protocole d'accès à SISERI est établi au niveau de l'unité.

a) Surveillance de l'exposition externe

Elle est réalisée par dosimétrie passive et/ou opérationnelle. Elle est nécessaire uniquement lors d'une exposition à des rayonnements :

- X et γ d'énergie > 15 KeV émis par un radionucléide ;
- β d'énergie moyenne > 100 KeV ;
- Neutronique (thermique à rapide).

Sa mise en œuvre est alors obligatoire.

En zone surveillée (ZS), seule la dosimétrie passive est requise. Le dosimètre porté doit être changé au minimum chaque trimestre.

En zone contrôlée (ZC), et dès lors que le risque d'exposition externe est avéré, les travailleurs doivent également être surveillés par dosimétrie opérationnelle.



• DOSIMÉTRIE PASSIVE

- Tous les travailleurs exposés, quel que soit leur classement, doivent bénéficier d'une évaluation individuelle de l'exposition par dosimétrie passive (dosimétrie de référence).
- Dans le cas d'une distribution non homogène des doses, le dosimètre passif porté à la poitrine doit être complété par une dosimétrie additionnelle (poignet, doigt, cristallin...) permettant de s'assurer du respect des limites de doses aux parties du corps les plus exposées.
- Si l'exposition est localisée uniquement sur une partie du corps, la « dosimétrie de référence » peut dans ce cas ne reposer que sur des dosimètres adaptés à l'exposition locale (bague, poignet), dès lors qu'ils sont fournis par un laboratoire agréé ou par l'IRSN.

• DOSIMÉTRIE OPÉRATIONNELLE

La dosimétrie opérationnelle est une dosimétrie individuelle qui doit être mise en œuvre lors d'une opération se déroulant en zone contrôlée dans un but d'optimisation (mise en œuvre du principe ALARA). Il s'agit d'une dosimétrie en temps réel ou « dosimétrie active ». Les dosimètres utilisés sont du type « à lecture directe ». Les résultats de cette dosimétrie sont transmis à l'IRSN (SISERI) par la PCR.

Pour plus d'informations, voir la **fiche 11** sur la dosimétrie passive et active.

b) Surveillance de l'exposition interne

Le cas échéant, des mesures permettant d'évaluer l'exposition interne (prélèvements d'air au poste de travail, anthropogammamétrie, radiotoxicologie urinaire...) sont mises en œuvre.

Les résultats de ces mesures sont conservés dans le dossier médical et sont destinés aux médecins de prévention.

3.4. Détention de matières nucléaires

Les matières nucléaires sont les matières qui pourraient être utilisées pour fabriquer un engin explosif nucléaire. Elles sont définies à partir de leurs caractéristiques fissiles, fusibles ou fertiles. Les éléments concernés sont le deutérium et le lithium enrichi en lithium 6 pour les éléments stables, et le plutonium, l'uranium, le thorium et le tritium pour les éléments radioactifs.

Leur importation, exportation, élaboration, détention, transfert, utilisation et transport sont soumis à contrôle dans les conditions fixées par le Code de la défense (articles L. 1333-1 et suivants, articles R. 1333-1 et suivants) et ses arrêtés d'application. L'objectif est le contrôle et la protection de ces matières en vue d'éviter tout vol, détournement, perte ou acte de malveillance.

Selon la quantité détenue, leur détention est soumise à déclaration ou autorisation auprès du ministère chargé de l'énergie (Haut fonctionnaire

de défense et de sécurité - HFDS). Les seuils sont indiqués dans le **tableau 6**, les quantités en grammes correspondant au nombre d'atomes de l'élément concerné.

Les laboratoires de recherche relèvent principalement de la déclaration, le déclarant étant le directeur d'unité.

Les obligations d'un déclarant sont :

- désigner un préposé à la garde des matières nucléaires et l'avertir par écrit des obligations relatives à cette mission ainsi que des peines encourues en cas d'infraction (attestation de reconnaissance de responsabilité). Le préposé reconnaît par écrit avoir pris connaissance de ce texte, et le signe en deux exemplaires, après l'avoir daté (article R. 1333-76 du Code de la défense).
- effectuer une déclaration à l'intention du ministre chargé de l'énergie par pli recommandé avec accusé de réception à la direction de l'expertise nucléaire de défense de l'IRSN qui tient la comptabilité nationale des matières nucléaires. Cette déclaration doit être réitérée à chaque modification affectant les informations contenues dans la déclaration. Elle précise l'identité du préposé à la garde, la nature des activités, les quantités initialement détenues et maximales susceptibles d'être détenues ou mises en mouvement, les mesures prises pour assurer le suivi physique et la protection physique des matières détenues ou mises en mouvement.

Matière nucléaire	Déclaration	Autorisation
Plutonium ou Uranium 233	1 g	≥ 3 g
Uranium enrichi à 20 % ou plus en uranium 235	1 g	≥ 15 g d'uranium 235
Uranium enrichi à moins de 20 % en uranium 235	1 g	≥ 250 g d'uranium 235
Uranium naturel ou appauvri en uranium 235 ou Thorium (sauf alliage < 5%)	1 kg	≥ 500 kg
Deutérium (gaz, hydrure, eau lourde)	1 kg	-
Tritium	0,01 g	≥ 2 g
Lithium enrichi en lithium 6	1 g	≥ 1 kg de lithium 6

Tableau 6 *Seuils de déclaration et d'autorisation des matières nucléaires*

- assurer un suivi physique des matières détenues permettant de connaître à tout moment leur localisation et de tracer les transformations subies ainsi que tous leurs mouvements.
- tenir un livre-journal sur lequel sont enregistrées, pour tout article contenant de la matière nucléaire, les variations de stock. Ces informations sont consignées par ordre chronologique et archivées pendant 5 ans. Il permet d'assurer la comptabilité des matières nucléaires détenues.
- réaliser annuellement un inventaire physique des stocks détenus au 31 décembre de l'année écoulée. Assurer la traçabilité de cet inventaire. Ces documents sont conservés pendant une période d'au moins 5 ans.
- dresser un état annuel à l'issue de l'inventaire physique et transmettre cet état à l'IRSN avant le 31 janvier de chaque année. Le support est un document délivré par l'IRSN.
- s'assurer en cas de mouvement externe avec transfert de responsabilité que le destinataire a bien reçu les matières nucléaires en recevant un justificatif de réception et en l'archivant pendant 5 ans.
- mettre en place une protection physique des matières contre le vol et la perte.
- informer l'HFDS du ministère chargé de l'énergie ainsi que le service de police ou de gendarmerie, en cas de constatation de perte, de vol, de disparition ou de détournement des matières, dans les 24 heures suivant la constatation de l'événement.

4. Mesures d'ordre technique

4.1. Définition des zones

Préalablement à toute mise en œuvre, après avoir procédé à une évaluation des risques et recueilli l'avis de la PCR, le directeur d'unité doit délimiter, autour de la source, les zones suivantes :

- une zone surveillée, dès lors que les travailleurs sont susceptibles de recevoir :
 - une dose efficace dépassant 1 mSv/an, dans les conditions normales de travail,
 - ou une dose équivalente dépassant un dixième de l'une des limites fixées pour la peau, les mains, les avant-bras, les pieds et les chevilles (soit 50 mSv), ou le cristallin (soit 15 mSv).
- une zone contrôlée, dès lors que les travailleurs sont susceptibles de recevoir :
 - une dose efficace de 6 mSv/an, dans les conditions normales de travail,
 - ou une dose équivalente dépassant les trois dixièmes de l'une des limites fixées pour la peau, les mains, les avant-bras, les pieds et les chevilles (soit 150 mSv) ou le cristallin (soit 45 mSv).

À l'intérieur d'une zone contrôlée, lorsque le risque d'exposition dépasse certains seuils, des zones spécialement réglementées ou interdites d'accès peuvent être délimitées et signalées

(Fiches 8 et 12). L'arrêté du 15 mai 2006 précise les valeurs pour lesquelles ces zones sont délimitées. Il introduit des valeurs opérationnelles pour leur délimitation (doses intégrées sur le mois ou l'heure et débit d'équivalent de dose par rapport

aux limites annuelles énoncées ci-dessus). Ce sont ces valeurs opérationnelles qui sont utilisées pour déterminer le zonage en s'assurant que les limites en doses efficaces et équivalentes annuelles demeurent respectées.

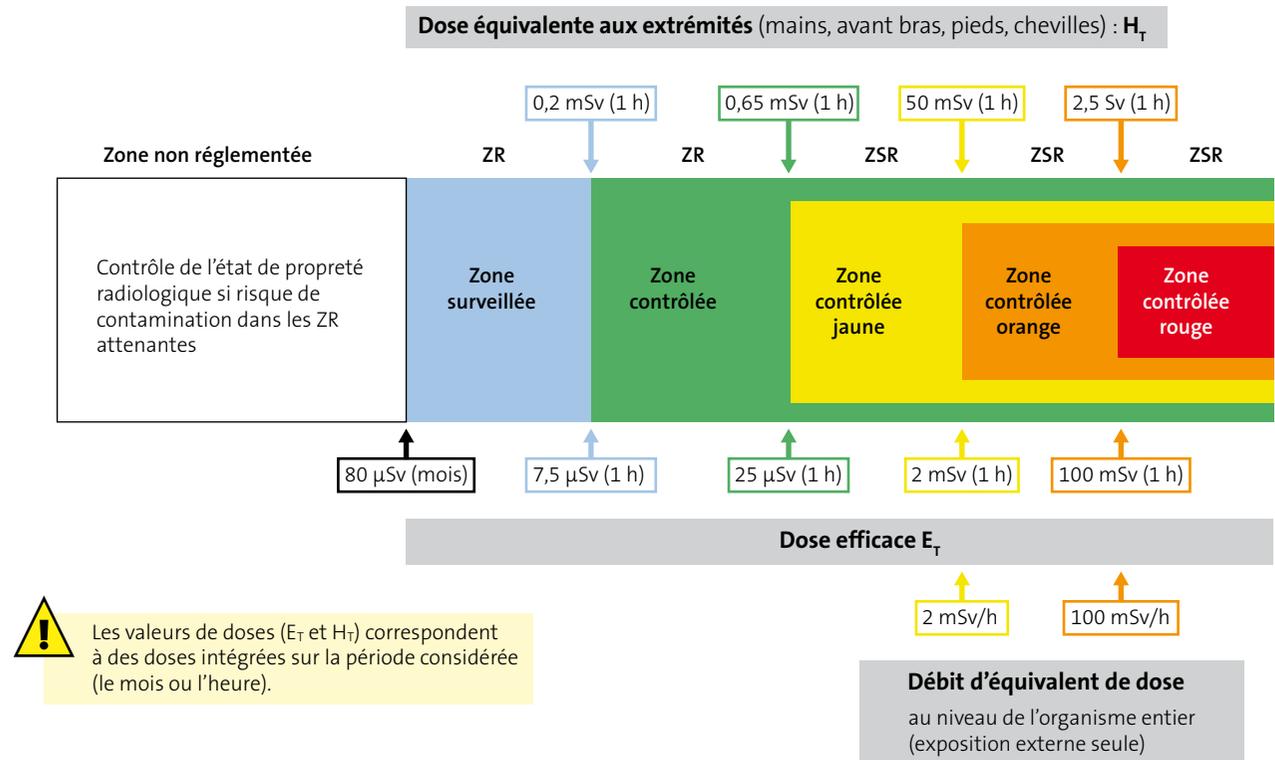


Figure 4 Délimitation des zones réglementées (ZR) et spécialement réglementées (ZSR)
Schéma extrait de la circulaire DGT/ASN n°01 du 18 janvier 2008 relative à l'arrêté du 15 mai 2006

La démarche ayant conduit à la délimitation des zones doit être formalisée dans un document interne et intégrée au document unique d'évaluation des risques professionnels.

Avertissement

La suppression définitive ou temporaire d'une zone fait l'objet d'une décision écrite du titulaire de l'autorisation. Elle ne peut être effective qu'après réalisation des contrôles techniques d'ambiance, et est donc conditionnée à leur réalisation, leur résultat devant démontrer que tout risque d'exposition est supprimé.

4.2. Contrôles réglementaires

Des contrôles sont prévus dans le cadre de la protection des travailleurs. Ils doivent être réalisés en interne et en externe, leurs natures et périodicités sont définies par [l'arrêté du 21 mai 2010](#).

Les contrôles internes et externes font l'objet de rapports écrits mentionnant la date, la nature et leur localisation, le nom et la qualité du contrôleur et les éventuelles non conformités relevées.

Les contrôles externes, réalisés annuellement par un organisme agréé, ne peuvent pas se substituer aux contrôles internes.

Le directeur d'unité établit avec l'appui de la PCR un programme des contrôles externes et internes et s'assure de son adéquation avec les risques présents.

La nature et l'étendue des contrôles internes peuvent être ajustées sur justification basée sur l'analyse de risque, l'étude des postes de travail et les caractéristiques des installations. Ces justifications sont explicitées dans le programme des contrôles.

Les contrôles internes peuvent être effectués par la PCR ou par des agents formés, après validation de la PCR. **Ces mêmes contrôles sont réalisés au moins une fois par an par un organisme agréé.**

4.2.1. Contrôles techniques de radioprotection

Un contrôle technique de radioprotection des sources, des locaux, des appareils contenant des sources, des dispositifs de protection et d'alarme ainsi que des instruments de mesure utilisés doit être réalisé.

a) Contrôles techniques des locaux et des sources

- à réception dans l'unité ;
- avant la première utilisation ;
- lorsque les conditions d'utilisation sont modifiées ;

- périodiquement pour les sources (au moins une fois par an par l'IRSN ou par un organisme agréé) ;
- périodiquement pour les instruments de mesure utilisés pour ces contrôles, assortis d'une vérification du bon fonctionnement, ainsi que pour les dosimètres opérationnels ;
- en cas de cessation définitive d'emploi lors de l'utilisation de sources non scellées.

b) Contrôles des équipements de mesure

- contrôle de bon fonctionnement à effectuer avant chaque utilisation ;
- contrôle réalisé au moins annuellement ou avant utilisation de l'appareil, si celui-ci n'a pas été employé depuis plus d'un mois, à l'aide d'une source radioactive ou un dispositif électronique adapté ;
- contrôle de l'étalonnage (uniquement par un organisme accrédité par le COFRAC ou certifié ISO 9001 version 2000) avec une périodicité :
 - quinquennale pour les équipements de mesure équipés d'un contrôle permanent de bon fonctionnement ;
 - triennale pour ceux non équipés d'un contrôle permanent de bon fonctionnement ;
 - annuelle pour les dosimètres opérationnels.

c) Contrôles de l'étanchéité des sources scellées

Des recherches de la contamination des dispositifs d'utilisation (équipements contenant des sources, compteur par exemple) et de stockage doivent être effectuées :

- à l'aide d'un frottis humide sur papier filtre (100 g/m² minimum) de 50 mm de diamètre imbibé d'alcool ou de solvant volatil adapté à la présentation chimique du radionucléide en cause,
- sur une seule face du papier,
- en 4 emplacements au moins des parties accessibles de l'équipement,
- sur des surfaces minimales de 25 cm² choisies aussi proches que possible de la source, en excluant cette dernière.

Les frottis doivent être transmis à un laboratoire d'analyse avec un schéma descriptif de la source et des surfaces de prélèvement. Des mesures directes du frottis sont parfois possibles. Des normes décrivent les méthodes d'essais d'étanchéité et d'évaluation de la contamination de surface ([Annexe 1](#)).

4.2.2. Contrôles techniques d'ambiance

Les contrôles techniques d'ambiance comprennent :

- en cas d'exposition externe, la mesure des débits de dose externes, en indiquant les caractéristiques des rayonnements en cause ;
- en cas de risque d'exposition interne, les mesures

de la concentration dans l'air et de la contamination des surfaces de travail et des locaux, en indiquant les caractéristiques des substances radioactives présentes.

Ils permettent de disposer d'éléments contribuant à évaluer l'exposition des personnels. Les points de recherche de la contamination des surfaces doivent être choisis judicieusement, leur emplacement justifié dans le programme des contrôles. La contamination de surface peut être mise en évidence par des appareils de mesure à lecture directe, ou par la technique du frottis.

Le type d'appareils utilisés, la localisation des points de mesure sont déterminés par la PCR, en fonction de la nature des risques. Le contrôle d'ambiance systématique, s'il n'est pas effectué en continu, devra être réalisé au moins une fois par mois. Les périodicités des contrôles concernant les sources scellées, les sources non scellées, les conditions d'élimination des déchets et effluents et ceux concernant les appareils de détection sont précisés dans l'arrêté du 21 mai 2010.

4.2.3. Traçabilité des contrôles techniques

Les rapports de contrôle interne et externe sont conservés 10 ans.

Les résultats de ces contrôles sont consignés dans un document comportant également :

- un relevé actualisé des sources et appareils, des informations relatives aux modifications

apportées aux sources, appareils et dispositifs de protection,

- les remarques faites par les organismes agréés ou l'IRSN.

Ce document est annexé au document unique d'évaluation des risques. Il est tenu à la disposition des autorités administratives.

Les non conformités relevées lors des contrôles techniques font l'objet d'un suivi et de l'établissement d'un plan d'action formalisé.

4.2.4. Contrôle de l'efficacité de l'organisation

Les contrôles prévus par l'arrêté du 21 mai 2010, au titre de l'efficacité de l'organisation de la radioprotection mise en place, consistent à vérifier l'existence et la validité de différents documents et procédures. Ils sont à intégrer au programme des contrôles ([Fiche 13](#)).

4.2.5. Contrôles des équipements de protection collective et individuelle (EPC et EPI)

Les EPC et EPI font également l'objet de contrôles réguliers selon des périodicités propres à chaque équipement.

Les EPC font l'objet de procédures de fonctionnement et sont correctement entretenus.

4.3. Appareils de mesure

Leur efficacité et leur bon fonctionnement sont vérifiés par des contrôles et étalonnages périodiques (Paragraphe 4.2.1).

4.3.1. Mesure de l'exposition externe

La mesure des débits d'équivalent de dose se fait au moyen de débitmètres de différents types :

- La chambre d'ionisation portable, type « Babyline », permet la mesure de débits de dose équivalente dus aux β et γ en profondeur (paroi de 300 mg/cm²)* et au niveau de la peau (paroi de 7 mg/cm²)*. Grâce à ses parois constituées de matériaux « équivalent-tissu », sa réponse est constante en énergie à partir de 10 keV.
- Les radiamètres, équipés de tubes Geiger-Müller, plus robustes, ont une réponse en énergie moins bonne. On peut les utiliser pour la mesure de débits de dose équivalente dus aux γ au-dessus de 100 KeV.
- D'autres débitmètres utilisant des principes différents (détecteurs au silicium, scintillateurs...) sont disponibles dans le commerce et offrent des réponses satisfaisantes.
- Des appareils spécifiques sont nécessaires pour la mesure de débits de dose équivalente dus aux neutrons.



4.3.2. Mesure de la contamination

a) Contamination surfacique

Un certain nombre d'éléments sont déterminants dans le choix d'un appareil de détection :

- le rendement de détection,
- la rapidité du temps de réponse,
- les dimensions adaptées aux échantillons ou surfaces à contrôler,
- le bruit de fond le plus faible possible.

Les appareils de mesure de la contamination de surface se présentent généralement sous la forme de coffrets équipés de sondes portatives ou de dispositifs intégrés, adaptés aux différents rayonnements :

- Émetteurs α
Photomultiplicateur (PM) associé à un scintillateur au ZnS protégé de la lumière.
- Émetteurs β
 - compteur Geiger-Müller (GM) à fenêtre mince,
 - scintillateur plastique,
 - scintillateur liquide: à titre d'exemple, c'est la méthode utilisée pour contrôler une contamination de surface due au ³H, à l'aide d'un frottis compté en scintillation liquide.
- Émetteurs X et γ
Photomultiplicateur associé à un scintillateur au NaI :
 - mince (2 mm) pour les X et γ de faible énergie,
 - épais (20 mm) pour les γ d'énergie supérieure à 200 KeV.



Polyradiamètre portable MIP10 + sonde

Appareil de contrôle de contamination surfacique MCB2

b) Contamination atmosphérique

Sous certaines conditions, en faisant passer l'air à travers un papier filtre, on peut obtenir un échantillon représentatif de la contamination atmosphérique. En mesurant l'activité de ce filtre, il est possible de déterminer la concentration de l'activité de l'air en Bq/m³.

Deux techniques sont habituellement employées, l'une ne donnant qu'une indication *a posteriori* (appareil de prélèvements atmosphériques sur filtres fixes), l'autre permettant de suivre l'évolution de la contamination dans le temps (appareil enregistreur d'aérosols radioactifs).

Pour plus d'informations, voir la **fiche 14 « Les appareils de mesure »**.

* Ces mesures sont dénommées : H*(3) et H'(0,07)

5. Surveillance médicale des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants

5.1. Suivi médical

Le personnel exposé aux rayonnements ionisants est soumis à une surveillance médicale particulière. Elle a pour but de déceler toute contre-indication à l'affectation ou au maintien à un poste exposant aux rayonnements ionisants, et de prévenir et dépister toute affection susceptible d'être en relation avec cette exposition.

La surveillance médicale s'effectue :

- avant l'affectation au poste de travail ;
- périodiquement, et au moins une fois par an pour les travailleurs de catégories A ou B relevant de la fonction publique d'État ;
- occasionnellement, en cas d'exposition inhabituelle ;
- après une absence pour cause de maladie professionnelle ou d'accident de service, un congé de maternité, un congé pour cause de maladie ou d'accident non professionnel, en cas d'absences répétées pour raison de santé... ;
- à la demande de l'agent, notamment en cas de grossesse ;
- après la fin de l'exposition au risque, pour les travailleurs de catégorie A (surveillance médicale post-professionnelle).

La surveillance médicale consiste en :

- un bilan de l'exposition ;
- un examen clinique orienté selon le type d'exposition :
 - exposition externe : recherche d'atteinte d'ordre hématologique, ophtalmologique ou cutané,
 - exposition interne : recherche d'une pathologie pouvant entraîner une rétention des radionucléides ou facilitant leur pénétration dans l'organisme ;
- un ou plusieurs examens complémentaires, en fonction de la nature de l'exposition et de l'état de santé de l'agent :
 - examen hématologique (numération - formule sanguine, plaquettes),
 - examen ophtalmologique (contrôle des cristallins),
 - radiographie pulmonaire en cas de risque d'exposition interne,
 - examen O.R.L. en cas de risque d'exposition interne,
 - examen dermatologique en cas de risque de contamination cutanée ou d'exposition externe,
 - bilan biologique hépatique et rénal,

- examen radiotoxicologique des urines et/ou des selles en cas d'exposition interne,
- anthroporadiamétrie (couramment appelée anthropogammamétrie) en cas d'exposition interne.

Dès qu'ils opèrent en zone contrôlée ou en zone surveillée, les travailleurs, quelle que soit la catégorie à laquelle ils appartiennent, doivent bénéficier d'une évaluation individuelle de l'exposition.

Les travailleurs de catégorie A ou B doivent faire l'objet d'une surveillance individuelle de l'exposition, par dosimétrie en cas d'exposition externe et par examen radiotoxicologique urinaire et/ou anthroporadiamétrie en cas d'exposition interne.

L'anthroporadiamétrie permet de détecter la présence de radionucléides émetteurs γ et X dans l'organisme.

En cas de besoin (c'est-à-dire en cas de suspicion de contamination interne), l'examen radiotoxicologique urinaire permet de détecter la présence de radionucléides dans les urines. Il est prescrit par le médecin de prévention et est le plus souvent réalisé en fin de manipulation.

► Protocole de prélèvement des urines de 24 heures

- contacter le service de médecine de prévention pour se procurer un flacon prévu à cet effet. **Attention : ne pas jeter le conservateur que peut contenir le flacon.**
- noter l'heure d'évacuation des premières urines du matin. Les éliminer.
- à partir de ce moment, recueillir la totalité des urines pendant 24 heures.
- apporter le flacon dans les meilleurs délais au service de médecine de prévention (ou à la personne compétente en radioprotection selon le protocole établi avec le service de médecine de prévention).

Cas particulier d'un accident d'exposition à une source non scellée susceptible de conduire à une contamination interne :

- contacter le service médical pour recueillir les urines dès l'accident afin de surveiller la cinétique d'élimination du radionucléide, informer l'IRSN et adapter le protocole en fonction de ses consignes. Informer la personne compétente en radioprotection.

5.2. Dossier médical

Les résultats des examens cliniques et des examens complémentaires sont consignés dans un dossier médical propre à chaque agent.

Le médecin de prévention établit un dossier médical individuel pour les agents exposés. Ce dossier doit contenir :

- une fiche d'exposition mentionnant les dates et les résultats des contrôles des doses équivalentes ;
- les dates et les résultats du suivi dosimétrique d'exposition individuelle ;
- les dates et les résultats des examens médicaux prescrits et réalisés.

Les dossiers médicaux doivent être conservés pendant la durée de vie de l'agent, et, en tout cas, au moins 50 ans après la fin de la période d'exposition aux rayonnements ionisants.

5.3. Conclusions médicales

Au terme de la visite médicale, le médecin de prévention émet un avis de compatibilité entre état de santé et poste de travail. Il peut s'agir :

- d'une compatibilité sans restriction,
- d'une compatibilité sous réserve (aménagement du poste de travail ou des conditions d'exercice),
- d'une incompatibilité temporaire ou définitive.

Une carte de suivi médical est remise aux travailleurs de catégories A ou B via l'application SISERI.

CAS PARTICULIER :

Pour les agents qui se rendent dans des installations nucléaires de base (INB), le médecin de prévention des établissements publics à caractère scientifique et technologique peut soit remplir le document propre à l'INB soit délivrer un certificat médical de non contre-indication aux travaux sous rayonnements ionisants.

Cependant, les exploitants des INB peuvent exiger que la visite médicale et la délivrance du certificat d'aptitude soient effectuées par leur propre service de médecine du travail ou par un médecin disposant d'un diplôme requis pour l'exercice de la surveillance médicale des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants.

5.4. Aspects réglementaires en cas d'accident d'exposition

Selon le Code de la Sécurité Sociale (art. L.411-1) :
« Est considéré comme accident du travail, quelle qu'en soit la cause, l'accident survenu par le fait ou à l'occasion du travail à toute personne salariée ou travaillant à quelque titre ou en quelque lieu que ce soit pour un ou plusieurs employeurs ou chefs d'entreprise ».

Les éléments constitutifs de l'accident du travail sont précisés par la jurisprudence. Ainsi, « l'accident du travail est caractérisé par l'action violente et soudaine d'un élément extérieur provoquant une lésion de l'organisme humain ».

En cas d'accident de service, la victime doit informer le directeur d'unité dans les meilleurs délais et fournir un certificat médical précisant la nature et le siège des lésions.

Or, une exposition accidentelle aux rayonnements ionisants (exposition externe, contamination sans blessure) ne provoque habituellement pas de lésion d'apparition immédiate. Sauf cas particulier et exceptionnel, elle ne peut donc

pas être reconnue comme accident du travail. Néanmoins, toute exposition accidentelle doit être signalée à la personne compétente en radioprotection et au médecin de prévention (**Fiche 15**) afin d'en conserver une traçabilité. La dose reçue lors de cette exposition accidentelle doit être évaluée et consignée dans le dossier médical.

Les affections aiguës ou chroniques susceptibles de résulter de l'exposition aux rayonnements ionisants figurent dans le **tableau 7** : elles doivent faire l'objet d'une déclaration de maladie professionnelle.



© © CNRS Photothèque/Hubert Raguet

Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste indicative des principaux travaux susceptibles de provoquer ces maladies
Anémie, leucopénie, thrombopénie ou syndrome hémorragique consécutifs à une irradiation aiguë	30 jours	<p>Tous travaux exposant à l'action des rayons X ou des substances radioactives naturelles ou artificielles, ou à toute autre source d'émission corpusculaire, notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> • extraction et traitement des minerais radioactifs, • préparation des substances radioactives, • préparation de produits chimiques et pharmaceutiques radioactifs, • préparation et application de produits luminescents radifères, • recherches ou mesures sur les substances radioactives et les rayons X dans les laboratoires, • fabrication d'appareils pour radiothérapie et d'appareils à rayons X, • travaux exposant les travailleurs aux rayonnements dans les hôpitaux, les sanatoriums, les cliniques, les dispensaires, les cabinets médicaux, les cabinets dentaires et radiologiques, dans les maisons de santé et les centres anticancéreux, • travaux dans toutes les industries ou commerces utilisant les rayons X, les substances radioactives, les substances ou dispositifs émettant les rayonnements indiqués ci-dessus.
Anémie, leucopénie, thrombopénie ou syndrome hémorragique consécutifs à une irradiation chronique	1 an	
Blépharite ou conjonctivite	7 jours	
Kératite	1 an	
Cataracte	10 ans	
Radiodermites aiguës	60 jours	
Radiodermites chroniques	10 ans	
Radio-épithélite aiguë des muqueuses	60 jours	
Radiolésions chroniques des muqueuses	5 ans	
Radionécrose osseuse	30 ans	
Leucémies	30 ans	
Cancer broncho-pulmonaire primitif par inhalation	30 ans	
Sarcome osseux	50 ans	

Tableau 7 Affections provoquées par les rayonnements ionisants, telles qu'elles sont présentées dans le tableau n°6 des Maladies Professionnelles reconnues par le régime général de la Sécurité Sociale.

6. Dispositions spécifiques aux sources scellées



Sources d'étalonnage

6.1. Définition et normalisation

La définition d'une source scellée est donnée au **paragraphe 2.8.1**.

Le principal risque lié à l'utilisation d'une source scellée est le risque d'exposition externe. Un risque d'exposition interne est possible lorsque l'enveloppe qui contient la source présente un défaut d'étanchéité, ou en cas d'incendie*.

* La norme NF EN ISO 2919 définit les critères de résistance pour certaines conditions d'utilisation des sources scellées. Elle décrit les méthodes d'essais permettant de vérifier leur adéquation entre leur conception et l'utilisation envisagée.

6.2. Procédures d'achat et de suivi

Ces procédures font l'objet d'une décision ASN (**décision 2015-DC-0521 homologuée**), qui introduit la dématérialisation de l'enregistrement des mouvements de sources radioactives. Cette dématérialisation va progressivement être mise en œuvre au travers de l'application web SIGIS (Système d'information et de gestion de l'inventaire des sources) gérée par l'IRSN.

6.2.1. Achat de sources

Avant tout achat d'une source scellée, la PCR vérifie que les caractéristiques de celle-ci ne remettent pas en cause l'autorisation délivrée (radionucléide et activité maximale détenue et utilisée sur l'installation). Si c'est le cas, une demande de modification de l'autorisation devra être obtenue au préalable.

L'unité d'expertise des sources (IRSN/UES) transmet les formulaires de « demandes de fournitures » qui permettent d'initier la demande auprès des fournisseurs dûment autorisés par l'ASN. L'utilisation de ce formulaire d'enregistrement préalable n'est pas nécessaire pour des sources scellées d'activité à l'origine inférieure au seuil d'exemption du Code de la santé publique.

Si le fournisseur n'est pas autorisé à distribuer des sources en France, l'acquéreur devra s'acquitter d'une partie des obligations qui incombent normalement aux fournisseurs autorisés. Une autorisation « fournisseur » pourra être demandée par l'ASN sur la base d'un dossier de demande d'autorisation simplifié.

6.2.2. Suivi et contrôle des sources

La personne compétente doit tenir à jour et conserver un (des) registre(s) et un inventaire des sources sur le(s)quel(s) seront notamment indiqués :

- le nom des fournisseurs de sources ;
- le numéro de demande de fourniture à l'IRSN ;
- le type d'isotopes utilisés ;
- l'activité initiale de ces sources radioactives ;
- les dates des contrôles initiaux et périodiques des sources, et les résultats de ces contrôles ;
- les dates d'utilisation de ces sources, le nom des utilisateurs ainsi que les dates et la durée de manipulation et les lieux d'utilisation ;
- leur traçabilité en cas de prêt à une autre unité (**Fiche 16**) ;
- leur transport (**Chapitre 9**).

Pour chaque source, elle conserve, jusqu'à la notification par l'ASN de la cessation de l'activité, un certain nombre de documents :

- le bon de commande ;
- le bon de livraison ;
- la demande de fourniture ;
- un certificat de source délivré par le fournisseur, dont une copie est transmise à l'IRSN dans les deux mois suivant l'acquisition et mentionnant la conformité aux normes de conception, la nature du/des radionucléides, l'activité en Bq à une date déterminée, l'identité du fabricant et la référence de la source (modèle, n° de série) ;
- le document de transport ;
- le certificat de reprise de la source.

Chaque année, un contrôle externe doit être réalisé par un organisme agréé, selon les méthodes déterminées par [l'arrêté du 21 mai 2010 portant homologation de la décision n° 2010-DC-0175 de l'ASN \(Sous-chapitre 4.2.\)](#).

En cas d'utilisation hors établissement, il est nécessaire de s'assurer que cette utilisation est mentionnée et permise dans l'autorisation.

De plus, en cas de prêt, une convention, co-signée par les deux parties, doit être établie au préalable et le destinataire doit détenir les autorisations adéquates.

La durée d'un prêt ne peut être supérieure à 6 mois. La localisation de la source doit être mise à jour dans l'application SIGIS au départ et au retour de la source.

6.2.3. Mouvements de sources

La décision ASN 2015-DC-0521 homologuée par l'arrêté du 27 octobre 2015 définit différentes natures de mouvement :

- l'importation, si le cédant est situé hors de l'UE ;
- l'exportation, si l'acquéreur est situé hors de l'UE ;
- la cession entre fournisseurs autorisés ;
- la cession à un utilisateur ou un détenteur situé en France (hors activité de distribution) ;
- le transfert intra-européen.

Chaque nature de mouvement fait l'objet d'un enregistrement par l'IRSN via un formulaire dédié, sauf pour les cessions à un acquéreur situé en France pour lesquelles un enregistrement par source est alors établi.

La période de validité du mouvement est inférieure à la période de validité des autorisations ASN des cédants et acquéreurs. De plus, pour un acquéreur situé en France, elle est inférieure à :

- 6 mois pour les sources scellées de haute activité (seuil défini en annexe du Code de la santé publique) ;
- 12 mois pour les autres sources scellées.

Cas particulier des sources scellées de haute activité (SSHA - cf. Annexe 2 catégorisation des sources radioactives selon l'AIEA)

Les mouvements de SSHA font l'objet de dispositions spécifiques supplémentaires :

- Pour les transferts intra-européens, une fiche dont le modèle se trouve en annexe de la décision ASN 2015-DC-0521, doit être transmise par le cédant à l'autorité compétente de l'État recevant la source dans les 48h suivant son départ.
- Pour les exportations ou transferts intra-européens de SSHA de catégories 1 et 2, une notification écrite est envoyée par le titulaire au point de contact* de destination de la source, au destinataire, à l'ASN et à l'IRSN au moins 7 jours avant expédition.

** Le point de contact est l'interlocuteur désigné par chaque État afin de faciliter les mouvements de sources, en conformité avec les orientations de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) relatives à l'importation et à l'exportation de sources radioactives.*

6.2.4. Mouvements dispensés d'enregistrement préalable

Sont dispensés d'enregistrement préalable :

- l'acquisition de sources d'activité inférieure (à la date de fabrication) aux seuils d'exemption définis au Code de la santé publique ;
- les prêts de sources, d'une durée n'excédant pas 6 mois, si ces dernières sont prévues dans l'autorisation du prêteur (non applicable aux sources scellées de haute activité) ;
- la reprise de sources scellées ;
- les mouvements pour maintenance, entretien ou réparation d'équipements contenant des sources, dès lors que ces opérations n'entraînent pas de remplacement de source, si la durée de l'opération est inférieure à 6 mois. Cette dispense n'est pas applicable pour les équipements contenant des sources scellées de haute activité.

6.2.5. Déclaration à l'inventaire national

L'IRSN/UES gère un inventaire national des sources de rayonnement ionisant et des activités autorisées ou déclarées. Ce fichier national est obtenu par l'enregistrement systématique préalable de tous les mouvements de sources et consolidé par la fourniture régulière d'informations par les détenteurs et fournisseurs. En tant que détenteurs, les titulaires d'autorisation/déclarants doivent transmettre annuellement le relevé de leur propre inventaire

à l'IRSN. La transmission de cet inventaire via l'application SIGIS est recommandée.

6.3. Consignes de sécurité et mesures d'urgence

L'employeur est tenu de prévoir des consignes distribuées à toute personne qui utilise des sources, et de mettre en place des actions de formation (**Chapitre 3**).

Une notice remise à tous les travailleurs intervenant en zone contrôlée rappelle :

- les risques particuliers liés au poste de travail occupé ou aux interventions effectuées ;
- les règles de sécurité applicables ;
- les instructions à suivre en cas de situation anormale.

Les consignes de travail, adaptées à la nature de l'exposition et aux opérations réalisées, sont également affichées dans les zones surveillées et les zones contrôlées. La **fiche 17** indique les consignes de sécurité générales à observer lors de l'utilisation de sources et la conduite à tenir en cas d'urgence. Une procédure spécifique doit préciser la conduite à tenir en cas de perte ou de vol de sources radioactives (sources scellées ou non scellées).

6.4. Restitution des sources périmées ou en fin d'utilisation

Le détenteur est tenu de restituer la source scellée à son fournisseur :

- en cas de perte d'étanchéité de l'enveloppe dans laquelle la source scellée est placée ;
- en fin d'utilisation de la source scellée ;
- 10 ans au plus tard après l'achat de la source ou de l'appareil qui la contient ;
- avant cessation de l'activité nucléaire.

Les conditions de reprises doivent être formalisées dans un document remis au moment de l'acquisition de sources scellées et qui doit être conservé par l'acquéreur.

Après chaque reprise, le repreneur établit une attestation de reprise à conserver jusqu'à ce que le titulaire soit dégagé de ses obligations. Une copie est transmise à l'IRSN/UES.

Si le repreneur est un autre fournisseur que le fournisseur d'origine ou est l'ANDRA, le cédant dispose d'un mois pour transmettre copie de cette attestation à l'IRSN et au fournisseur d'origine.

Les sources qui ne sont pas recyclables dans les conditions techniques et économiques du moment peuvent être reprises en dernier recours par l'ANDRA aux frais du détenteur.

Il est possible d'obtenir auprès de l'ASN une autorisation de prolongation d'utilisation pour les sources ayant atteint la limite de 10 ans d'utilisation, en déposant un dossier constitué d'un formulaire à télécharger sur le site de l'ASN et de pièces, justifiant entre autres :

- de la nécessité de la prolongation de la source et de la durée de prolongation souhaitée (maximum 5 ans, renouvelable une fois) ;
- de l'état de la source au moment de la demande et l'appréciation du fournisseur / fabricant sur le maintien des caractéristiques du scellement pendant la prolongation ;
- de la mise en place d'éventuels contrôles renforcés durant la prolongation ;
- du maintien des conditions de reprise et de la garantie financière entre le fournisseur et le détenteur.

Les sources scellées, dont l'activité à l'origine est inférieure aux seuils d'exemption, peuvent bénéficier d'une prolongation d'utilisation automatique accordée tacitement par l'ASN.

6.5. Entreposage

Après chaque utilisation, il est nécessaire de ranger les sources dans un récipient ou un appareil résistant au feu et atténuant le rayonnement, portant le sigle « danger radioactif » (**Fiche 12**). De plus, elles doivent être entreposées dans un local fermé à clé, et correctement balisé. Les sources qui ne sont plus utilisées devront être stockées dans un lieu réservé à l'entreposage, en attendant leur reprise par le fournisseur.



Coffre sécurisé pour le stockage de sources radioactives.

Elles doivent faire l'objet d'une surveillance particulière, notamment lorsqu'elles sont utilisées par des étudiants lors des travaux pratiques ou dans des conditions incompatibles avec leurs caractéristiques physiques de fabrication.

6.6. Cas particuliers

Certaines sources dites scellées présentent cependant un risque de dissémination de la substance radioactive :

- les sources alpha, dont le dépôt ne peut être protégé par une quelconque enveloppe qui absorberait les émissions. Il ne faut ni froter ni gratter une telle source, sous peine de la détériorer et d'en modifier l'activité, mais surtout de se contaminer ;
- les sources de fragments de produits de fission, comme le ^{252}Cf qui, par nature, sont contaminantes ;
- les sources de tritium adsorbé sur un support titane ou cuivre, destinées à servir de cible dans des accélérateurs de particules. Leur activité est consommable par essence même. Elles peuvent également relarguer leur tritium en cas d'échauffement localisé et donc contaminer l'enceinte ou l'huile des pompes à vide.

7. Dispositions spécifiques aux sources non scellées

© CNRS Photothèque/Laurence Médard



7.1. Gestion

La PCR doit tenir un registre ou un système équivalent dans lequel sont notés :

- les radionucléides commandés et le nom des fournisseurs,
- leur date de réception,
- leur activité initiale,
- le lieu de manipulation,
- les quantités prélevées et les dates des prélèvements,

- le nom des utilisateurs,
- les quantités et la nature des effluents et déchets produits et leur devenir,
- les résultats des contrôles réalisés avant rejet d'effluents ou élimination de déchets.

Les informations suivantes peuvent non seulement être pertinentes selon les utilisations effectuées et les précisions nécessaires pour les résultats de certaines expérimentations, mais également s'avérer nécessaires pour le suivi et l'inventaire des sources :

- l'identification des sources « diluées », fabriquées à partir des sources mères, ou l'identité des échantillons fabriqués en interne,
- les activités massique, volumique et totale,
- le milieu chimique...
- la prise en compte des risques associés : chimique, biologique, agent physique...

Chaque source doit avoir un dossier récapitulatif, constitué d'une fiche de suivi, du formulaire de demande de radionucléides en sources non scellées (formulaire IRSN), du bon de commande, du bon de livraison et certificat d'étalonnage établis par le fournisseur.

7.2. Caractéristiques des locaux

Les locaux de manipulation doivent être adaptés aux produits manipulés, aux activités mises en œuvre, aux procédés utilisés. Ils sont distincts de tout autre local.

Toutes les surfaces doivent être constituées de matériaux faciles à décontaminer (surfaces lisses et non poreuses, imperméables et lessivables, sans joints).

Lorsque les sources sont manipulées ou entreposées sous forme liquide, des dispositifs de rétention adaptés aux quantités présentes doivent être mis en place.

Lorsque les sources sont sous forme gazeuse, ou lorsque des sources d'autres natures peuvent générer des aérosols ou des relâchements gazeux significatifs, les expérimentations sont réalisées avec des équipements de protection collective (EPC) tels que sorbonnes, boîtes à gants équipées de dispositifs de filtration adaptés.

Les locaux sont équipés de moyens de détection et de lutte contre l'incendie.

Par ailleurs, avant d'effectuer une manipulation de radionucléides, certaines précautions doivent être mises en œuvre. L'ensemble des règles élémentaires à observer est résumé dans la **fiche 18**.

Avertissement

Il est rappelé que l'incorporation de radionucléides ne doit pas être considérée comme une situation normale de travail. Toutes les dispositions doivent être prises pour que les sources contenant des matières radioactives susceptibles de se disperser soient confinées et protégées. L'employeur doit prendre des dispositions organisationnelles pour maintenir les locaux en état de propreté radiologique et définir les modalités de vérification de cet état par des mesures de contrôle. Lorsqu'un risque de contamination existe dans les zones surveillées ou contrôlées, l'état de propreté radiologique des zones attenantes doit être vérifié.

7.3. Mesures d'urgence

7.3.1. Dispersion

- Prévenir la personne compétente en radioprotection,
- Délimiter largement et matérialiser la zone contaminée,
- Absorber le liquide en excès à l'aide d'une pipette, de coton, de papier absorbant, de vermiculite...

- Décontaminer la zone avec un détergent approprié, en allant de l'extérieur vers le centre de cette zone,
- Vérifier à l'aide d'une sonde appropriée l'efficacité de la décontamination, ou faire un frottis,
- Contrôler l'absence de contamination sur les mains, les vêtements, les chaussures.

7.3.2. Contamination corporelle et incorporation

La **fiche 17** présente de façon détaillée les différentes conduites à tenir en cas d'urgence.

7.4. Déchets et effluents

Il est rappelé que tout producteur de déchets est tenu d'en assurer l'élimination dans des conditions propres à éviter tout effet préjudiciable sur l'environnement. La responsabilité du producteur demeure jusqu'à l'élimination totale des déchets. Tout projet de rejet d'effluents (liquides ou gazeux) contaminés par des radionucléides doit faire l'objet d'une autorisation délivrée par l'ASN.

Tout titulaire d'une autorisation de détention et d'utilisation de radionucléides doit tenir un inventaire des effluents et déchets éliminés. **L'arrêté du 23 juillet 2008 portant homologation**

de la décision n°2008-DC-0095 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 29 janvier 2008 fixe les règles techniques auxquelles doit satisfaire l'élimination des effluents et des déchets contaminés par les radionucléides, ou susceptibles de l'être du fait d'une activité nucléaire.

Il est obligatoire de noter (registre ou fichier informatique) la nature des déchets et radionucléides contenus, l'activité à la date de mise en dépôt dans les locaux d'entreposage, la date de fermeture des emballages pour les déchets entreposés en décroissance, le résultat des contrôles avant élimination, les dates d'élimination et le devenir final des déchets. Une procédure écrite doit rappeler les vérifications à effectuer préalablement à l'évacuation des déchets. Pour les fûts contenant des déchets solides, une fiche inventaire des contenants par fût doit être créée.

Un plan de gestion des déchets et effluents contaminés doit être mis en place. Il doit faire l'objet d'un document écrit, signé par le titulaire d'autorisation et transmis à l'ASN lors de l'établissement des dossiers de demande d'autorisation ou de renouvellement d'autorisation. Il définit les modalités de tri, de conditionnement, de stockage, de contrôle et d'élimination des effluents et des déchets produits (**Fiche 19**).

Principes généraux pour la gestion des déchets radioactifs

- 1 Définir « un zonage des déchets » afin de distinguer les zones où les déchets et/ou effluents produits sont contaminés ou susceptibles de l'être. En pratique, la taille d'une zone à déchets contaminés est plus ou moins étendue : elle peut se limiter à une paillasse ou à tout ou partie d'un local.
- 2 Trier et conditionner le plus en amont possible en tenant compte de la période radioactive des radionucléides présents ($T_{1/2} <$ ou \geq à 100 jours)
- 3 Stocker de façon distincte pour permettre :
 - un traitement local par décroissance pour les effluents et déchets provenant de l'utilisation de radionucléides de période $T_{1/2} < 100$ jours,
 - une prise en charge par l'agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA) pour les radionucléides de période $T_{1/2} \geq 100$ jours.
- 4 Contrôler la radioactivité des effluents et des déchets avant leur évacuation.
- 5 Après décroissance ($T_{1/2} < 100$ jours), les déchets sont évacués vers des filières identifiées : déchets ménagers en l'absence de risques infectieux et chimiques, ou filière des déchets à risque infectieux ou à risques chimiques.

7.4.1. Recueil des déchets au niveau de l'utilisateur

- Lors de l'ouverture des colis de produits radioactifs, vérifier l'absence de contamination des emballages. Ils peuvent alors être évacués avec les déchets ordinaires après avoir fait disparaître tout étiquetage spécifique de radioactivité.
- À la paillasse, disposer de récipients spéciaux garnis d'un sac plastique pour le recueil des déchets solides (objets piquants/coupants), et de bonbonnes pour les liquides.
- Contrôler les poubelles « froides » présentes dans les zones de production de déchets radioactifs avant de les évacuer. Assurer la

traçabilité de ces contrôles.

- Trier à la source les déchets en fonction de leur filière d'élimination : déchets à mettre en décroissance ou déchets à faire enlever par l'ANDRA [le tri est réalisé selon les catégories prévues par l'ANDRA, en prenant en compte leur nature physico-chimique, leurs caractéristiques radiologiques et chimiques et leurs risques spécifiques (infectieux, CMR...)].
- Adapter les emballages utilisés pour conditionner les déchets à la nature des radionucléides qu'ils contiennent (sacs, fûts, boîtes pour déchets piquants et/ou tranchants...) et s'assurer de leur étanchéité. Les fermer avant de les transporter vers un local d'entreposage.

- Numérotter les emballages de déchets afin d'en faciliter l'identification et de permettre un suivi plus aisé.
- Étiqueter tous les emballages afin de connaître la nature des radionucléides présents, le type d'émetteur, en y ajoutant une évaluation datée de la radioactivité et la date de fermeture de l'emballage, la masse ou le volume, la nature physico-chimique et biologique des déchets, l'activité estimée.
- Avant toute sortie de zone à déchets contaminés, en estimer au préalable l'activité, mesurer le débit de dose au contact, contrôler la contamination surfacique de l'emballage.
- Afficher les consignes de tri au poste de travail.

7.4.2. Local d'entreposage des déchets

Un local d'entreposage des déchets radioactifs doit être prévu et réservé à cet usage. Il doit être distinct des locaux de travail, et répondre aux caractéristiques suivantes :

- implantation du local en zone non inondable,
- sols et murs facilement décontaminables, lisses et continus,
- bonbonnes liquides entreposées dans des rétentions,
- rétentions dimensionnées de manière à contenir un volume au moins égal à 100 % de la capacité du plus grand contenant ou 50 % de la capacité totale de l'ensemble des contenants,
- ventilation adaptée (qui peut être naturelle),
- accès facile pour l'enlèvement des déchets,

- local fermant à clé, balisé, couvert, muni d'un système de rappel automatique de fermeture,
- protection radiologique adéquate sur les six faces du local, compatible avec la destination des locaux adjacents.

Les règles d'exploitation du local :

- afficher la signalisation du zonage radioprotection
- accès limité aux seules personnes habilitées,
- absence d'un poste de travail permanent dans le local,
- affichage des consignes de sécurité,
- maintien du local dans un bon état de propreté,
- présence du matériel nécessaire au marquage (feutre indélébile), identification des conteneurs, réserve de gants jetables,
- traçabilité des entrées/sorties,
- présence d'un absorbant en cas de renversement ou de fuite,
- aménagement de manière à différencier les différentes catégories de déchets pouvant être présentes (bien délimiter la zone de traitement des déchets à demi-vie < 100 jours),
- surface suffisante pour permettre un entreposage dans de bonnes conditions de sécurité de tous les déchets produits et notamment assurer la radioprotection des personnels accédant,
- mise en œuvre de dispositions de prévention, de maîtrise et de limitation des conséquences d'un incendie (extincteurs, détecteur incendie, installations électriques en bon état).

Dans ce local, les déchets en provenance des salles de manipulation sont transférés dans les emballages normalisés de l'ANDRA : fûts ou bonbonnes selon le cas.

En cas de production de déchets qui n'entrent pas dans les catégories ANDRA du guide d'enlèvement, une demande spécifique dite « accord préalable » permet à l'ANDRA d'étudier l'acceptabilité de tels déchets. Ces déchets sont conditionnés à part dans l'attente des résultats de l'étude d'acceptabilité.



Traitement en décroissance sur site.

7.4.3. Gestion des déchets et effluents radioactifs

a) La gestion par décroissance des déchets et effluents

Elle consiste à entreposer les déchets et effluents sur site jusqu'à réduction significative de leurs activités.

Pour être gérés par décroissance, les déchets et effluents doivent répondre aux 2 conditions suivantes :

- 1 ne contenir que (ou n'être contaminés que par) des radionucléides de période radioactive inférieure à 100 jours
- 2 ne pas générer de produits de filiation dont la période serait supérieure à 100 jours.

Cependant, dans le cas où les produits de filiation sont des radionucléides de période supérieure à 100 jours, les déchets peuvent être gérés par décroissance si le rapport de la période du radionucléide père sur celle du radionucléide descendant est inférieur à 10^{-7} . C'est le cas en particulier du ^{99m}Tc (période 6,02 heures) dont le rapport des périodes avec son fils, le ^{99}Tc (période 2,1 10^5 ans) est égale à 3,26 10^{-9} .

La durée de mise en décroissance du déchet doit réglementairement être égale, au minimum, à 10 fois la période du radionucléide possédant la période la plus longue dans le mélange (soit une réduction d'un facteur 1 000 de l'activité initiale). Cependant, si l'activité initiale du déchet est très élevée, un délai plus important peut s'avérer nécessaire. Un contrôle de la radioactivité

résiduelle doit ensuite être effectué pour vérifier la réduction significative de l'activité du déchet (critère: < 2 fois le bruit de fond, mesures effectuées dans un local éloigné de toute source de rayonnement pouvant les perturber).

Après le délai nécessaire à sa décroissance, suivi du contrôle de l'activité résiduelle, ce type de déchet peut être géré via une filière conventionnelle comme des déchets non radioactifs. Néanmoins, ils doivent être gérés au regard des autres risques qu'ils sont susceptibles de générer (risques chimiques, biologiques...). Les étiquettes placées sur les emballages des déchets, indiquant leur caractère radioactif, doivent être ôtées avant leur évacuation.

Concernant les effluents liquides, leur activité volumique avant rejet doit être inférieure à la valeur « seuil » de 10Bq/l : l'estimation du délai de décroissance doit donc en tenir compte. Un contrôle permettant de vérifier la réduction de leur activité ou à défaut un calcul de leur activité résiduelle doit être effectué avant rejet.

Ces vérifications doivent être consignées dans un registre précisant le conditionnement, la valeur du bruit de fond, l'appareil de mesure utilisé, l'activité, la date de mise en décroissance, le nombre de périodes de décroissance, la date du contrôle ou du calcul avant rejet avec les résultats.

En cas de rejet dans un réseau d'assainissement, il est nécessaire de demander à l'organisme gestionnaire de ce réseau une autorisation qui fixe les conditions du rejet. Dans ce cas, se rapprocher des services compétents de la délégation régionale ou de l'établissement hébergeur*.

En pratique, les effluents doivent être dirigés vers un système de cuves ou tout dispositif (bonbonnes pour les faibles volumes) évitant un rejet direct dans le réseau d'assainissement et permettant un entreposage tampon pour la décroissance ainsi qu'un prélèvement des effluents pour le contrôle de la radioactivité résiduelle avant rejet.

Les dispositions techniques minimales à mettre en place en cas d'utilisation de cuves sont la présence de :

- au moins 2 cuves fonctionnant alternativement en remplissage et en entreposage,
- un dispositif de mesure du niveau dans chaque cuve,
- un regard pour effectuer des prélèvements dans les cuves,
- une rétention permettant de récupérer les effluents en cas de fuite et munie d'un détecteur de présence de liquide (à tester périodiquement).

Ce système de cuve est rarement mis en œuvre dans les unités de recherche du CNRS du fait de la faible quantité d'effluents produits.

Les canalisations dans lesquelles transitent les effluents doivent être étanches et résistantes à l'action physique et chimique des effluents. Elles doivent être repérées in situ comme susceptibles de contenir des radionucléides.

** Après décroissance, les effluents liquides peuvent être rejetés dans des conditions identiques aux effluents non radioactifs dans un réseau d'assainissement sous réserve d'obtention d'une autorisation de déversement délivrée par le maire (ou par le président de l'établissement public ou du syndicat mixte en cas de transfert de compétence) en charge du réseau.*

Cette autorisation est délivrée après avis de la personne publique en charge du transport et de l'épuration des eaux usées. Elle est accordée pour l'ensemble d'un établissement (campus) et prend en compte tous les rejets autres que les eaux domestiques. Elle définit les caractéristiques des effluents et les conditions de surveillance du déversement. Elle peut être subordonnée à la participation de l'auteur du déversement aux dépenses d'investissement et de traitement entraînées par la réception de ces effluents.

b) La gestion dans une filière autorisée des déchets

Les déchets de période supérieure à 100 jours doivent être gérés selon les spécifications de l'ANDRA.

c) Les effluents gazeux

Les systèmes de ventilation des locaux et des équipements dans lesquels sont mises en œuvre des substances radioactives non scellées sont conçus en vue de limiter à un niveau aussi faible que raisonnablement possible les rejets d'effluents gazeux. L'ASN peut fixer des conditions de rejets, notamment des limites d'activités rejetées.

Les points de sortie des effluents gazeux sont disposés de façon à éviter tout risque de recyclage et à distance des prises d'air neuf. Quand les gaines d'extraction sont raccordées à un conduit unique, un clapet anti-retour est placé sur chaque gaine.

En cas d'utilisation de filtres, ces derniers doivent faire l'objet de contrôles et, lors de leur élimination, doivent être gérés comme des déchets radioactifs.

d) La gestion des effluents contenant des radionucléides de période supérieure à 100 jours

Les installations sont conçues, exploitées et entretenues de manière à limiter les rejets. Les effluents sont collectés à la source, canalisés, et si besoin traités afin que les rejets soient maintenus

à un niveau aussi faible que raisonnablement possible.

Les effluents liquides de période > 100 jours sont en général traités par l'ANDRA après collecte.

Cependant, certains procédés peuvent amener l'ASN à approuver des rejets d'effluents dans le cadre de l'autorisation d'utilisation de sources non scellées sur justification de l'exploitant. Elle n'exonère pas de l'autorisation de déversement

explicitée au **paragraphe 7.4.3.a**. La justification porte sur différents points (étude technico-économique justifiant l'efficacité des dispositions mises en œuvre pour limiter les quantités d'activité rejetées, étude d'impact des effets des rejets sur la population, l'environnement et les travailleurs exposés, les modalités mises en place pour contrôler les rejets...).

L'ASN fixe les conditions de rejets, et exige un suivi en continu de l'activité et de la concentration



Entreposage sur site avant enlèvement et traitement par l'ANDRA.

rejetée, la mise en place d'un plan de surveillance de l'environnement, et des dispositions d'information périodique des riverains.

Dans le cas des rejets liquides, les dispositions techniques minimales à mettre en place sont :

- installations visitables et permettant la mise en place de dispositifs de mesure et de prélèvement (avant dilution éventuelle des effluents) ;
- mise en place d'un clapet anti-retour avant connexion au réseau d'assainissement ou à l'environnement en cas de système connecté en permanence ;
- condamnation des vannes de vidange des cuves en position fermée en dehors des périodes de rejets des effluents.

Enfin, les points de rejets des effluents liquides doivent être en nombre aussi limité que possible.

7.4.4. Obligation déclarative

Un bilan annuel de la quantité de déchets produits et d'effluents rejetés doit être transmis une fois par an à l'ANDRA et transmis à l'ASN dans le cadre d'un renouvellement d'autorisation.

Au titre du Code de l'environnement, les producteurs de déchets radioactifs sont dans l'obligation de transmettre à l'ANDRA un inventaire annuel, arrêté au 31 décembre de chaque année, des quantités de déchets détenus comprenant également les déchets en décroissance. Le but de cet inventaire annuel est de permettre à

l'ANDRA de réaliser un inventaire national des déchets radioactifs. Pour ce faire, l'ANDRA met à disposition des producteurs de déchets un serveur sécurisé (<https://teledeclaration.andra.fr/andra/>) permettant une télédéclaration. Elle doit être établie avant le mois de juin de l'année en cours. En préalable, il est donc nécessaire de contacter l'ANDRA en vue de se faire identifier comme producteur de déchets afin d'obtenir un accès au serveur.

7.5. Contrôles de la contamination

Des contrôles de contamination des locaux (plans de travail, sols...), du matériel utilisé, des vêtements et des mains doivent être effectués au minimum après chaque manipulation. Toute trace de contamination doit être immédiatement éliminée.

Il existe deux méthodes de contrôles qui sont souvent complémentaires :

- la méthode « directe » qui consiste à appliquer directement un détecteur de rayonnement sur la surface à vérifier,
- la méthode « indirecte » qui consiste à effectuer un prélèvement (frottis) de matière radioactive provenant de la surface ou du milieu à contrôler, et à mesurer son activité.

7.5.1. Méthode directe

Cette méthode, commode et rapide, doit être utilisée chaque fois que possible. Elle est particulièrement précieuse pour les contrôles systématiques de surfaces importantes (sols, paillasse, tables de travail) :

- mettre en route l'indicateur sonore de l'appareil et appliquer la sonde le plus près possible de la surface à contrôler, en prenant soin de ne pas la toucher.

La mesure peut être biaisée par l'état de la surface à contrôler (par exemple, la détection des contaminations par des émetteurs α ou β de faible énergie est impossible sur une surface humide).

En cas de détection de contamination significative (supérieure à 2 fois le bruit de fond) par une mesure directe, il est nécessaire de réaliser un frottis pour une mesure indirecte plus qualitative et quantitative.

7.5.2. Méthode indirecte

Cette méthode est employée quand :

- le bruit de fond dû à la présence dans le voisinage d'une source radioactive est trop important (par exemple, lorsqu'on veut contrôler la contamination extérieure d'un récipient contenant une source),
- les irrégularités de la surface d'un objet sont trop accentuées,

- l'intérieur d'un tube ou d'un cylindre est inaccessible à la sonde,
- la surface à vérifier est contaminée par du ^3H , aucune méthode directe n'existant pour ce radionucléide.

La méthode indirecte consiste en un prélèvement de matière radioactive de la surface à examiner, pratiqué le plus souvent à l'aide de frottis. Il doit être imbibé d'un liquide volatil adapté à la forme chimique du radionucléide en cause. Le frottis est ensuite mesuré à l'aide d'un appareil adapté (sonde ou scintillation liquide).

Par ailleurs, la méthode indirecte permet l'identification des éléments par spectrométrie. Il existe des normes d'évaluation de la contamination de surface pour différents émetteurs ([Annexe 1](#)).

7.5.3. Maintenance des appareils de mesure

Les appareils utilisés doivent être maintenus en bon état de fonctionnement (vérification de l'état de charge des accumulateurs, intégrité des sondes, absence de contamination). Ils doivent faire l'objet de contrôle et d'étalonnages périodiques afin de vérifier leur rendement de détection. Cette vérification peut se faire soit à l'aide des sources de contrôle fournies avec l'appareil, soit à l'aide de sources étalons. De plus, l'étalonnage doit être réalisé par une société certifiée COFRAC ou ISO 9001.



8. Conception des locaux

8.1. Dispositions générales

8.1.1. Localisation dans le bâtiment

Il est souhaitable de placer les zones contrôlées et les zones surveillées en dehors des zones les plus fréquentées, de façon à renforcer la notion d'accès réglementé. Il faut également veiller à ne pas placer de tels locaux à proximité des issues de secours principales, de façon à éviter tout risque supplémentaire en cas de sinistre (exposition externe, contamination).

Afin de limiter les déplacements avec les sources, les locaux de manipulation, de stockage et de comptage doivent être regroupés dans une même zone géographique. Éviter systématiquement la répartition de locaux impliquant des transports de matériels et de substances radioactifs sur des étages différents.

Par contre, le local destiné à l'entreposage des déchets radioactifs peut être situé à l'extérieur du bâtiment.

8.1.2. Dispositions constructives

Les locaux doivent être conçus afin de limiter le risque incendie. Les dispositions constructives à mettre en œuvre peuvent relever de différentes réglementations (ERP, Code du travail) imposant

différents degrés de compartimentage des locaux. Un compartimentage de type « coupe-feu 2 heures » est parfois nécessaire selon la nature et l'ampleur du risque.

8.1.3. Signalisation

Les zones contrôlées doivent être balisées par le trèfle (ou trisecteur) normalisé vert sur fond blanc avec la mention « zone contrôlée - accès réglementé ».

Les zones surveillées doivent être balisées par le trèfle normalisé gris-bleu sur fond blanc avec la mention « zone surveillée - accès réglementé ».

Le balisage par trèfle noir sur fond jaune est réservé aux récipients ou rangements contenant des matières radioactives.

Ainsi, seuls les trèfles verts ou gris-bleu sur fond blanc devront être apposés sur les portes d'accès, à l'exclusion de tout autre pictogramme (**Fiche 12**), hormis ceux signalant la présence d'autres risques ou l'obligation de port d'EPI.

Dans certaines installations peuvent exister des zones d'accès spécialement réglementé ou interdit : le trèfle est alors jaune, orange ou rouge, selon l'importance du risque d'exposition.



Exemple de signalétique

La nature du risque radiologique doit être précisée avec la signalisation de zone (risque de contamination et/ou risque d'irradiation).

Les limites de zones peuvent coïncider avec les parois des locaux. Cependant, si les résultats de l'évaluation des risques et l'aménagement du local le permettent, ces zones peuvent être circonscrites à une partie du local (paillasse ou sorbonne par exemple).

Dans ce cas, la délimitation d'une zone doit être continue, visible et permanente. Elle est délimitée par un marquage au sol ou sur le plan de travail par des bandes de signalisation jaunes/noires ou rouges/blanches pour délimiter la surface de la zone.

Une signalisation complémentaire est alors à mettre en place à chaque accès d'un local comportant une ou plusieurs zones réglementées. Elle indique la localisation de la (des) zone (s), le type de zone, la nature du risque, par exemple sur un plan ou un schéma du local.

La signalisation doit être enlevée après suppression définitive ou temporaire d'une zone réglementée.



8.2. Dispositions particulières aux sources non scellées

Se reporter également au [chapitre 7](#).

8.2.1. Classification des laboratoires

Il existe deux types de zones, la zone surveillée et la zone contrôlée, déterminées en fonction de l'évaluation des risques ([Sous-chapitre 4.1.](#) et [fiche 8](#)). En complément des critères objectifs qui les définissent, il convient de préciser que :

- La zone contrôlée est une zone où se trouvent à la fois concentrées les activités les plus importantes et les manipulations présentant le plus grand risque. Ainsi, les solutions mères y sont stockées, à condition qu'elles soient correctement signalées et protégées vis-à-vis de l'exposition externe éventuelle. Des manipulations comme la fixation d'iode sur des protéines ou toute opération impliquant l'utilisation de produits volatils marqués y sont réalisées.
- De manière générale, il faut veiller à ne pas multiplier le nombre de zones contrôlées.
- Les locaux d'entreposage de déchets sont classés « zone contrôlée » ou « zone surveillée ».
- Dans les zones surveillées sont utilisés les produits marqués impliquant des activités nettement moins importantes (comme, en biologie moléculaire, les expériences d'hybridation ou d'électrophorèses mettant en jeu du ^{32}P , ^{35}S ...).
- Les compteurs ne doivent en aucun cas se trouver dans les couloirs.

8.2.2. Organisation des locaux

Les mesures énoncées sont des mesures de base :

- L'accès à une zone contrôlée dans laquelle sont manipulés des produits volatils doit se faire

par l'intermédiaire d'un sas, pour garantir la dépression nécessaire.

- Le sas d'accès à la zone contrôlée peut constituer un vestiaire destiné notamment au changement des blouses qui ne doivent pas quitter la zone.
- L'installation d'un évier à commande à pied ou à avant-bras peut être envisagée dans le sas ou dans la zone contrôlée. Un système de récupération des effluents est alors mis en place.

Ces principes généraux sont à adapter au cas par cas.

8.2.3. Protection collective dans les locaux à pollution spécifique

L'élément essentiel à prendre en compte est l'adaptation des équipements de protection vis-à-vis du risque d'inhalation de vapeurs ou d'aérosols (exposition interne par voie aérienne).

Principes généraux à mettre en œuvre pour se protéger de la contamination aérienne :

- La ventilation d'une zone contrôlée doit être indépendante de la ventilation générale du bâtiment et assurer un taux de renouvellement d'air tel que la concentration d'activité dans l'air soit compatible avec le classement de la zone, la priorité restant le captage au plus près de la source d'émission.
- Un taux de renouvellement d'air compris entre

2 à 5 volumes/heure est généralement admis. Cependant, dans les zones contrôlées à fort potentiel de contamination, il doit être de 5 à 10 volumes/heure.

- En aucun cas, le débit d'air ne doit être inférieur à 60 m³/h/occupant.
- La manipulation de substances volatiles sur paillasse est interdite.
- La manipulation sous sorbonne apporte un facteur de protection de 10 par rapport au travail sur paillasse*.
- La manipulation sous boîte à gants apporte un facteur de protection de 100 par rapport au travail sous sorbonne*. L'utilisation d'une boîte à gants est vivement recommandée dès lors que les activités, pondérées par la volatilité du composé, entraînent un risque d'inhalation important.
- Le changement des filtres des boîtes à gants ne peut s'effectuer que sous la responsabilité de la PCR, qui effectue les contrôles de contamination et d'exposition avant, pendant et après l'opération. Il doit être réalisé avec les protections individuelles adéquates (gants, éventuellement combinaison jetable, protection respiratoire). Pour les radionucléides à demi-vie courte (cas de ¹²⁵I), le filtre est placé en décroissance dans un sac plastique soudé, dans le local prévu à cet

effet. Il est recommandé de faire appel à une entreprise spécialisée.

- La fréquence de changement des filtres doit être évaluée en fonction des activités réalisées. Les indicateurs du degré de colmatage qui équipent certaines boîtes à gants (ou sorbonnes à filtres) peuvent compléter cette évaluation, qui doit malgré tout tenir compte de la rétention plus ou moins grande du charbon actif en fonction de la température et de l'hygrométrie. Dans tous les cas, un changement régulier est nécessaire.

8.2.4. Sols, murs et surfaces de travail

Le principe général consiste à utiliser des surfaces facilement décontaminables, en cas de projection ou de renversement de produits marqués :

- avoir des surfaces de travail lisses et non poreuses,
- privilégier les céramiques et résines d'un seul tenant et lisses, ayant une bonne résistance mécanique aux chocs et aux frottements, ainsi qu'aux éventuelles agressions chimiques,
- éviter les joints,
- traiter tout particulièrement les angles de remontées en fond de paillasse (bandeaux) en utilisant si possible des arrondis type plinthes « quart de rond »,

**Il est rappelé que les sorbonnes sont des enceintes à confinement dynamique (la vitesse minimale de l'air dans le plan frontal pour une ouverture de 40 cm du panneau avant coulissant est de 0,5 m/s), alors que les boîtes à gants sont des enceintes étanches en légère dépression vis-à-vis de l'extérieur, permettant les manipulations par le moyen de gants fixés à deux ouvertures circulaires dans la partie frontale. Dans les deux cas, l'air extrait doit être compensé en air neuf et est rejeté à l'extérieur du bâtiment en toiture (après filtrage pour la boîte à gants). Enfin, en aucun cas, les sorbonnes ou boîtes à gants ne sont destinées au stockage de matériel, sources ou déchets.*

- éviter les arêtes vives,
- utiliser des peintures imperméables et lessivables,
- installer des revêtements de sol de type plastique résistant ou à base de résine. Proscrire le carrelage,
- placer impérativement des remontées en arrondi d'une hauteur de 10 cm pour se prémunir des contaminations interstitielles.

8.2.5. Nettoyage des locaux

En aucun cas, le personnel de nettoyage (qu'il soit interne à l'établissement ou d'une entreprise extérieure) ne doit pénétrer en zone contrôlée : l'entretien doit être réalisé par les utilisateurs eux-mêmes. L'application de cette recommandation est souhaitable pour les zones surveillées. Toutefois, il est possible de faire intervenir le personnel de nettoyage en zone surveillée selon les modalités suivantes :

- S'il s'agit d'une entreprise extérieure, la personne compétente en radioprotection doit s'assurer qu'un plan de prévention a bien été rédigé et doit le compléter par des consignes spécifiques (coordonnées des personnes à contacter en cas d'urgence, conduite à tenir en cas d'accident...). S'il ne s'agit pas d'une entreprise extérieure, ces consignes spécifiques seront directement remises aux intéressés.
- Le cahier des charges doit limiter les interventions au nettoyage du sol et proscrire tout nettoyage de paille par exemple, qui doit être assuré par les utilisateurs.

- Les poubelles « froides » sont sorties de la zone par les utilisateurs eux-mêmes, pour permettre une évacuation par les personnels de nettoyage, sans risque de confusion. De plus, ces poubelles froides doivent faire l'objet d'un contrôle sous la responsabilité de la personne compétente en radioprotection.
- Il faut régulièrement s'assurer que le personnel de nettoyage a bien reçu les informations nécessaires à la réalisation de sa mission dans de bonnes conditions de sécurité.
- la PCR doit réaliser une évaluation préalable des expositions.
- Dans tous les cas, la mesure de l'exposition individuelle doit être assurée.

9. Transport des substances radioactives

Les interdictions

- 1- L'envoi de produits dangereux par La Poste.
- 2- D'une manière générale, le transport d'un produit dangereux dans tout moyen de transport en commun (métro, bus, train, ferry...).
- 3- Le transport d'un produit dangereux dans un véhicule personnel ou administratif.

9.1. Principes et définitions

Selon les différentes réglementations relatives au transport des matières dangereuses (ADR/transport par route, IATA/transport par avion, RID/transport en chemin de fer...), les matières radioactives constituent la classe 7 des matières dangereuses. Les dispositions réglementaires applicables aux transports de matières radioactives de la classe 7 répondent à des objectifs de sûreté-criticité et de radioprotection.

Les principes retenus sont les suivants :

- La sûreté du transport repose sur le confinement du colis (emballage et matière).
- Le niveau de résistance d'un colis est adapté au risque potentiel présenté par la matière transportée.

- L'expéditeur est pleinement responsable de la conformité du colis.
- Si la matière présente plusieurs types de risques au titre des réglementations transport, la classe 7 est prépondérante sauf pour les colis exceptés.

Le chapitre ne traitera que des dispositions concernant le transport de substances radioactives par route.

Dans le cadre de l'ADR, deux seuils d'exemption sont définis :

- Un seuil par activité massique, défini pour chaque radionucléide,
- Un seuil par activité totale par envoi, défini pour chaque radionucléide.

Radio nucléide	Activité massique pour les matières exemptées (Bq/g)	Limite d'activité pour un envoi exempté (Bq)
³ H	1.10 ⁶	1.10 ⁹
¹⁴ C	1.10 ⁴	1.10 ⁷
²² Na	1.10 ¹	1.10 ⁶
²⁴ Na	1.10 ¹	1.10 ⁵
³² P	1.10 ³	1.10 ⁵
³³ P	1.10 ⁵	1.10 ⁸
³⁵ S	1.10 ⁵	1.10 ⁸
³⁶ Cl	1.10 ⁴	1.10 ⁶
⁴⁵ Ca	1.10 ⁴	1.10 ⁷
⁵¹ Cr	1.10 ³	1.10 ⁷
⁵⁵ Fe	1.10 ⁴	1.10 ⁶
⁵⁷ Co	1.10 ²	1.10 ⁶
⁵⁹ Fe	1.10 ¹	1.10 ⁶
⁶⁰ Co	1.10 ¹	1.10 ⁵

Radio nucléide	Activité massique pour les matières exemptées (Bq/g)	Limite d'activité pour un envoi exempté (Bq)
⁶³ Ni	1.10 ⁵	1.10 ⁸
⁹⁰ Sr	1.10 ²	1.10 ⁴
⁹⁰ Y	1.10 ³	1.10 ⁵
^{99m} Tc	1.10 ²	1.10 ⁷
¹⁰⁹ Cd	1.10 ⁴	1.10 ⁶
¹²⁵ I	1.10 ³	1.10 ⁶
¹³¹ I	1.10 ²	1.10 ⁶
¹³⁷ Cs	1.10 ¹	1.10 ⁴
¹⁵² Eu	1.10 ¹	1.10 ⁶
²²⁶ Ra	1.10 ¹	1.10 ⁴
²³⁹ Pu	1.10 ⁰	1.10 ⁴
²⁴¹ Am	1.10 ⁰	1.10 ⁴
²⁵² Cf	1.10 ¹	1.10 ⁴

Tableau 8 Valeurs seuils d'exemption pour les radionucléides les plus utilisés

Le fait d'être inférieur à l'un de ces deux seuils est un critère d'exemption pour l'application de l'ADR.

En cas de mélange de radionucléides au sein d'un colis, les seuils d'exemption du mélange sont déterminés par calcul à partir de la formule suivante :

$$SeM = \frac{1}{\sum \frac{f(i)}{Se(i)}}$$

avec $f(i)$: fraction d'activité du radionucléide i dans le mélange

$Se(i)$: valeur du seuil d'exemption pour le radionucléide i

9.1.1. Valeurs seuils A1 et A2

La sûreté et la sécurité du transport reposent sur l'aptitude du colis à confiner la matière radioactive en cas d'accident.

Afin d'établir l'adéquation entre le risque dû au contenu et la protection apportée par le modèle de colis, des valeurs limites, baptisées A1 et A2, ont été déterminées.

- A1 est l'activité maximale de matières radioactives, **sous forme spéciale**, autorisée à

être transportée dans un colis de type A.

- A2 est l'activité maximale de matières radioactives, **autres que celles sous forme spéciale**, autorisée dans un colis de type A (voir définition ci-dessous).

La **forme spéciale** caractérise des matières radioactives spécialement agréées par l'autorité de sûreté pour leur caractère de résistance à la dispersion. Il s'agit soit d'une matière radioactive solide non dispersable, soit d'une capsule scellée contenant une matière radioactive. Elle possède un certificat d'agrément spécifique différent du certificat d'étalonnage délivré par les fabricants de sources scellées.

Les sources scellées utilisées dans les laboratoires ne sont généralement pas considérées comme étant sous formes spéciales.

9.1.2. Conception des colis

Un colis est un emballage avec son contenu radioactif, tel qu'il est présenté pour le transport. Les différents modèles de colis sont soumis à des limites d'activité par envoi. Les normes de résistance applicables aux colis et emballages dépendent de la quantité et de la nature de la substance radioactive transportée.

De façon courante, la majorité des laboratoires de recherche n'utilise que des colis exceptés ou des colis de type A, voire des colis industriels de type 1, 2 ou 3.

Chaque type de colis doit répondre à des critères de conception spécifiés dans l'ADR, augmentés de dispositions additionnelles et disposer d'un agrément le cas échéant.

Ainsi, les colis exceptés sont soumis aux dispositions générales concernant les critères de conception, alors que les colis de type A doivent répondre à des critères de conception agréés d'épreuves.

La conformité des colis est de la responsabilité de l'expéditeur. Il doit être en possession du dossier d'homologation ou du dossier justificatif de qualification concernant les emballages de type A et les colis exceptés (dénommé « dossier de sûreté » démontrant la conformité des modèles de colis aux prescriptions applicables et l'attestation de conformité)*.

9.1.3. Énumération des matières

Un numéro ONU d'identification caractérise les matières ou objets. À chaque code ONU correspondent un contenu autorisé et des dispositions spécifiques.

* Guide de l'ASN N° 7 : Transport à usage civil de substances radioactives sur la voie publique.

- 2908 Emballages vides comme colis exceptés
- 2909 Objets manufacturés en uranium naturel, uranium appauvri, ou thorium naturel en tant que colis exceptés
- 2910 Matières radioactives, quantités limitées en colis exceptés
- 2911 Appareils ou objets en colis exceptés
- 2912 Matières radioactives de faible activité spécifique (FAS-I) non fissiles ou fissiles exceptées¹
- 3321 Matières radioactives de faible activité spécifique (FAS-II) non fissiles ou fissiles exceptées
- 3322 Matières radioactives de faible activité spécifique (FAS-III) non fissiles ou fissiles exceptées
- 2913 Objets contaminés superficiellement (OCS-I ou OCS-II) non fissiles ou fissiles exceptées
- 2915 Matières radioactives en colis de type A, qui ne sont pas sous forme spéciale, non fissiles ou fissiles exceptées
- 3332 Matières radioactives en colis de type A sous formes spéciales non fissiles ou fissiles exceptées
- 2916 Matières radioactives en colis de type B(U) non fissiles ou fissiles exceptées
- 2917 Matières radioactives en colis de type B(M) non fissiles ou fissiles exceptées
- 2977 Hexafluorure d'uranium, fissiles
- 2978 Hexafluorure d'uranium, non fissiles ou fissiles exceptés
- 3324 Matières radioactives de faible activité spécifique (FAS-I) fissiles
- 3325 Matières radioactives de faible activité spécifique (FAS-II) fissiles
- 3326 Objets contaminés superficiellement (OCS-I ou OCS-II) fissiles
- 3327 Matières radioactives en colis de type A fissiles qui ne sont pas sous forme spéciale
- 3333 Matières radioactives en colis de type A, sous forme spéciale, fissiles
- 3328 Matières radioactives en colis de type B(U) fissiles
- 3329 Matières radioactives en colis de type B(M) fissiles

9.2. Dispositions relatives aux colis exceptés et colis type A

9.2.1. Contenus autorisés

Pour chaque radionucléide, les valeurs d'activités A_1 et A_2 ont été définies de façon à évaluer le risque lors du transport.

Les laboratoires étant le plus souvent concernés par des sources sous forme « non spéciales », ce sont les valeurs A_2 qui sont retenues.

Ainsi, à partir de cette valeur A_2 de référence, un seuil « L » est déterminé, à partir duquel des mesures renforcées de sécurité sont exigibles pour le transport (colis de type A). En deçà, on parle de « colis excepté ». Il ne faut pas confondre un colis excepté avec un colis exempté, pour lequel la réglementation ne s'applique pas. Pour être classé comme « colis excepté » l'activité totale ne doit pas dépasser les seuils ci-dessous et l'intensité de rayonnement en tout point de sa surface externe doit être inférieure ou égale à $5 \mu\text{Sv/h}$.

Le calcul de ce seuil s'effectue de la façon suivante (sauf pour ^3H) :

pour les formes solides et les gaz :	$L = 10^{-3} A_2$
pour les formes liquides :	$L = 10^{-4} A_2$
cas particulier du Tritium :	$L = 2 \cdot 10^{-2} A_2$

¹ Matières fissiles exceptées : présence d'un radionucléide fissile en quantité ou concentration limitée

Lorsque les matières radioactives sont enfermées dans un composant ou constituent un composant d'un appareil ou d'un objet manufacturé, le calcul du seuil L défini précédemment n'est pas applicable. Des limites spécifiques par article et par colis sont alors applicables (**Tableau 9**).

Pour les objets fabriqués en uranium naturel ou appauvri, ou en thorium naturel, un colis excepté peut contenir n'importe quelle quantité de ces matières, à condition que la surface extérieure de l'uranium ou du thorium soit enfermée dans une gaine inactive en métal ou autre matériau résistant.

Code UN	Contenu autorisé	
2910 Quantités limitées de matière	Solides : $10^{-3}A_1$ (forme spéciale) ou $10^{-3}A_2$ (forme non spéciale) Liquides : $10^{-4}A_2$ Gaz : - ^3H : $2 \times 10^{-2}A_2$ - autres : $10^{-3}A_1$ (forme spéciale) ou $10^{-3}A_2$ (forme non spéciale)	
2911 Appareils/objets manufacturés	Par article Solides : $10^{-2}A_1$ (forme spéciale) ou $10^{-2}A_2$ (forme non spéciale) Liquides : $10^{-3}A_2$ Gaz : - ^3H : $2 \times 10^{-2}A_2$ - autres : $10^{-3}A_1$ (forme spéciale) ou $10^{-3}A_2$ (forme non spéciale)	Par colis Solides : A_1 (forme spéciale) ou A_2 (forme non spéciale) Liquides : $10^{-1}A_2$ Gaz : - ^3H : $2 \times 10^{-1}A_2$ - autres : $10^{-2}A_1$ (forme spéciale) ou $10^{-2}A_2$ (forme non spéciale)
2909 Objets manufacturés en U - Th	U naturel / appauvri Th naturel Non irradié	
2908 Emballages vides	Contamination interne labile $\leq 400 \text{ Bq/cm}^2$ β , γ , α de faible toxicité $\leq 40 \text{ Bq/cm}^2$ autres émetteurs α	
2915/3332/ 3327/3333 Matières en colis de type A	Forme spéciale $\leq A_1$ Forme non spéciale $\leq A_2$	

Tableau 9 Exemples de contenu autorisés

Radio nucléide	Valeur de A ₂ (en TBq)	Activité maximale pour un envoi en « colis excepté » en Bq	
		Sous forme gaz ou gaz/solide	Sous forme liquide
³ H	40	8.10 ¹¹	4.10 ⁹
¹⁴ C	3	3.10 ⁹	3.10 ⁸
²² Na	0,5	5.10 ⁸	5.10 ⁷
²⁴ Na	0,2	2.10 ⁸	2.10 ⁷
³² P	0,5	5.10 ⁸	1.10 ⁷
³³ P	1	1.10 ⁹	1.10 ⁸
³⁵ S	3	3.10 ⁹	3.10 ⁸
³⁶ Cl	0,6	6.10 ⁸	6.10 ⁷
⁴⁵ Ca	1	1.10 ⁹	1.10 ⁸
⁵¹ Cr	30	3.10 ¹⁰	3.10 ⁹
⁵⁵ Fe	40	4.10 ¹⁰	4.10 ⁹
⁵⁷ Co	10	1.10 ¹⁰	1.10 ⁹
⁵⁹ Fe	0,9	9.10 ⁸	9.10 ⁷
⁶⁰ Co	0,4	4.10 ⁸	4.10 ⁷
⁶³ Ni	30	3.10 ¹⁰	3.10 ⁹
⁹⁰ Sr	0,3	3.10 ⁸	3.10 ⁷
⁹⁰ Y	0,3	3.10 ⁸	3.10 ⁷
^{99m} Tc	4	4.10 ⁹	4.10 ⁸
¹⁰⁹ Cd	2	3.10 ⁹	3.10 ⁸
¹²⁵ I	3	2.10 ⁹	2.10 ⁸
¹³¹ I	0,7	7.10 ⁸	7.10 ⁷
¹³⁷ Cs	0,6	6.10 ⁸	6.10 ⁷
¹⁵² Eu	1	1.10 ⁹	1.10 ⁸
²²⁶ Ra	3.10 ⁻³	3.10 ⁶	3.10 ⁵
²³⁹ Pu	1.10 ⁻³	1.10 ⁶	1.10 ⁵
²⁴¹ Am	1.10 ⁻³	1.10 ⁶	1.10 ⁵
²⁵² Cf	2.10 ⁻³	2.10 ⁶	2.10 ⁵

Tableau 10 Valeurs seuils pour les radionucléides les plus utilisés

Rappel : la valeur maximale pour un envoi en « type A » est la valeur A₂ elle-même.

Cas des mélanges :

- Dans le cas d'un mélange de radionucléides dont l'identité et l'activité de chaque élément sont connues, la condition suivante s'applique au contenu radioactif d'un colis de type A :

$$\sum_i \frac{B(i)}{A_1(i)} + \sum_j \frac{C(j)}{A_2(j)} \leq 1$$

où B(i) est l'activité du radionucléide « i » contenu sous forme spéciale et A₁(i) est la valeur de A₁ pour le radionucléide « i », C(j) est l'activité du radionucléide « j » contenu dans des matières autres que sous forme spéciale et A₂(j) est la valeur de A₂ pour le radionucléide « j ».

Dans ce cas, la valeur de A₁, de A₂, ou l'activité massique pour les matières exemptées, ou la limite d'activité pour un envoi exempté, est

Contenu	A ₁ (en TBq)	A ₂ (en TBq)	Activité massique pour les matières exemptées (Bq/g)	Limite d'activité pour un envoi exempté (Bq)
Présence avérée d'émetteurs bêta ou gamma uniquement	0,1	0,02	1.10 ¹	1.10 ⁴
Présence avérée d'émetteurs alpha uniquement	0,2	9.10 ⁻⁵	1.10 ⁻¹	1.10 ³
Pas de donnée disponible	0,001	9.10 ⁻⁵	1.10 ⁻¹	1.10 ³

Tableau 11 Valeurs limites pour radionucléides non-identifiés

obtenue comme suit :

$$X_m = \frac{1}{\sum_i \frac{f(i)}{X(i)}}$$

où f(i) est la fraction d'activité ou la fraction d'activité massique du radionucléide « i » dans le mélange et X(i) est la valeur appropriée de A₁, A₂ ou l'activité massique pour les matières exemptées ou la limite d'activité pour un envoi exempté, dans le cas du radionucléide « i ».

Lorsqu'on connaît l'identité de chaque radionucléide, mais que l'activité de certains est inconnue, les formules précédentes s'appliquent en utilisant la valeur (de A₂ par exemple) la plus faible par rapport aux radionucléides connus du mélange.

- Pour les radionucléides ou pour les mélanges pour lesquels on ne dispose pas de données, les valeurs à utiliser sont présentées dans le **tableau 11** suivant.

9.2.2. Contamination des colis

La contamination non fixée sur les surfaces externes de tous colis doit être maintenue à un niveau aussi bas que possible et, dans les conditions normales de transport, ne doit jamais dépasser les valeurs suivantes :

→ émetteurs bêta/gamma ou alpha de faible toxicité* : 4 Bq/cm²

→ tous les autres émetteurs alpha : 0,4 Bq/cm²

Ces limites sont les limites moyennes applicables pour toute aire de 300 cm² de toute partie de surface.

REMARQUE

L'ADR définit la contamination comme étant la « présence, sur une surface, de matières radioactives en quantité dépassant 0,4 Bq/cm² pour les émetteurs bêta/gamma et alpha de faible toxicité, ou 0,04 Bq/cm² pour tous les autres émetteurs alpha ».

9.2.3. Signalisation et étiquetage des colis

Tout colis, y compris les colis exceptés, doit porter le numéro ONU correspondant à la matière contenue, précédé des lettres « UN ».

Chaque colis doit porter sur la surface externe de l'emballage l'indication de l'identité de l'expéditeur ou du destinataire ou des deux à la fois, inscrite de manière lisible et durable.

Chaque colis d'une masse brute admissible supérieure à 50 kg doit porter, sur la surface externe de l'emballage, l'indication de la masse brute admissible.

a) Colis excepté

Aucune signalisation supplémentaire sur le véhicule n'est exigée, sous réserve qu'il n'existe pas de risque d'une autre nature.

Le colis doit porter le marquage UN sur une face extérieure et la marque « RADIOACTIVE » doit apparaître à l'ouverture du colis (en général, elle est apposée sur la face intérieure d'un des rabats du colis).

b) Colis de type A

La mesure du débit de dose au contact et à 1 m permet de déterminer l'indice de transport (IT).

Le **tableau 12** en page suivante définit les étiquetages à employer, en précisant que l'indice de transport est obtenu en multipliant par 100 le débit de dose exprimé en mSv/h à 1 m.

REMARQUE

- Les colis contenant des matières fissiles doivent porter des étiquettes 7E, en plus des étiquettes 7A, 7B ou 7C.
- Les étiquettes doivent être apposées à l'extérieur sur deux côtés opposés du colis et correctement renseignées.
- Le colis doit porter sur la face externe de l'emballage la mention « TYPE A », le numéro de série propre à l'emballage conforme au modèle agréé et la cote du certificat d'agrément.

Pour déterminer la catégorie dans le cas d'un colis, il faut tenir compte à la fois de l'IT et de l'intensité de rayonnement en surface. Lorsque les classements d'après l'IT et le débit de dose mesuré au contact conduisent à des catégories différentes, alors le colis est classé dans la plus élevée des deux catégories.

Si l'IT est supérieur à 10 et/ou le débit de dose au contact est compris entre 2 mSv/h et 10 mSv/h, le transport se fait sous « utilisation exclusive ».

* Alpha de faible toxicité : uranium naturel, appauvri, thorium naturel, U235, U238, Th232, Th228, Th230, contenus dans des minerais ou des concentrés physiques et chimiques ainsi que les émetteurs alpha de période < 10 jours.

Indice de transport	Débit d'équivalent de dose au contact (\dot{H})	Catégorie	Modèles d'étiquettes
0	$\dot{H} \leq 0,005 \text{ mSv/h}$	I – BLANCHE → 7A	
$0 < IT < 1$	$0,005 < \dot{H} \leq 0,05 \text{ mSv/h}$	II – JAUNE → 7B	
$1 < IT < 10$	$0,5 < \dot{H} \leq 2 \text{ mSv/h}$	III – JAUNE → 7C	

Tableau 12 Étiquetage selon l'indice de transport

9.2.4. Transport par route

a) Signalisation des véhicules

Hormis pour le transport de colis exceptés, il faut apposer :

- l'étiquette 7D sur les 2 côtés et à l'arrière du véhicule, ainsi que le numéro ONU,
- un panneau orange vierge de toute inscription, à l'avant et à l'arrière du véhicule,
- pour les transports avec une seule matière, le panneau orange indique le code danger (70) et le code matière (numéro ONU).

b) Formations

- du chauffeur : une formation spécialisée « Classe 7 » en cours de validité (5 ans), agréée par le ministère en charge du transport, est obligatoire, exception faite du transport de colis excepté.
- d'un conseiller à la sécurité : il doit être titulaire d'un certificat de qualification professionnelle délivré après réussite à un examen organisé par le CIFMD (comité interprofessionnel pour le développement de la formation dans le transport de marchandises dangereuses). Il est désigné dans les établissements dont l'activité comporte le transport terrestre de marchandises dangereuses ou les opérations d'emballage, de chargement, de remplissage ou de déchargement liées à ces transports. Le conseiller sécurité est chargé d'aider à la prévention des risques pour les personnes, les biens ou l'environnement inhérents à ces

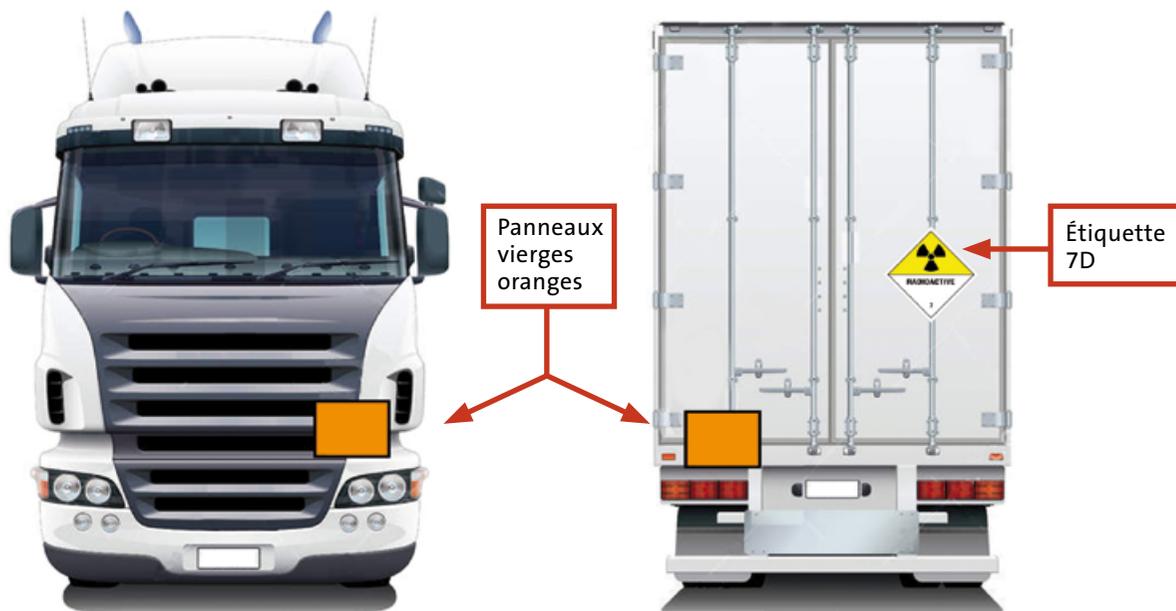


Figure 5 Signalisation du véhicule

activités. Il a une mission de conseil, d'audit et de formation des intervenants.

Cependant, sont exemptés de la désignation d'un conseiller sécurité (pour autant qu'ils ne soient pas soumis à l'ADR dans le cadre d'opérations de transports de marchandises dangereuses autres que les matières radioactives) les établissements réalisant :

- des opérations de chargement de matières radioactives de faible activité spécifique en colis de type industriel (numéros ONU sont 2912, 3321 ou 3322) dans des véhicules routiers, dans le cadre des opérations de collecte réalisées par l'ANDRA ;

- les transports, chargement, déchargement de colis exceptés ;
- les opérations occasionnelles de chargement de colis dans une unité de transport en vue d'un transport national, si le nombre d'opérations réalisées par an n'est pas supérieur à deux ;
- les opérations de déchargement de marchandises dangereuses.

c) Documents de bord

Les trois documents suivants doivent être présents dans tout véhicule transportant des matières radioactives (sauf colis exceptés de la classe 7) :

- une déclaration d'expédition de marchandises dangereuses comportant notamment le numéro ONU, la classe (7 pour la radioactivité) et risque subsidiaire, le nombre et la description des colis (symbole du radionucléide, forme physico-chimique, activité), la quantité totale en volume ou en masse, le nom et l'adresse de l'expéditeur et du destinataire, la catégorie du colis, l'IT, le code tunnel, l'étiquette... Elle est remise au chauffeur du véhicule par l'expéditeur.
- les consignes de sécurité écrites à destination du chauffeur. Leurs forme et contenu sont édités dans l'ADR. Elles sont remises par le transporteur.
- une consigne supplémentaire, remise par l'expéditeur, précise les coordonnées téléphoniques des services de secours, gendarmerie, transporteur, expéditeur et destinataire.

La **fiche 20** présente un modèle de déclaration d'expédition. Les consignes ne sont pas nécessaires pour les envois de colis exceptés.

d) Dispositions concernant le véhicule

Le véhicule doit posséder une assurance spécifique autorisant ce type de transport et être doté :

- d'un système d'attache permettant d'arrimer solidement les colis,
- d'un extincteur (capacité 2 kg en poudre ou équivalent) dans la cabine, permettant au

minimum de combattre un incendie du moteur ou de la cabine,

- d'un extincteur (capacité 2 kg en poudre ou équivalent pour les véhicules légers, 6 kg pour les autres véhicules) apte à combattre un incendie de pneumatique, des freins ou du chargement.
- d'équipements divers : une cale, deux signaux d'avertissement autoporteurs (cône ou triangle réfléchissant par exemple), du liquide de rinçage pour les yeux, et, pour chaque membre d'équipage du véhicule, un baudrier ou vêtement fluorescent approprié, une lampe de poche, une paire de gants et un équipement de protection des yeux ainsi que tout équipement nécessaire à l'application des mesures indiquées dans les consignes écrites.
- d'un moyen de télécommunication.

e) Régime de déclaration des entreprises de transport

Les entreprises réalisant des opérations (acheminement, chargement ou déchargement, manutention pendant l'acheminement) de transport de substances radioactives non totalement exemptées sur le territoire national sont soumises à un régime de déclaration auprès de l'ASN depuis le 1^{er} janvier 2016.

9.3. Obligations de l'expéditeur

Elles sont nombreuses : classification des matières, utilisation d'emballages aptes au transport, définition de l'IT, étiquetage des emballages, chargement/déchargement, formation des intervenants, établissement des documents de transport, contrôle des emballages et des colis (débit de dose, non-contamination, bon état), qualification des colis.

De plus, le responsable de l'établissement où s'effectue un chargement de colis doit s'assurer que les dispositions suivantes sont respectées :

- réalisation du protocole de sécurité* avant l'opération,
- présence du document de transport pour le conducteur dans les documents de bord du véhicule,
- adaptation au transport à entreprendre et validité de l'attestation de formation du conducteur,
- signalisation et placardage du véhicule respectés,
- validité du certificat d'agrément du véhicule et adaptation du véhicule au transport à entreprendre,
- arrimage et calage corrects du ou des colis,
- respect des interdictions de chargement en commun en cas de transport non exclusif.

Face aux nombreuses obligations de cette réglementation, l'ADR précise que des programmes d'assurance de la qualité doivent être établis et appliqués, permettant de garantir la conformité avec les dispositions réglementaires applicables. Ainsi, des mesures doivent être définies dans un document pour contrôler tous les aspects relatifs aux opérations de transport. Ces dispositions impliquent :

- d'une part que l'organisation mise en place pour répondre aux exigences réglementaires, à tous les niveaux du processus, soit décrite dans un référentiel,
- d'autre part que l'identification des responsabilités partagées entre les différents intervenants soit exprimée dans les cahiers des charges annexés aux contrats lors d'opérations de sous-traitance.

Tout expéditeur doit également mettre en place un plan d'urgence (**sous-chapitre 9.6.**) relatif au transport de matières radioactives dont l'objectif est de mettre à disposition des pouvoirs publics les informations et moyens nécessaires pour éviter un événement (incident ou accident) survenant au cours d'une opération de transport ou en limiter les conséquences. Ce plan décrit notamment l'organisation mise en place en interne, les moyens mobilisables disponibles pendant les heures ouvrables et, si nécessaire, en dehors des heures ouvrables.

* Le Code du travail demande la réalisation d'un protocole de sécurité préalablement à toute opération de chargement/déchargement.

Ce protocole comprend toutes les indications et informations utiles à l'évaluation des risques de toute nature générés par l'opération (accès sur site, stationnement, chargement/déchargement) et les mesures de prévention et de sécurité qui doivent être observées à chacune des phases de sa réalisation. L'élaboration du protocole est à la charge de l'entité d'accueil (laboratoire).

9.4. Programme de protection radiologique

Un programme de protection radiologique doit être mis en place pour les travailleurs impliqués dans une activité de transport. Sa nature et l'ampleur des mesures décrites sont en rapport avec la valeur et la probabilité des expositions aux rayonnements. Il précise notamment :

- l'étendue du programme,
- les rôles et responsabilités pour la mise en place du programme,
- l'évaluation et l'optimisation des doses individuelles,
- les limites de dose,
- la formation des intervenants.

Ce programme, ainsi que l'ensemble des documents permettant d'assurer la traçabilité des transports réalisés dans le respect de la réglementation existante sont tenus à la disposition de l'autorité chargée des inspections en matière de transport de substances radioactives.

L'ASN assure le suivi de la bonne application de la réglementation auprès des différents intervenants.

9.5. Déclaration des incidents et accidents

Un guide relatif aux modalités de déclaration des événements liés au transport de substances radioactives sur la voie publique terrestre, par voie

maritime ou par voie aérienne est téléchargeable sur le site de l'ASN.

Il renvoie notamment à deux formulaires type :

- le formulaire de déclaration d'événement de transport de substances radioactives (DES/EST),
- le modèle de compte-rendu d'événement significatif (CRES/EST).

Il présente les critères de déclaration des événements significatifs impliquant le transport (EST) (**Fiche 21**). Les événements présentant un intérêt mais ne rentrant pas dans les critères des EST sont des événements intéressant la sûreté des transports (EIT). Contrairement aux EST, il n'y a pas d'obligation de déclarer un EIT.

Le déclarant d'un EST est l'identité qui détecte l'événement. Le délai pour transmettre une déclaration d'EST est de 4 jours ouvrés suivant sa détection. Le compte rendu d'événement significatif doit être transmis par l'expéditeur dans les 2 mois suivant la détection de l'EST.

Les destinataires de la déclaration et du compte rendu sont :

- l'ASN - DTS (direction du transport et des sources),
- l'IRSN,
- le Préfet de département (déclaration uniquement),
- l'expéditeur identifié le cas échéant (déclaration uniquement),
- la division de l'ASN territorialement compétente (compte-rendu uniquement).

La déclaration comporte le mode de transport utilisé, les renseignements sur le type de colis impliqué (matière et emballage), une description

de l'incident/accident, les mesures conservatoires prises, une description des conséquences potentielles et réelles, les actions entreprises ou envisagées pour éviter tout renouvellement. Elle doit prendre en compte les critères de classement de l'échelle INES, et proposer un niveau de classement par rapport à cette échelle.

9.6. Plans d'urgence

L'ADR précise que « tous les intervenants doivent prendre les mesures appropriées selon la nature et l'ampleur des dangers prévisibles, afin d'éviter les dommages et d'en minimiser les effets ».

Il appartient donc aux expéditeurs de mettre en place des procédures d'urgence appropriées pour gérer les éventuels accidents et incidents pouvant survenir pendant les opérations de transport.

Ces procédures concernent les opérations de transport mais également les conditions associées aux mouvements de matière radioactive : préparation colis, chargement/déchargement, transit...

Les éléments devant apparaître dans le plan d'urgence sont :

- la définition des responsabilités fonctionnelles
- les moyens de liaisons externes / internes
- les noms des personnes et entités à contacter
- les informations à transmettre aux entités
- la définition des matières transportées
- l'identification des types de colis
- les moyens à mettre en œuvre pour récupérer un colis endommagé.

Annexe 1.

Principaux textes réglementaires et normes françaises

Sources scellées - sources non scellées

Code de la Santé Publique

Partie législative : Articles L 1333-1 à L 1333-32

Partie réglementaire : Articles R 1333-1 à R 1333-112

Code du Travail

Articles R 4121-1 à R 4121-4

Articles D 4152-4 à D 4152-7

Articles D 4153-33 et 34, D 4154-1

Articles R 4451-1 à R 4451-144

Articles R 4511-1 à R 4515-11

Autorisation au titre du Code de la Santé Publique

Arrêté du 30 octobre 2008 portant homologation de la décision n° 2008-DC-0109 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 19 août 2008 relative au contenu détaillé des informations qui doivent être jointes aux demandes d'autorisation de distribution (fournisseurs), d'importation ou d'exportation dans le cadre de la distribution de radionucléides ou de dispositifs en contenant ou de renouvellement de ces autorisations.

Arrêté du 22 septembre 2010 portant homologation de la décision n° 2010-DC-0192 de l'ASN du 22 juillet 2010 relative au contenu détaillé des informations qui doivent être jointes aux demandes d'autorisation ou de renouvellement d'autorisation en application de l'article R1333-43 du Code de la santé publique.

Prévention des risques d'exposition aux rayonnements ionisants

Circulaire DGT/ASN n° 04 du 21 avril 2010 relative aux mesures de prévention des risques d'exposition aux rayonnements ionisants.

Contrôle

Arrêté du 21 mai 2010 portant homologation de la décision n° 2010-DC-0175 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 4 février 2010 précisant les modalités techniques et les périodicités des contrôles prévus aux articles R. 4452-12 et R.4452-13 du Code du travail ainsi qu'aux articles R.1333-7 et R.1333-95 du Code de la santé publique.

Dosimétrie

Arrêté du 1^{er} septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants.

Arrêté du 17 juillet 2013 relatif à la carte de suivi médical et au suivi dosimétrique des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants.

Déchets

Arrêté du 9 octobre 2008 modifié relatif à la nature des informations que les responsables d'activité nucléaire et les entreprises mentionnées à l'article L.1333-10 du Code de la santé publique ont obligation d'établir, de tenir à jour et de transmettre périodiquement à l'ANDRA (modifié par arrêté du 4 avril 2014).

Annexe 1. Principaux textes réglementaires et normes françaises (suite)

Arrêté du 23 juillet 2008 portant homologation de la décision n° 2008-DC-0095 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 29 janvier 2008 fixant les règles techniques auxquelles doit satisfaire l'élimination des effluents et des déchets contaminés par les radionucléides, ou susceptibles de l'être du fait d'une activité nucléaire, prise en application des dispositions de l'article R. 1333-12 du Code de la santé publique.

Guide ASN n° 18 : Élimination des effluents et des déchets contaminés par des radionucléides produits dans les installations autorisées au titre du Code de la santé publique.

ANDRA: guide d'enlèvement des déchets radioactifs. De la collecte au stockage.

Événement significatif

Guide ASN n° 30 : modalités de déclaration des événements liés au transport de substances radioactives sur la voie publique terrestre, par voie maritime ou par voie aérienne.

Guide ASN n° 11 : modalités de déclaration et codification des critères relatifs aux événements significatifs dans le domaine de la radioprotection hors INB et transport de matières radioactives.

Formation de la PCR

Arrêté du 6 décembre 2013 relatif aux modalités de formation de la personne compétente en radioprotection et de certification des organismes de formation.

Arrêté du 24 novembre 2009 portant homologation de la décision n° 2009-DC-0147 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 16 juillet 2009 fixant les conditions d'exercice des fonctions d'une personne compétente en radioprotection externe à l'établissement en application de l'article R. 4456-4 du Code du travail.

Radioactivité naturelle et radon

Arrêté du 8 décembre 2008 portant homologation de la décision n° 2008-DC-0110 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 26 septembre 2008 relative à la gestion du risque lié au radon dans les lieux de travail.

Arrêté du 7 août 2008 relatif à la gestion du risque lié au radon dans les lieux de travail.

Arrêté du 5 juin 2009 portant homologation de la décision n° 2009-DC-0135 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 7 avril 2009 relative aux conditions suivant lesquelles il est procédé à la mesure de l'activité du radon, prise en application des dispositions de l'article R. 1333-15 du Code de la santé publique.

Arrêté du 22 juillet 2004 relatif aux modalités de gestion du risque lié au radon dans les lieux ouverts au public.

Arrêté du 14 avril 2006 relatif aux conditions d'agrément d'organismes habilités à procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public.

Arrêté du 22 juillet 2015 portant homologation de la décision n° 2015-DC-0506 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 9 avril 2015 relative aux conditions suivant lesquelles il est procédé à la mesure de l'activité du radon prise en application de l'article R. 1333-15 du Code de la santé publique.

Arrêté du 30 janvier 2015 désignant l'Autorité de sûreté nucléaire comme organisme chargé du recueil des résultats des mesures du radon réalisées par les organismes agréés.

Arrêté du 5 juin 2009 portant homologation de la décision n° 2009-DC-0135 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 7 avril 2009 relative aux conditions suivant lesquelles il est procédé à la mesure de l'activité du radon, prise en application des dispositions de l'article R. 1333-15 du Code de la santé publique.

Annexe 1. Principaux textes réglementaires et normes françaises (suite)

Arrêté du 8 juin 2015 portant homologation de la décision n° 2015-DC-0507 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 9 avril 2015 relative aux règles techniques de transmission des résultats de mesure du radon réalisées par les organismes agréés et aux modalités d'accès à ces résultats prise en application des dispositions de l'article R. 1333-16 du Code de la santé publique.

Arrêté du 25 mai 2005 relatif aux activités professionnelles mettant en œuvre des matières premières contenant naturellement des radionucléides non utilisés en raison de leurs propriétés radioactives.

Circulaire du 11 juillet 2005 relative aux activités professionnelles mettant en œuvre des matières premières contenant naturellement des radionucléides - Mise en œuvre des dispositions de l'arrêté du 25 mai 2005.

Gestion des sources radioactives

Arrêté du 23 octobre 2009 portant homologation de la décision n° 2009-DC-0150 du 16 juillet 2009 de l'Autorité de sûreté nucléaire définissant les critères techniques sur lesquels repose la prolongation de la durée d'utilisation des sources radioactives scellées accordée au titre de l'article R. 1333-52 du Code de la santé publique.

Arrêté du 27 octobre 2015 portant homologation de la décision n° 2015-DC-0521 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 8 septembre 2015 relative au suivi et aux modalités d'enregistrement des radionucléides sous forme de sources radioactives et de produits ou dispositifs en contenant.

IAEA TECDOC N° 1344 : Categorization of radioactive sources.

Guide de sûreté N°RS-G-1.9 : Catégorisation des sources radioactives.

Transport

Arrêté du 29 mai 2009 modifié relatif aux transports de marchandises dangereuses par voies terrestres (dit « arrêté TMD »).

Arrêté du 22 mars 2001 relatif aux envois postaux de matières radioactives.

Arrêté du 24 juillet 2015 portant homologation de la décision n° 2015-DC-503 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 12 mars 2015 relative au régime de déclaration des entreprises réalisant des transports de substances radioactives sur le territoire français.

Zonage

Arrêté du 15 mai 2006 modifié relatif aux conditions de délimitation et de signalisation des zones surveillées et contrôlées et des zones spécialement réglementées ou interdites compte tenu de l'exposition aux rayonnements ionisants, ainsi qu'aux règles d'hygiène, de sécurité et d'entretien qui y sont imposées (article 23 modifié par l'arrêté du 15 mai 2014).

Circulaire DGT/ASN n° 01 du 18 janvier 2008 relative à l'arrêté du 15 mai 2006 relatif aux conditions de délimitation et de signalisation des zones surveillées et contrôlées et des zones spécialement réglementées ou interdites compte tenu de l'exposition aux rayonnements ionisants, ainsi qu'aux règles d'hygiène, de sécurité et d'entretien qui y sont apposées.

Annexe 1. Principaux textes réglementaires et normes françaises (suite)

Normes Françaises

NF EN ISO 2919

Radioprotection - Sources radioactives scellées - Exigences générales et classification.

NF ISO 7503-1

Évaluation de la contamination de surface - Partie 1 : émetteurs bêta (énergie bêta maximale supérieure à 0,15 MeV) et émetteurs alpha.

NF ISO 7503-2

Évaluation de la contamination de surface - Partie 2 : Contamination de surface par le tritium.

NF ISO 7503-3

Évaluation de la contamination de surface - Partie 3 : émetteurs à transition isométrique et capture électronique, émetteurs bêta basse énergie (énergie bêta maximale inférieure à 0,15 MeV).

NF ISO 9978

Radioprotection - Sources radioactives scellées - Méthodes d'essai d'étanchéité.

NF EN 14175-1

Sorbonnes ; Partie 1 : vocabulaires.

NF EN 14175-2

Sorbonnes ; Partie 2 : exigences de sécurité et de performances.

NF EN 14175-3

Sorbonnes ; Partie 3 : méthodes d'essai et de type.

NF EN 14175-4

Sorbonnes - Partie 4 : méthodes d'essai sur site.

NF X 15-206

Sorbonnes de laboratoire - Seuil pour l'essai de confinement.

NF ISO 17873

Installations nucléaires - Critères pour la conception et l'exploitation des systèmes de ventilation des installations nucléaires autres que les réacteurs nucléaires.

NF M 60-101

Énergie nucléaire - Signalisation applicable aux rayonnements ionisants - Schéma de base.

NF M 61-002

Énergie nucléaire - Sources radioactives scellées - Généralités et classification.

NF M 61-004

Substances radioactives non scellées - Identification et certificat.

CEI 61559-1

Instrumentation pour la radioprotection dans les installations nucléaires - Ensembles centralisés pour la surveillance en continu des rayonnements et/ou des niveaux de radioactivité - Partie I : exigences générales.

NF M 62-102

Radioprotection - Installations de radiologie gamma.

NF M 62-103

Radioprotection - Installations de radiologie gamma industrielle - Atténuation des rayonnements ionisants par les écrans de protection.

Annexe 2.

Formulaires ASN de demandes d'autorisation

Les formulaires sont téléchargeables sur le site de l'ASN, rubrique « professionnels »
<https://www.asn.fr/Professionnels/Tous-les-formulaires>

Nota bene

➤ Les formulaires de l'ASN présentés dans ce guide sont susceptibles d'évoluer. Il est donc recommandé de consulter régulièrement le site de l'ASN.

Les différents types de formulaires

Formulaires de demande initiale, renouvellement, modification

Ils sont à utiliser quel que soit le motif de la demande : initiale (première autorisation), renouvellement, changement de titulaire d'autorisation, de locaux, extension d'activité (nouveaux radionucléides ou augmentation de l'activité détenue).

Ils doivent être accompagnés d'un dossier justificatif.

- Formulaire AUTO/IND/SNS

Demande d'autorisation de détenir, d'utiliser ou de fabriquer (pour compte propre) des sources radioactives non scellées (et scellées associées) (publié le 22/06/2015).

- Formulaire AUTO/IND/SS

Demande d'autorisation de détenir, d'utiliser ou de fabriquer des sources radioactives scellées (publié le 31/03/2012).

Formulaires particuliers

Ils concernent la cessation définitive d'une activité nucléaire, l'import/export (hors activité de distribution), ou la demande de prolongation de la durée d'utilisation de sources scellées au-delà de 10 ans :

- Formulaire AUTO/CESSAT

Cessation d'activité(s) nucléaire(s) soumise(s) à autorisation – Tous domaines (hors installation nucléaire de base) (publié le 14/04/2014).

- Formulaire AUTO/IMPEXP

Demande d'autorisation d'importer/exporter des sources radioactives en vue de leur utilisation (publié le 08/06/2013).

- Formulaire AUTO/RN/PROL

Demande d'autorisation de prolonger la durée d'utilisation des sources radioactives scellées (publié le 13/05/2013).

Tous ces formulaires **imprimés et signés** doivent être adressés par voie postale **en recommandé avec accusé de réception** à la division de l'ASN territorialement compétente, accompagnés des pièces justificatives.

Principales rubriques d'un formulaire

Demandeur/établissement demandeur (Paragraphe 3.1.3.)

Pour les laboratoires de recherche hébergés par le CNRS, le demandeur est le directeur d'unité en tant que personne physique.

Annexe 2. Formulaire ASN de demandes d'autorisation (suite)

Le chef d'établissement correspond à l'hébergeur de l'unité.
La délivrance d'une autorisation à une personne morale ne peut être délivrée à une UMR.

Motif de la demande

La simple détention de substances radioactives doit faire l'objet d'une autorisation.

La nature de la demande doit être précisée (première autorisation, renouvellement ou modification) ainsi que le type d'activité envisagé (détention, utilisation ou fabrication).

Organisation de la radioprotection

Les informations concernent la (ou les) personne(s) compétente(s) en radioprotection de l'unité.

Le temps consacré à la mission doit être suffisant et fonction de la nature et de l'ampleur des risques.

Activité envisagée

Cette rubrique permet de vérifier l'application du principe de justification de l'activité nucléaire.

Caractéristiques des sources de rayonnements ionisants

Le détail des radionucléides détenus et/ou utilisés est demandé.

L'activité totale détenue correspond à l'activité maximale présente compte tenu des opérations envisagées. Elle intègre :

- pour les sources scellées : les quantités présentes dans les appareils, celles en attente d'emploi ou de reprise, celles en projet d'acquisition ainsi que les sources détenues en prêt.

- pour les sources non scellées : les sources en attente d'utilisation et en cours d'utilisation (solutions mères, sous-solutions) et celles liées aux déchets et effluents contaminés.

L'activité manipulée correspond à l'activité maximale mise en œuvre lors d'une expérimentation pour chaque radionucléide.

Lieux où s'exerce l'activité

Cette rubrique concerne les locaux d'entreposage et d'utilisation qu'ils soient réguliers ou occasionnels (y compris, pour les sources non scellées, les locaux d'entreposage des déchets).

Élimination des effluents et déchets contaminés

Cette rubrique est spécifique aux sources non scellées et concerne la description des types de déchets générés (liquide, solide, gazeux...) et leurs modalités d'élimination.

Pièces à joindre en appui de la demande

Selon la nature de la demande, plusieurs pièces doivent être transmises.

Engagement du demandeur

Les deux signataires sont le directeur d'unité et le chef d'établissement, hébergeur de la structure. La PCR apporte son visa.

Annexe 2. Formulaires ASN de demandes d'autorisation (suite)

Cas particulier des sources non scellées soumises à consultation du public

Pour les sources non scellées, le calcul du facteur Q (cf. paragraphe V du formulaire AUTO/IND/SNS) permet de déterminer si la demande est soumise à consultation du public ($Q > 10^4$). L'ensemble des radionucléides détenus doit être pris en compte dans le calcul (activité maximale en attente et en cours d'utilisation ainsi que celle présente dans les déchets et effluents contaminés).

Les demandes d'autorisation de détention/utilisation de sources non scellées qui sont susceptibles d'avoir une incidence sur l'environnement font l'objet d'une consultation auprès du public. Dans ce cadre, les pièces A6, A28, B8 et C6 demandées au paragraphe VIII du formulaire AUTO/IND/SNS sont mises à disposition du public.

Contenu des informations et pièces justificatives à joindre lors d'une demande

Les tableaux qui suivent explicitent en tant que de besoin le contenu des pièces à transmettre, citées aux paragraphes VIII « pièces à joindre à l'appui de la demande » des formulaires sources scellées (AUTO/IND/SS) et sources non scellées (AUTO/IND/SNS).

L'ensemble des documents listés dans la décision ASN n°2010-DC-0192 du 22/07/2010 doit être en possession du demandeur et conservé à la disposition des autorités de contrôle. L'attention est notamment attirée sur la nécessité de détenir les documents suivants bien que n'apparaissant pas aux paragraphes VIII des formulaires ASN :

- la description des conditions de transport : cela concerne les opérations de réception/évacuation des sources et déchets (procédures, contrôles mis en place, documents, sur la base de la réglementation du transport de matières dangereuses).
- les mesures spécifiques applicables aux personnes extérieures à l'entité en matière d'accès aux sources, d'accompagnement, d'organisation de la radioprotection, de moyens mis à disposition, de plan de prévention...
- le programme des contrôles pour les sources scellées.

Avertissement

Dans les tableaux qui suivent, **chaque pièce mentionnée doit être transmise à l'ASN**. Dans le cas où certaines d'entre elles seraient sans objet ou non applicables pour la situation considérée, il faut en expliciter la (les) raison(s).

Pour une pièce donnée, les commentaires inscrits en italique sont une aide permettant de cerner le contour et le contenu de la pièce considérée.

Annexe 2. Formulaires ASN de demandes d'autorisation (suite)

Pièces à joindre en appui de la demande initiale d'autorisation

Pièces à joindre	N° de pièce/formulaire		
	AUTO/IND/SS (version du 31/03/2012)	AUTO/IND/SNS (version du 22/06/2015)	
Demandeur <ul style="list-style-type: none"> Document justificatif de la qualification du demandeur, soit par sa compétence en radioprotection, soit par sa position hiérarchique démontrant sa capacité à encadrer l'activité. 	→ Joindre le CV du demandeur ou l'organigramme de l'unité et préciser la qualité du demandeur, attestée par la décision de nomination du directeur d'unité.	A1	A5
Établissement demandeur <ul style="list-style-type: none"> Un document attestant du statut juridique de l'entreprise (extrait K-bis, déclaration URSSAF...). 	→ Joindre le document de situation au répertoire SIRENE. L'unité doit avoir un numéro de SIRET propre et ne pas utiliser celui d'un autre établissement ou entité.	A2	A1
<ul style="list-style-type: none"> En cas d'utilisation partagée d'un équipement, un document décrivant la répartition des responsabilités. 	→ Établir et joindre une convention, précisant les dispositions incombant à chaque partie (modalités d'accès et d'utilisation de l'équipement, modalités de réalisation et de prise en charge des contrôles interne et externe).	A3	A3
<ul style="list-style-type: none"> Dans le cas d'une structure mixte (GIE, GIP...), une copie de la convention constitutive. 	→ La convention de création de l'unité et/ou celle établissant les relations entre organismes partenaires d'une UMR est parfois à fournir.	A4	A4
Motif de la demande <ul style="list-style-type: none"> Les justificatifs des statuts auxquels est soumis l'établissement dans le cadre d'autres réglementations applicables (installation nucléaire de base, installation classée pour la protection de l'environnement...). 	→ Joindre une copie du récépissé de déclaration, arrêté d'autorisation ... ou du décret de création pour les INB.	A5	A7
<ul style="list-style-type: none"> Un résumé descriptif non technique de la demande décrivant le projet. 			A6

Annexe 2. Formulaire ASN de demandes d'autorisation (suite)

Pièces à joindre	N° de pièce/formulaire		
	AUTO/IND/SS (version du 31/03/2012)	AUTO/IND/SNS (version du 22/06/2015)	
<p>Organisation de la radioprotection</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'attestation de réussite à la formation de PCR en cours de validité. 	A6	A8	
<ul style="list-style-type: none"> • Le document de désignation de la PCR signé par l'employeur et mentionnant ses missions. 	<p>→ <i>Modèle de désignation téléchargeable sur Doc'utiles pour le CNRS.</i></p> <p>→ <i>Les missions peuvent être précisées dans une note annexe ; un document d'aide à la désignation des PCR se trouve en annexe 3 du présent guide.</i></p>	A7	A9
<ul style="list-style-type: none"> • Un descriptif de l'organisation mise en place ou envisagée en matière de radioprotection (existence d'un service compétent en radioprotection, moyens alloués, astreinte, suppléance...). 	<p>→ <i>Si plusieurs PCR sont désignées, transmettre les documents pour chacune, ainsi que la répartition des missions.</i></p> <p>→ <i>L'ASN demande une note annexe à la désignation précisant les missions précises de la PCR, le pourcentage de temps de travail consacré à la fonction de PCR, les moyens mis à disposition (en personnel, budget, appui d'autres services...).</i></p>	A8	A10

Annexe 2. Formulaires ASN de demandes d'autorisation (suite)

Pièces à joindre	N° de pièce/formulaire	
	AUTO/IND/SS (version du 31/03/2012)	AUTO/IND/SNS (version du 22/06/2015)
<p>Caractéristiques des sources de rayonnements ionisants</p> <ul style="list-style-type: none"> Tout élément permettant d'identifier les sources de rayonnements ionisants concernées par l'activité nucléaire, notamment : <p>A. Pour une source scellée non contenue dans un appareil : la finalité d'utilisation de la source, sa forme physico-chimique, le radionucléide, l'activité, la référence, la catégorie de la source (source scellée de haute activité au sens de l'annexe 13-8 du Code de la santé publique, catégorie 1 à 5 au sens de la catégorisation IAEA-TECDOC-1344), le fabricant, le fournisseur de la source ;</p> <p>B. Pour un appareil contenant une source radioactive : la finalité d'utilisation de l'appareil, le fabricant, le fournisseur, le modèle, le radionucléide contenu, l'activité de la source contenue, l'activité totale mise en jeu dans le cadre de l'activité nucléaire envisagée ainsi que la catégorie des sources contenues dans l'appareil (source scellée de haute activité au sens de l'annexe 13-8 du Code de la santé publique, catégorie 1 à 5 au sens de la catégorisation IAEA-TECDOC-1344), le nombre d'appareils concernés par la demande, le distributeur envisagé, des informations relatives au chargement/déchargement des sources dans l'appareil.</p>	<p>→ Sources scellées de haute activité (SSHA) : se reporter au tableau C de l'annexe 13-8 du Code de la santé publique qui détermine les seuils par radionucléide au-dessus desquels une source scellée est considérée comme SSHA.</p> <p>→ Catégorisation IAEA-TECDOC-1344 : voir « Catégorisation des sources radioactives : publication AIEA-TECDOC-1344 » en fin de la présente annexe.</p>	<p>A9</p> <p>A11</p>
<ul style="list-style-type: none"> Les documents établissant la conformité des appareils aux normes applicables et aux règles techniques minimales de conception d'exploitation et de maintenance. 	<p>→ Concerne les appareils contenant des sources : transmettre une copie des certificats de conformité aux normes ou la documentation technique permettant de satisfaire aux exigences normatives.</p>	<p>A10</p>
<ul style="list-style-type: none"> La justification de l'activité totale qui sera utilisée par radionucléide. 		<p>A11</p> <p>A12</p>
<ul style="list-style-type: none"> Les conditions de mise en œuvre : instructions d'opération, de maintenance et d'entretien, exigences minimales... 		<p>A12</p> <p>A13</p>

Annexe 2. Formulaire ASN de demandes d'autorisation (suite)

Pièces à joindre	N° de pièce/formulaire		
	AUTO/IND/SS (version du 31/03/2012)	AUTO/IND/SNS (version du 22/06/2015)	
<ul style="list-style-type: none"> Si les sources de rayonnements ionisants ne sont pas fournies par un distributeur dûment autorisé par l'ASN, y compris en cas de fabrication pour compte propre, l'ensemble des informations demandées dans le cadre d'un dossier de demande de distribution tel que décrit dans les décisions ASN afférentes devra être fourni. 	<p>→ <i>L'exhaustivité des informations à transmettre est consultable dans l'arrêté du 30 octobre 2008 relatif au contenu détaillé des informations qui doivent être jointes aux demandes d'autorisation de distribution (fournisseurs), d'importation, ou d'exportation dans le cadre de la distribution de radionucléides ou de dispositifs en contenant ou de renouvellement de ces autorisations. Lorsque la finalité de l'utilisateur n'est pas de distribuer des sources sur le territoire français, la majorité des pièces à fournir sont peu nombreuses.</i></p>	A13	A14
<p>Dispositions concourant à la radioprotection</p> <ul style="list-style-type: none"> L'évaluation des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs liés à la détention et à l'utilisation des sources de rayonnements ionisants. 	<p>→ <i>Document explicitant la nature et le type de sources de rayonnement, les fréquences d'utilisation (ponctuelle, continue, par campagne), les temps de présence ou d'utilisation des sources, les risques liés à la nature des sources et aux activités mises en œuvre, l'existence de risques associés (chimique, biologique...), sans omettre les déchets. Si le document unique d'évaluation des risques professionnels traite de ces aspects, une copie peut être transmise.</i></p>	A14	A15
<ul style="list-style-type: none"> Les dispositions mises en œuvre en matière de définition et délimitation des zones réglementées. 	<p>→ <i>Fournir les analyses et calculs permettant de déterminer le zonage de l'installation. Aborder l'aspect « zone temporaire » si nécessaire et les dispositions de déclassement / classement. Préciser la notion de délimitation (zonage limité à une partie d'un local ou non) et présenter les signalisations mises en place pour délimiter une zone.</i></p>	A15	A16

Annexe 2. Formulaire ASN de demandes d'autorisation (suite)

Pièces à joindre	N° de pièce/formulaire		
	AUTO/IND/SS (version du 31/03/2012)	AUTO/IND/SNS (version du 22/06/2015)	
<ul style="list-style-type: none"> • Une analyse prévisionnelle générique des doses susceptibles d'être reçues aux différents postes de travail. 	<p>→ À réaliser pour chaque poste de travail. Il s'agit de l'étude de poste permettant in fine la classification des agents. Les différents postes de travail spécifiques liés à l'activité de la PCR doivent être pris en compte. Pour les protocoles expérimentaux très évolutifs, des évaluations globales dites « enveloppes » peuvent être acceptées dès lors qu'elles prennent en compte les situations d'exposition les plus pénalisantes.</p>	A16	A17
<ul style="list-style-type: none"> • Les modalités de classement et de suivi médical du personnel. 	<p>→ Préciser la démarche de classement : cumul des doses prévisionnelles reçues à chaque poste de travail en fonction des périodicités d'exposition (exposition externe/interne/extrémités) et prise en compte des situations incidentelles. Aborder la consultation du médecin pour l'avis sur le classement, l'aptitude, ainsi que l'établissement de la fiche individuelle d'exposition aux rayonnements ionisants (FIERI). Préciser les périodicités du suivi médical des agents classés et les relations entre médecin de prévention et PCR.</p>	A17	A18
<ul style="list-style-type: none"> • Les dispositions mises en œuvre en matière de suivi dosimétrique du personnel. 	<p>→ Préciser la nature de la surveillance dosimétrique (externe, interne, fréquence) ; joindre une copie du document de souscription à une prestation de suivi dosimétrique.</p>	A18	A19
<ul style="list-style-type: none"> • La liste des appareils et dispositifs de mesure disponibles concourant à la surveillance de l'exposition du personnel, mentionnant la date de leur dernière vérification. 	<p>→ Sous forme de tableau, ajouter la gamme d'énergie de fonctionnement des appareils de mesure.</p>	A19	A20
<ul style="list-style-type: none"> • Les protocoles ou procédures d'utilisation des sources de rayonnements ionisants. 	<p>→ Joindre les protocoles expérimentaux simplifiés.</p>		A21

Annexe 2. Formulaire ASN de demandes d'autorisation (suite)

Pièces à joindre	N° de pièce/formulaire		
	AUTO/IND/SS (version du 31/03/2012)	AUTO/IND/SNS (version du 22/06/2015)	
<ul style="list-style-type: none"> Les consignes de sécurité et de travail liées à l'utilisation et la détention des sources de rayonnements ionisants ; ces consignes incluent notamment les règles d'accès en zone réglementée. 	A20	A22	
<ul style="list-style-type: none"> L'identification des situations d'urgence éventuelles, ainsi que les dispositions retenues pour les prévenir et y faire face ; en cas de détention de sources radioactives scellées de haute activité, le plan d'urgence interne (PUI). 	<p>→ <i>Le PUI décrit, pour les scénarii accidentels, l'ensemble des dispositions prises et moyens d'intervention et de gestion/pilotage de la situation mis en place, acteurs interne(s) et externe(s).</i></p>	A21	
<ul style="list-style-type: none"> L'identification des situations d'urgence éventuelles, ainsi que les dispositions retenues pour les prévenir et y faire face. 	<p>→ <i>Décrire les situations d'urgence plausibles : principalement incendie, vol, exposition interne accidentelle.</i></p>	A23	
<ul style="list-style-type: none"> Les dispositions particulières mises en œuvre liées à la détention et à l'utilisation de sources scellées de haute activité. 	<p>→ <i>Différents aspects sont à aborder : sécurisation des sources contre les actes de malveillance, limitation des personnels ayant accès aux sources, utilisation des sources (consignes renforcées et contrôles), formation renforcée des personnels.</i></p>	A22	
<ul style="list-style-type: none"> Les justificatifs de formation et d'information des personnes amenées à manipuler les sources de rayonnements ionisants (le cas échéant, la liste nominative des personnes titulaires du certificat d'aptitude à manipuler les appareils de radiologie industrielle (CAMARI), avec copie du certificat). 	<p>→ <i>Transmettre une copie des documents supports liés à la formation (diaporama, consignes, livret radioprotection ...) et le document de traçabilité des personnes formées (feuille d'émargement et date). Outre les fondamentaux de la radioprotection, la formation doit également intégrer les aspects organisationnels et les spécificités des pratiques du fait des activités de recherche réalisées.</i></p>	A23	A24

Annexe 2. Formulaire ASN de demandes d'autorisation (suite)

Pièces à joindre	N° de pièce/formulaire	
	AUTO/IND/SS (version du 31/03/2012)	AUTO/IND/SNS (version du 22/06/2015)
<ul style="list-style-type: none"> • En cas de détention de sources radioactives scellées de haute activité, les justificatifs d'une formation renforcée des personnes amenées à manipuler les sources de rayonnements ionisants, en particulier sur les aspects relatifs à la sûreté et aux conséquences possibles de la perte du contrôle adéquat des sources. 	<p>→ Transmettre une copie des documents supports utilisés qui préciseront les dispositions prises contre le vol, la gestion des accès situés auprès des sources, la prévention contre les risques d'exposition, contre le risque incendie.</p>	A24
<ul style="list-style-type: none"> • Un document décrivant les dispositions mises en œuvre en matière de gestion des sources de rayonnements ionisants et de leurs mouvements. 	<p>→ Expliciter l'organisation mise en place pour gérer les sources et présenter les documents de traçabilité permettant d'assurer le suivi et l'inventaire.</p>	A25 A26
<ul style="list-style-type: none"> • Un document décrivant les dispositions mises en œuvre pour pallier le risque de vol, d'incendie, de perte ou de dégradation des sources de rayonnements ionisants. 	<p>→ Expliciter l'organisation et présenter les moyens de prévention mis en place pour prévenir ces risques. Quelques exemples :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aspects organisationnels : gardiennage et rondes, gestion des alarmes, poste de surveillance, poste de garde, • Moyens de prévention contre le vol : accès sécurisé aux bâtiments et locaux de manipulation, coffre de stockage des sources, gestion des clefs et passes, rondes de gardiennage... • Moyens de prévention contre l'incendie : détection incendie, gestion de l'alarme, service de sécurité incendie, extincteurs, rondes de gardiennage... • Dégradation des sources : pas d'entreposage en locaux inondables, vérification avant achat de l'adéquation entre les contraintes d'utilisation des sources et leurs caractéristiques et critères de conception (normes de fabrication) • Éventuellement, insérer des plans détaillés de chaque pièce indiquant les zones de manipulation et de stockage, la localisation des extincteurs et des détections incendie quand elles existent. 	A26 A27

Annexe 2. Formulaires ASN de demandes d'autorisation (suite)

Pièces à joindre	N° de pièce/formulaire	
	AUTO/IND/SS (version du 31/03/2012)	AUTO/IND/SNS (version du 22/06/2015)
<ul style="list-style-type: none"> Le plan de gestion des déchets et effluents contaminés ou susceptibles de l'être. 	<p>→ Le contenu est explicité dans l'arrêté du 23 juillet 2008 fixant les règles techniques auxquelles doit satisfaire l'élimination des effluents et des déchets contaminés par des radionucléides, ou susceptibles de l'être du fait d'une activité nucléaire, pris en application des dispositions de l'article R.1333-12 du Code de la santé publique (Fiche 19 - plan de gestion des déchets).</p>	A28
<ul style="list-style-type: none"> La convention établie entre les établissements utilisant des moyens communs dans le cadre de la gestion des déchets et effluents contaminés ou susceptibles de l'être. 	<p>→ Convention à établir en cas d'utilisation d'une soude à déchets commune à plusieurs laboratoires. Si la soude est gérée au niveau d'un campus, elle doit être autorisée, un plan de gestion des déchets et effluents est à établir au niveau du campus.</p>	A29
<ul style="list-style-type: none"> Pour chaque type de chantiers extérieurs envisagé (ou utilisation sur des lieux occasionnels) : les dispositions mises en œuvre pour optimiser la dose, effectuer l'évaluation prévisionnelle de dose, établir les consignes de délimitation des zones d'opération, effectuer les contrôles sur chantier, assurer l'entreposage du matériel sur place... 	<p>→ Ce type d'utilisation est rare dans les activités de recherche. Pour l'ASN elle vise principalement les activités de gammagraphie sur chantier.</p>	A27 A30
<ul style="list-style-type: none"> Les modalités d'accès des personnes aux sources de rayonnements ionisants. 	<p>→ Indiquer les dispositions organisationnelles mises en place pour l'accès aux sources : stockage centralisé et géré par la PCR ou accès direct aux sources, dispositions documentaires de délivrance d'une source (feuille d'émargement, cahier de prêt, cahier de prélèvement, fiche de vie...).</p> <p>→ Rappeler l'ensemble des dispositions prises avant l'accès aux sources : formation, aptitude médicale, FIERI, fourniture d'une dosimétrie adaptée, réalisation préalable de l'étude de poste pour des nouveaux protocoles, remise de consignes de travail spécifiques...</p>	A28 A31

Annexe 2. Formulaires ASN de demandes d'autorisation (suite)

Pièces à joindre	N° de pièce/formulaire	
	AUTO/IND/SS (version du 31/03/2012)	AUTO/IND/SNS (version du 22/06/2015)
<ul style="list-style-type: none"> • Les modalités de réalisation des opérations de maintenance, de démontage des appareils, et de chargement et déchargement des sources radioactives dans les appareils. <p style="text-align: right;"><i>→ Ces opérations sont en général réalisées par les fournisseurs, fabricants d'appareil – Préciser les conditions d'intervention et d'accueil (plan de prévention...), de vérification, si ces opérations ont lieu sur site. En cas de renvoi dans les installations du fournisseur, préciser les dispositions liées aux transports.</i></p>	A29	A32
<ul style="list-style-type: none"> • Si ces opérations ne sont pas réalisées par le fournisseur ou le fabricant : les qualifications des personnes effectuant ces opérations, la conformité aux procédures définies par le fabricant, les contrôles et vérifications préalables à la remise en service de l'appareil. 	A30	
<ul style="list-style-type: none"> • Si ces opérations ne sont pas réalisées par une société dûment autorisée : les qualifications des personnes effectuant ces opérations, la conformité aux procédures définies par le fabricant, les contrôles et vérifications préalables à la remise en service de l'appareil. 		A33
<p>Dispositions relatives aux installations Pour chaque lieu de détention/utilisation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un plan d'ensemble de l'établissement et un plan détaillé des locaux concernés par la détention et l'utilisation des sources de rayonnements ionisants. 	A31	A34
<ul style="list-style-type: none"> • Un descriptif des conditions de détention, d'utilisation et d'entreposage des sources de rayonnements ionisants. <p style="text-align: right;"><i>→ Description des stockages de sources (nature : coffre fermant à clef, soute, pots de sources, appareils ou dispositifs expérimentaux contenant des sources...), des conditions d'utilisation (locaux, protections collectives mises en œuvre, dispositifs expérimentaux particuliers), des accès et protections physiques des locaux de détention/utilisation.</i></p>	A32	

Annexe 2. Formulaire ASN de demandes d'autorisation (suite)

Pièces à joindre	N° de pièce/formulaire		
	AUTO/IND/SS (version du 31/03/2012)	AUTO/IND/SNS (version du 22/06/2015)	
<ul style="list-style-type: none"> Un document décrivant le type d'activité, les activités exercées et les conditions de détention/ utilisation dans tous les lieux où sont utilisées et/ou détenues des sources émettant des rayonnements ionisants. 	<p>→ Pour chaque local d'utilisation ou de détention : décrire les stockages de source (nature : coffre fermant à clef, soute, pots de sources, appareils ou dispositifs expérimentaux contenant des sources, stockage centralisé, en réfrigérateur...), les conditions d'utilisation (protections collectives mises en œuvre, dispositifs expérimentaux particuliers), la description des accès et des protections physiques des locaux de détention/utilisation, des locaux (paillasse, matériaux facilement décontaminables...).</p>	A37	A35
<ul style="list-style-type: none"> Un descriptif de l'aménagement des locaux où sont détenues ou utilisées les sources de rayonnements ionisants, incluant les systèmes de sécurité. 	<p>→ Pour chaque local d'utilisation ou de détention, décrire le système de sécurité afférent aux sources et aux autres risques présents (détection incendie, alarme anti intrusion, moyen de lutte contre l'incendie...).</p>	A33	A36
<ul style="list-style-type: none"> Les caractéristiques des installations de détention et d'utilisation des sources de rayonnements ionisants avec mention des normes d'installation respectées. 	<p>→ Préciser les normes de conception et d'installation suivies, règles de l'art ou documentations techniques.</p>	A34	A37
<ul style="list-style-type: none"> Les documents établissant la conformité des installations aux normes applicables et aux règles techniques minimales de conception d'exploitation et de maintenance. 	<p>→ Selon les cas, différents aspects sont à prendre en compte : ventilation, aération, cuves d'effluents, nature des revêtements de sol, des murs, filtration adaptée à la forme physico-chimique des radionucléides utilisés, installation électrique... Il s'agit des rapports de contrôle à réception ou ceux réalisés dans le cadre des vérifications périodiques.</p>	A35	A38
<ul style="list-style-type: none"> Une note de calcul justifiant le dimensionnement des parois et des éventuelles protections biologiques. 		A36	A39

Annexe 2. Formulaires ASN de demandes d'autorisation (suite)

Pièces à joindre	N° de pièce/formulaire	
	AUTO/IND/SS (version du 31/03/2012)	AUTO/IND/SNS (version du 22/06/2015)
<ul style="list-style-type: none"> Le descriptif du système de ventilation des locaux et des enceintes faisant notamment apparaître l'indépendance du système de ventilation du bâtiment et les points de rejets. 		A40
<ul style="list-style-type: none"> Pour les locaux utilisés ponctuellement, la justification de cette utilisation. <i>→ Exemple : campagne de réalisation des expériences ponctuelles.</i> 	A38	
<ul style="list-style-type: none"> En cas de détention/utilisation hors établissement, un document décrivant les conditions de détention/utilisation dans chacun de ces lieux. 		A41
<p>Contrôles de radioprotection</p> <ul style="list-style-type: none"> La liste des appareils de mesure disponibles, nécessaires à la réalisation des contrôles de radioprotection, mentionnant les rayonnements et les gammes d'énergie détectées. 	A39	A43
<ul style="list-style-type: none"> Le programme des contrôles réglementaires en matière de radioprotection. 		A42

Annexe 2. Formulaire ASN de demandes d'autorisation (suite)

Pièces à joindre en appui d'une demande de renouvellement d'autorisation

Pièces à joindre	N° de pièce/formulaire	
	AUTO/IND/SS (version du 31/03/2012)	AUTO/IND/SNS (version du 22/06/2015)
<ul style="list-style-type: none"> Un rapport de contrôle établi par un organisme agréé ou l'IRSN datant de moins d'un an, portant sur les contrôles prévus à l'article R. 1333-95 du Code de la santé publique et à l'article R. 4451-32 du Code du travail 	B1	B1
<ul style="list-style-type: none"> L'inventaire des actions mises en œuvre ou leur échéancier de réalisation afin de répondre aux éventuelles observations émises par l'organisme agréé ou l'IRSN dans ce rapport de contrôle. 	<p>→ Préciser l'inventaire des actions et l'échéancier de réalisation sous la forme d'un tableau (non-conformité, action, qui la réalise, échéance de réalisation, validation de sa réalisation).</p>	B2
<ul style="list-style-type: none"> Un rapport d'activité permettant notamment de présenter un bilan des évènements relatifs à la radioprotection et le retour d'expérience. 	<p>→ Concernant le retour d'expérience, traiter notamment de la validité des études de poste vis-à-vis des mesures d'exposition réalisées aux postes de travail et des résultats dosimétriques. Présenter également le retour d'expérience concernant la dosimétrie.</p> <p>→ Présenter les évolutions et évènements marquants, tels que changement de PCR, inspection par l'ASN et suivi des non conformités relevées, incidents éventuels...</p> <p>→ Préciser les écarts ou les incidents et évènements significatifs déclarés, ainsi que leur gestion.</p>	B3
<ul style="list-style-type: none"> Pour chaque source scellée ou appareil, un document présentant de manière synthétique : <ul style="list-style-type: none"> les éventuelles anomalies et défaillances rencontrées, les dispositions adoptées pour un retour à une situation normale. 	B4	Sans objet

Annexe 2. Formulaires ASN de demandes d'autorisation (suite)

Pièces à joindre	N° de pièce/formulaire	
	AUTO/IND/SS (version du 31/03/2012)	AUTO/IND/SNS (version du 22/06/2015)
<ul style="list-style-type: none"> L'inventaire des sources et des appareils émettant des rayonnements ionisants en contenant, présents sur le site du demandeur. 	B5	B4
<ul style="list-style-type: none"> La liste des sources scellées périmées ou en fin d'utilisation qui n'ont pas été reprises par le fournisseur et la justification de l'absence de reprise. <p>→ <i>Justification de l'absence de reprise :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - le fournisseur ou le fabricant n'existe plus, auquel cas il faut présenter la démarche mise en œuvre afin de déterminer s'il existe un repreneur de substitution. La démarche consiste à contacter l'IRSN/UES. Si la démarche est infructueuse, il faut alors demander la reprise de ces sources à l'ANDRA. - la demande de prolongation d'utilisation d'une source « périmée ». 	B6	B6
<ul style="list-style-type: none"> Pour chaque PCR : l'attestation de réussite à la formation en cours de validité. 	B7	B5
<ul style="list-style-type: none"> Le dernier bilan annuel des quantités de déchets produits et effluents rejetés transmis à l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA). <p>→ <i>Joindre une copie de la dernière télédéclaration ANDRA.</i></p>	Sans objet	B7
<ul style="list-style-type: none"> Un résumé descriptif non technique de l'activité nucléaire et de la demande. Ce résumé attestera en particulier qu'aucune modification n'a été effectuée par rapport à l'autorisation initiale et par rapport aux dispositions ayant une incidence en matière de radioprotection (locaux, domaine couvert, caractéristiques des sources de rayonnements ionisants). 		B8

Annexe 2. Formulaire ASN de demandes d'autorisation (suite)

Pièces à joindre en appui d'une demande de modification d'autorisation

Pièces à joindre	N° de pièce/formulaire	
	AUTO/IND/SS (version du 31/03/2012)	AUTO/IND/SNS (version du 22/06/2015)
<ul style="list-style-type: none"> Le rapport de contrôle technique de radioprotection établi, selon le cas, à réception et avant-première utilisation ou datant de moins d'un an, et établi par un organisme agréé ou l'IRSN. 	<p>→ Le contrôle à réception et avant-première utilisation est un contrôle interne. Cependant certains contrôles (par exemple ceux liés aux aspects « ventilation ») nécessitent l'intervention d'un prestataire (agréé ou non selon les cas.)</p> <p><i>Par exemple : rapport de vérification des caractéristiques du système de ventilation, établi par un organisme de contrôle technique du bâtiment</i></p> <p>→ Le rapport de contrôle technique de radioprotection datant de moins d'un an et établi par un organisme agréé ou l'IRSN : il s'agit du rapport de contrôle externe.</p>	<p>C1</p> <p>C1</p>
<ul style="list-style-type: none"> L'inventaire des actions mises en œuvre ou leur échéancier de réalisation afin de répondre aux éventuelles observations émises par l'organisme agréé ou l'IRSN dans ce rapport de contrôle. 	<p>→ Préciser l'inventaire des actions et l'échéancier de réalisation sous la forme d'un tableau (non-conformité, action, qui la réalise, échéance de réalisation, validation de sa réalisation).</p>	<p>C2</p> <p>C2</p>
<ul style="list-style-type: none"> Un rapport d'activité permettant notamment de présenter un bilan des évènements relatifs à la radioprotection et le retour d'expérience. 	<p>→ Concernant le retour d'expérience, il faut notamment traiter de la validité des études de poste vis-à-vis des mesures d'exposition réalisées aux postes de travail et des résultats dosimétriques. Le retour d'expérience concernant la dosimétrie est également à présenter.</p>	<p>C3</p> <p>C3</p>

Annexe 2. Formulaires ASN de demandes d'autorisation (suite)

Pièces à joindre	N° de pièce/formulaire		
	AUTO/IND/SS (version du 31/03/2012)	AUTO/IND/SNS (version du 22/06/2015)	
<ul style="list-style-type: none"> • L'inventaire des sources et des appareils émettant des rayonnements ionisants en contenant présents sur le site du demandeur. 	<p>→ <i>La convention de création de l'unité et/ou celle établissant les relations entre organismes partenaires d'une UMR est parfois à fournir.</i></p>	C4	C4
<ul style="list-style-type: none"> • Pour chaque PCR : l'attestation de réussite à la formation en cours de validité. 	<p>→ <i>Joindre une copie du récépissé de déclaration, arrêté d'autorisation... ou du décret de création pour les INB.</i></p>	C5	C5
<ul style="list-style-type: none"> • Un résumé descriptif non technique de l'activité nucléaire et de la demande. La description des modifications apportées depuis la délivrance de la dernière autorisation, ainsi que la conséquence de ces modifications en termes de radioprotection. Les documents du VIII.A impactés par ces modifications doivent être actualisés et joints à votre demande. 	<p>→ <i>Les documents du paragraphe VIII.A cités correspondent à ceux transmis lors d'une demande initiale d'autorisation.</i></p>	C6	C6

Annexe 2. Formulaire ASN de demandes d'autorisation (suite)

Catégorisation des sources radioactives : publication AIEA-TECDOC – 1344

(Document téléchargeable sur le site de l'agence internationale de l'énergie atomique – AIEA)

L'objectif est de proposer un classement des sources radioactives en fonction de leur potentiel de nuisance sur l'homme (effet déterministe) dans le cas d'une mauvaise utilisation et ce, quelle qu'en soit la forme physico-chimique. Cette classification est réalisée par la prise en compte des propriétés radiologiques des sources ainsi que de l'usage qui va en être fait.

L'AIEA définit 5 catégories de sources radioactives :



Pour un certain nombre d'utilisations typiques, l'AIEA a défini directement la catégorie de la source selon le tableau suivant :

Category	Categorization of common practices ^a	Activity ratio ^b (A/D)
1	Radioisotope thermoelectric generators (RTGs) Irradiators Teletherapy Fixed, multi-beam teletherapy (gamma knife)	$A/D \geq 1000$
2	Industrial gamma radiography High/medium dose rate brachytherapy	$1000 > A/D \geq 10$
3	Fixed industrial gauges -level gauges -dredger gauges -conveyor gauges containing high activity sources -spinning pipe gauges Well logging gauges	$10 > A/D \geq 1$
4	Low dose rate brachytherapy (except eye plaques and permanent implant sources) Thickness/fill-level gauges Portable gauges (e.g. moisture/density gauges) Bone densitometers Static eliminators	$1 > A/D \geq 0.01$
5	Low dose rate brachytherapy eye plaques and permanent implant sources X ray fluorescence devices Electron capture devices Mossbauer spectrometry Positron Emission Tomography (PET) checking	$0.01 > A/D \geq \text{Exempt}^c/D$

^aRecognizing that factors other than A/D have been taken into consideration (Section 2.3.6).
^bThis column can be used to determine the category of a source, based purely on A/D. This may be appropriate if, for example: the practice is not known or is not listed; sources have a short half-life and/or are unsealed; or sources are aggregated (See Section 3.3).
^cExempt quantities are given in Schedule I of the BSS [1].

Ainsi, une source utilisée en :

- gammagraphie industrielle est classée en catégorie 1 ;
- spectrométrie Mössbauer est classée en catégorie 4.

Si l'utilisation d'une source n'est pas listée dans ce tableau, il faut alors déterminer la quantité dangereuse ou « D-Value » : **il s'agit de l'activité du radionucléide qui entraînerait des effets déterministes conséquents (pour certains scénarii et certains critères de dose).**

Des « D-value » sont indiqués dans des tableaux annexés au document TECDOC – 1344.

À titre d'exemple :

- pour le césium 137, D = 100 GBq ;
- pour le cobalt 60, D = 30 GBq.

Le ratio A/D est ensuite calculé, A représentant l'activité de la source détenue (ou souhaitée). Pour déterminer la catégorie de la source à partir du tableau précédent, on compare le ratio calculé avec ceux présentés dans la colonne « Activity ratio ».

Annexe 3.

Désignation des Personnes Compétentes en Radioprotection dans une unité de recherche

Les règles applicables à la désignation d'une PCR sont prévues par le Code du travail.

Article R. 4451-103 du Code du travail :

« L'employeur désigne au moins une personne compétente en radioprotection lorsque la présence, la manipulation, l'utilisation ou le stockage d'une source radioactive scellée ou non scellée ou d'un générateur électrique de rayonnements ionisants entraîne un risque d'exposition pour les travailleurs de l'établissement ainsi que pour ceux des entreprises extérieures ou les travailleurs non-salariés intervenant dans cet établissement. ».

Article R. 4451-107 du Code du travail :

« La personne compétente en radioprotection, interne ou externe, est désignée par l'employeur après avis du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail ou, à défaut, des délégués du personnel. ».

La désignation d'une PCR doit donc respecter les deux conditions suivantes, qu'il convient de transposer aux UMR, structures non dotées de la personnalité morale placées sous la tutelle des établissements partenaires :

- désignation par l'employeur...
- ... après avis préalable du CHSCT ou, à défaut, des délégués du personnel.

I. La personne compétente pour nommer une PCR

La personne compétente pour désigner une PCR, dans le secteur public, est la personne qui assume les obligations de l'employeur en matière de prévention et de sécurité.

En application de l'article 2-1 du décret n° 82-453 modifié du 28 mai 1982 relatif à l'hygiène et à la sécurité du travail ainsi qu'à la prévention médicale dans la fonction publique, ce sont les chefs de service qui « sont chargés de veiller à la sécurité et à la protection de la santé des agents placés sous leur autorité ».

L'article 1.2. de l'instruction n°INS122942DAJ relative à la santé et la sécurité au travail au CNRS du 1^{er} décembre 2012 dispose qu'« il incombe au chef de service, responsable du bon fonctionnement et de la discipline dans son service ou sa structure, d'assurer, dans la limite de ses attributions et dans le cadre des délégations qui lui sont consenties, la sécurité et la protection de la santé des agents placés sous son autorité... », reprenant ainsi en substance l'article 2-1 du décret de 1982.

L'alinéa 2 du même article précise que « pour une structure opérationnelle de recherche ou de service, cette responsabilité revient au directeur de la structure pour les personnels relevant de la structure ».

Les obligations en matière de prévention et sécurité de l'employeur au sein d'une unité sont donc assumées par le directeur de l'unité. L'instruction rappelle d'ailleurs que le chef de service doit également respecter les obligations réglementaires fixées par d'autres textes particuliers, parmi lesquels l'on trouve la réglementation applicable en matière de rayonnements ionisants.

Annexe 3. Désignation des Personnes Compétentes en Radioprotection dans une unité de recherche (suite)

Il appartient donc au directeur d'unité de désigner la PCR de son laboratoire.

Si cette analyse ne pose pas de difficulté pour les unités propres du CNRS, le cas des unités mixtes doit être précisé.

Pour ces dernières, l'article 18 du décret n° 82-993 modifié du 24 novembre 1982 portant organisation et fonctionnement du CNRS dispose que les directeurs d'unité « sont nommés conjointement par le président du centre et par les autorités dont dépendent ces unités ». Or tous les organismes ne délèguent pas nécessairement les mêmes pouvoirs aux directeurs d'unité en matière de prévention et de sécurité.

Dans les UMR dont les cotutelles sont des EPSCP ou des EPST, la désignation d'une PCR revient au directeur d'unité sans que cela ne pose de difficulté. En revanche, dans d'autres types d'établissements, une organisation différente a pu être retenue en matière de prévention et de sécurité. Notamment :

- l'obligation d'assurer la sécurité et la santé, et donc la prérogative de désigner la PCR peut incomber à une autre personne que le directeur d'unité (par exemple, au CEA, elle appartient au chef d'installation) ;
- l'établissement peut faire une application différente des articles du Code du travail relatifs à la désignation d'une PCR, et considérer que chaque employeur - au sens organisme tutelle - doit désigner une PCR, compétente pour la protection des personnels relevant de cette tutelle. Dans ce cas de figure, ce n'est donc pas au directeur d'unité qu'il reviendra de désigner la ou les PCR compétente(s) pour l'ensemble des agents placés sous son autorité.

Dans ce cas, les modalités permettant d'assurer la sécurité dans les unités, et notamment les modalités de désignation d'une PCR, doivent être déterminées par convention (accord-cadre, convention particulière portant sur la prévention et sécurité, convention de création de l'unité).

II. L'organe collégial compétent pour émettre un avis (dans les UPR et UMR en co-tutelle avec des EPST ou EPSCP)

L'article R. 4451-107 prévoit que la PCR est nommée après avis du CHSCT ou, à défaut, des délégués du personnel.

Pour les unités qui en sont dotées, le CLHSCT est l'organe naturellement compétent pour émettre un avis sur la nomination de la PCR de l'unité.

À défaut, il convient de déterminer quel est l'organe correspondant aux délégués du personnel visés par l'article R. 4451-107.

Le décret n° 82-453 modifié est muet sur cette question. Cependant, l'instruction INS122942DAJ relative à la santé et à la sécurité au travail au CNRS du 1^{er} décembre 2012 précise à son article 4.4 qu'« à défaut de CLSCT de structure, c'est le conseil représentatif des personnels affectés à la structure (conseil de laboratoire, assemblée générale...) qui tient lieu d'instance de concertation pour les questions relatives à l'hygiène et la sécurité de l'unité. ».

C'est donc le conseil de laboratoire qui sera compétent pour donner un avis.

Cette solution est tout à fait cohérente avec le droit du travail qui attribue aux délégués du personnel des « missions de suppléance ». En effet, l'article L. 2313-16 du Code du travail précise que « s'il n'existe pas de CHSCT, les délégués du personnel exercent les missions attribuées à ce comité avec les mêmes moyens et obligations que celui-ci ». C'est vraisemblablement sur ce fondement que l'article R. 4451-107 du même code dispose que ce sont les délégués du personnel qui émettent l'avis exigé, en l'absence de CHSCT.

Annexe 4.

Bibliographie et adresses utiles

Ouvrages intéressants dans le domaine de la radioprotection

- Radionucléides et Radioprotection - D. DELACROIX, J.P. GUERRE, P. LEBLANC (EDP Sciences)
- Manuel pratique de radioprotection - D.J. GAMBINI, R. GRANIER (Lavoisier)
- Collection Personne compétente en radioprotection (EDP Sciences) :
 - Principes de radioprotection – réglementation - C. JIMONET et H. METIVIER, coordonnateurs
 - Radioprotection pratique pour l'industrie et la recherche – sources scellées - J.C MOREAU et M. AMERICH
 - Radioprotection pratique pour l'industrie et la recherche – sources non scellées - H. BRUCHET, coordonnateur
 - Radioprotection pratique pour les INB et les ICPE - A. PIN, S. PEREZ, J. VIDECOQ, M. AMERICH

Guides pratiques

IRSN (www.irsn.fr)

- Réalisation des études dosimétriques de poste de travail présentant un risque d'exposition aux rayonnements ionisants

ASN (www.asn.fr)

- Guide ASN n° 11 : Évènements significatifs dans le domaine de la radioprotection (hors installations nucléaires de base et transports de matières radioactives) : déclaration et codification des critères
- Guide ASN n° 18 : Élimination des effluents et des déchets contaminés par des radionucléides
- Guide ASN n° 31 : Modalités de déclaration des événements liés au transport de substances radioactives sur la voie publique terrestre, par voie maritime ou par voie aérienne
- Recueil de textes réglementaires relatifs à la radioprotection (en 2 volumes)
 - Partie 1 : lois et décrets
 - Partie 2 : arrêtés, décisions et décrets non codifiés

ANDRA (www.andra.fr)

- Guide d'enlèvement des déchets radioactifs

Annexe 4. Bibliographie et adresses utiles (suite)

Fiches données radionucléides et activités

- Fiches radionucléides (INRS-IRSN)
- Fiches radioprotection en secteur recherche
(<http://www.rst-sante-travail.fr/rst/outils-reperes/radioprotection>)
- Tables des radionucléides (www.nucleide.org)

Autres sources d'information - bases de connaissances - dossiers thématiques

- IRSN (www.irsn.fr)
- INRS (www.inrs.fr)
- SFRP (www.sfrp.asso.fr)
- Radioprotection cirkus (www.rpcirkus.org)
- CORPAR (<http://corpar.fr/>)
- RELIR/OTHEA (<http://reilir.cepn.asso.fr/>)
- CIPR (www.icrp.org)
- AIEA (<https://www.iaea.org/>)

Adresses utiles

ASN – Autorité de sûreté nucléaire

15, rue Louis-Lejeune • 92120 Montrouge

Tél. : 01 46 16 40 00

IRSN – Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire

BP17 - 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex

31 avenue de la Division Leclerc • 92260 Fontenay-aux-Roses

Tél. : 01 58 35 88 88

Hôpital Percy

101, avenue Henri-Barbusse • 92140 Clamart

Tél. : 01 41 46 60 00

PARCOURS DES ALPHA DANS L'AIR

Radionucléide	¹⁴⁸ Sn	²³² Th	²¹⁰ Po	²²⁸ Th
Énergie (MeV)	2,1	4,2	5,3	8,78
Parcours (cm)	1,1	2,6	3,84	8,57

PORTÉE DES ÉLECTRONS DANS L'AIR

Une formule approchée, valable de 50 keV à 2 MeV, permet de connaître la pénétration des électrons dans la matière.

$$P = 0,412 \cdot E^n$$

$$P = \text{portée en g/cm}^2$$

$$E = \text{l'énergie en MeV}$$

$$n = 1,265 - 0,0954 \ln E \text{ (E en MeV)}$$

Pour en déduire la valeur en centimètres, il suffit de diviser par la masse volumique (en g/cm³) du matériau considéré.

Le schéma ci-dessous exprime, de façon graphique, la pénétration pour un certain nombre de matériaux.

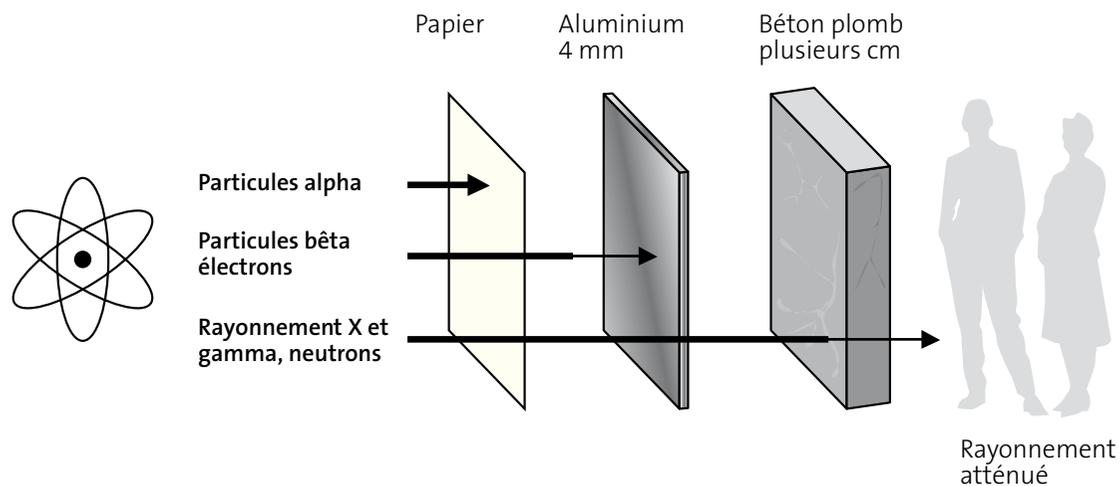


Schéma récapitulatif Pénétration dans la matière des différents types de rayonnements ionisants

RAYONNEMENTS ALPHA α

Sans objet car leur pénétration est faible.

RAYONNEMENTS BÊTA β

Choisir de préférence des matériaux de numéro atomique faible pour éviter le rayonnement de freinage.

Une épaisseur de 10 mm de plexiglas suffit à arrêter tous les bêta d'énergie inférieure à 2 MeV.

RAYONNEMENTS GAMMA γ

Pas de notion de parcours maximal (contrairement aux particules chargées) : donc, derrière un écran, il subsiste toujours une fraction de la composante initiale. Les écrans doivent être constitués de matériaux denses, à numéro atomique élevé, comme le fer, le plomb ou l'uranium (appauvri en ^{235}U).



© CNRS Photothèque/François Jannin



La loi simplifiée d'atténuation s'écrit :

$$\Phi_x = \Phi_0 \cdot e^{-\mu x}$$

Φ_x = fluence des photons après la traversée de l'écran d'épaisseur x

Φ_0 = fluence initiale des photons avant l'écran

μ = coefficient massique total d'atténuation en cm^{-1} (il caractérise les différents types d'effets d'interaction des photons dans la matière)

X = épaisseur de l'écran en cm

Valeurs du coefficient μ pour le plomb

E (MeV)	0,1	0,2	0,5	0,7	1	2
μ (cm^{-1})	60	9,5	1,8	1,2	0,8	0,52

Le rapport Φ_x/Φ_0 , appelé facteur de transmission, est < 1 .

Inversement, le rapport Φ_0/Φ_x , appelé facteur d'atténuation, est > 1 .

Les épaisseurs caractéristiques apportent un facteur d'atténuation de 2 (soit un facteur de transmission = 1/2) ou de 10 (facteur de transmission = 1/10).

Elles sont encore appelées « épaisseur moitié » ($X_{1/2}$) et « épaisseur dixième » ($X_{1/10}$). La valeur de l'épaisseur 1/2 est égale à 0,3 fois celle de l'épaisseur 1/10 : $X_{1/2} = 0,3 X_{1/10}$

Radionucléide	$X_{1/2}$		$X_{1/10}$	
	Béton	Plomb	Béton	Plomb
Cobalt 60	84	11,5	280	38
Césium 137	66	6	220	20
Iridium 192	54	3.5	180	11

Valeurs d'épaisseurs moitié et dixième en mm

EXEMPLE :

Si $X_{1/10} = 20$ mm, un facteur d'atténuation de 800 peut être obtenu en associant 3 épaisseurs moitié ($2 \times 2 \times 2 = 8$) et deux épaisseurs dixième ($10 \times 10 = 100$). Soit :

$$3 (0,3 \times 20) + 2 \times 20 = 58 \text{ mm}$$

POUR LES NEUTRONS

La loi générale s'écrit : $\Phi_x = \Phi_0 \times e^{-\Sigma x}$ où Σ représente le coefficient total d'absorption et de diffusion en cm.

Pour ralentir les neutrons, choisir de préférence des matériaux hydrogénés : eau, paraffine, polyéthylène, béton...

Une fois ralentis (ils sont dits thermiques), on peut interposer des matériaux neutrophages qui capturent les neutrons. Dans certains cas, il faut noter que cette réaction peut produire un rayon γ très énergétique. Par exemple, avec le cadmium, l'énergie du gamma est de 7 MeV.

Préférer le ^{10}B qui donne un α peu pénétrant.

Matériau	Masse volumique (g . cm ³)	Épaisseur dixième (cm)
Eau	1	23
Graphite	1,62	21
Béton	2,3	23,2
Fer	7,8	14,3

Épaisseur dixième pour quelques matériaux usuels - neutrons rapides

Matériau	Σ (cm ⁻¹)
Eau	0,1
Graphite	0,11
Béton	0,099
Fer	0,16

Valeurs de Σ – Neutrons rapides

Valeurs issues de l'annexe II de l'arrêté du 1^{er} septembre 2003, définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants.

La Directive 2013/59/EURATOM du Conseil du 05/12/2013 a intégré les modifications des facteurs de pondération proposés dans la dernière recommandation de la CIPR (publication 103 de 2007). Ils sont donc appelés à évoluer prochainement dans la réglementation française.

Radiologique W_R selon l'arrêté du 1^{er} Septembre 2003

Type de rayonnements	Énergie (E)	W_R
Photons, électrons	Quelle que soit l'énergie	1
Neutrons	$E \leq 10$ KeV	1
	$10 \text{ KeV} \leq E \leq 100 \text{ KeV}$	5
	$100 \text{ KeV} < E \leq 2 \text{ MeV}$	20
	$2 \text{ MeV} < E \leq 20 \text{ MeV}$	10
	$E > 20 \text{ MeV}$	5
Protons	$E > 2 \text{ MeV}$	5
Alpha, fragments de fissions, noyaux lourds	Quelle que soit l'énergie	20

Radiologique W_R selon la publication CIPR 103

Type de rayonnements	Énergie (E)	W_R
Neutrons	$E < 1 \text{ MeV}$	$2,5 + 18,2 e^{-[\ln(E_n)]^2/6}$
	$1 \text{ MeV} \leq E \leq 50 \text{ MeV}$	$5,0 + 17,0 e^{-[\ln(2E_n)]^2/6}$
	$E > 50 \text{ MeV}$	$2,5 + 3,25 e^{-[\ln(0,04E_n)]^2/6}$
Protons		2

Tissulaire W_T

Tissu ou organe	W_T	W_T CIPR103
Gonades	0,20	0,08
Moelle rouge	0,12	0,12
Côlon	0,12	0,12
Poumon	0,12	0,12
Estomac	0,12	0,12
Vessie	0,05	0,04
Seins	0,05	0,12
Foie	0,05	0,04
Œsophage	0,05	0,04
Thyroïde	0,05	0,04
Peau	0,01	0,01
Surface des os	0,01	0,01
Autres tissus / tissus « divers »	0,05	0,12
Cerveau		0,01
Glandes salivaires		0,01

Effets de l'irradiation externe globale de l'organisme (irradiation corps entier)

Temps d'apparition des symptômes	Dose absorbée (β , X, γ)	Symptomatologie
Phase initiale premières heures	< 1Gy > 1 Gy > 5 Gy > 15 Gy	- absence de signe clinique - nausées, vomissements, fatigue intense - troubles digestifs : douleurs abdominales, diarrhées - hyperthermie - signes cutanés : rougeur fugace et douloureuse - état de choc : pâleur, sueurs, pouls filant
Phase initiale premières minutes	> 15 Gy	- signes neurologiques : convulsions, obnubilation, désorientation
Période de latence : 5 à 15 jours (elle est d'autant plus courte que la dose reçue est importante)		- pas de signe clinique - surveillance hématologique : numération des globules rouges, globules blancs, plaquettes
Phase critique (la symptomatologie est d'autant plus flagrante que la dose reçue est importante)	DL 50** : 4,5 Gy > 6 Gy	- fièvre, infections, hémorragies en rapport avec l'aplasie médullaire entraînant une baisse des globules rouges, des globules blancs et des plaquettes - signes digestifs : vomissements, diarrhées, hémorragies digestives
Phase tardive (plusieurs mois après l'irradiation)		- manifestations cliniques variables selon l'intensité de l'irradiation

* Ils sont observés après dépassement d'une dose seuil spécifique à chaque tissu biologique.

** Dose létale correspondant à l'éventualité d'un décès pour 50 % des individus irradiés dans les mêmes conditions, 60 jours après une exposition, sans traitement médical.

IRRADIATION PARTIELLE

Il s'agit de l'irradiation d'une zone spécifique (par opposition à une irradiation corps entier). Ses effets varient en particulier en fonction de la sensibilité de l'organe atteint par les rayonnements ionisants.

Organes	Dose absorbée (β , X, γ)	Signes cliniques
Peau	4 à 8 Gy > 5 Gy 12 à 20 Gy > 20 Gy	- Rougeur passagère - Epidermite sèche (rougeur cutanée apparaissant durant les 3 premières semaines suivant l'irradiation) - Epidermite exsudative (brûlure suintante) - Nécrose (mort tissulaire)
Yeux	8 Gy	- Cataracte d'apparition tardive (1 à 10 ans)
Gonades • Hommes • Femmes	0,5 Gy > 2 Gy > 6 Gy 7 à 12 Gy	- Diminution du nombre des spermatozoïdes - Stérilité temporaire (de quelques mois à 2 ans) - Stérilité irréversible mais sans effet sur la production d'hormones mâles - Stérilité et ménopause artificielles (selon l'âge)
Au cours de la grossesse Ovocyte fécondé 10 premiers jours (pré-implantation) Embryon 10 - 60 jours (différenciation des organes) Fœtus du 60^e jour au terme (maturation des organes)	> 0,2 Gy > 1 Gy	- Malformations congénitales variables selon le stade de la grossesse : - Effet « tout ou rien » (destruction de l'ovocyte ou survie avec développement normal en l'absence d'autre irradiation) - Malformations graves (œil - squelette - système nerveux central) - Retard du développement physique et mental

Valeurs sur 12 mois consécutifs

Catégorie de personnes	Dose efficace (mSv)	Dose équivalente (mSv)		
		cristallin*	peau**	mains, avant-bras, pieds, chevilles
Travailleurs Apprentis > 18 ans Étudiants > 18 ans	≤ 20	≤ 150*	≤ 500	≤ 500
Apprentis < 18 ans Étudiants < 18 ans***	≤ 6	≤ 45*	≤ 150	≤ 150
Public	≤ 1	≤ 15	≤ 50	
Femmes enceintes****	< 1 sur l'enfant à naître			
Catégorie A	> 6	> 45	> 150	> 150
Catégorie B	≤ 6 et > 1	≤ 45 et > 15	≤ 150 et > 50	≤ 150

*Les valeurs limites d'exposition du cristallin pour les expositions professionnelles sont appelées à être modifiées prochainement avec la transposition de la Directive 2013/59/Euratom du Conseil du 05/12/2013.

Les limites de la Directive :

- Travailleurs : 20 mSv /an ou 100 mSv sur une période de 5 ans avec un maximum de 50 mSv sur une année
- Apprentis et étudiants : 15 mSv

**Dose moyenne pour toute surface de 1 cm² de peau, quelle que soit la surface exposée.

***Personnes âgées entre 16 et 18 ans, autorisées lors de leur formation.

****Les femmes qui allaitent ne doivent pas être maintenues à un poste de travail où il existe un risque d'incorporation de substances radioactives.

Élément	T _{1/2}	Type - Énergie en keV (%)	Activité d'incorporation, inhalisée ou ingérée, conduisant à 20 mSv efficace AI ₂₀ (Bq)	Écran épaisseur en cm de plomb pour X, γ parcours en mm de plexiglas pour β et e	Seuils d'exemption		Coefficient de dose efficace pour travailleurs Valeurs les plus restrictives	
					Bq	Bq/g	Inhalation Sv/Bq	Ingestion Sv/Bq
³ H	12,3 a	β ⁻ : 19 (100)	Inh: 4,9.10 ⁸ Ing: 4,8.10 ⁸	/	10 ⁹	10 ⁶	Eau tritiée: 1,8.10 ⁻¹¹ Organique: 4,1.10 ⁻¹¹	1,8.10 ⁻¹¹ 4,2.10 ⁻¹¹
¹⁴ C	5,7.10 ³ a	β ⁻ : 157 (100)	Inh: 3,4.10 ⁶ Ing: 3,4.10 ⁷	/	10 ⁷	10 ⁴	Vapeurs: 5,8.10 ⁻¹⁰	5,8.10 ⁻¹⁰
²² Na	2,6 a	γ: 511 (181); 1275 (100) β ⁺ : 546 (90)	Inh: 6,9.10 ⁶ Ing: 6,25.10 ⁶	3,6 1,4	10 ⁶	10	2,0.10 ⁻⁹	3,2.10 ⁻⁹
²⁴ Na	15 h	γ: 1369 (100); 2754 (100) β ⁻ : 1390 (100)	Inh: 37,7.10 ⁶ Ing: 46,5.10 ⁶	5,6 4,7	10 ⁵	10	5,3.10 ⁻¹⁰	4,3.10 ⁻¹⁰
³² P	14,3 j	β ⁻ : 1710 (100)	Inh: 6,25.10 ⁶ Ing: 8,33.10 ⁶	6,2	10 ⁵	10 ³	3,2.10 ⁻⁹	2,4.10 ⁻⁹
³³ P	25,4 j	β ⁻ : 249 (100)	Inh: 14,3.10 ⁸ Ing: 83,3.10 ⁶	0,6	10 ⁸	10 ⁵	1,4.10 ⁻⁹	2,4.10 ⁻¹⁰
³⁵ S	87,4 j	β ⁻ : 168 (100)	Inh: 15,4.10 ⁶ Ing: 26.10 ⁶	/	10 ⁸	10 ⁵	1,3.10 ⁻⁹	7,7.10 ⁻¹⁰
³⁶ Cl	3,0.10 ⁵ a	β ⁻ : 710 (98)	Inh: 2,9.10 ⁶ Ing: 21,5.10 ⁶	2	10 ⁶	10 ⁴	6,9.10 ⁻⁹	9,3.10 ⁻¹⁰
⁴⁵ Ca	163 j	β ⁻ : 257 (100)	Inh: 7,4.10 ⁶ Ing: 26,3.10 ⁶	0,5	10 ⁷	10 ⁴	2,7.10 ⁻⁹	7,6.10 ⁻¹⁰
⁵¹ Cr	27,7 j	X: 5 (20); 320 (10)	Inh: 5,56.10 ⁸ Ing: 5,26.10 ⁶	0,7	10 ⁷	10 ³	3,6.10 ⁻¹¹	3,8.10 ⁻¹¹
⁵⁵ Fe	2,7 a	X: 6 (25); 7 (3)	Inh: 21,7.10 ⁶ Ing: 6,1.10 ⁷	/	10 ⁶	10 ⁴	9,2.10 ⁻¹⁰	3,3.10 ⁻¹⁰
⁵⁹ Fe	44,5 j	X: 1099 (56); 1292 (44) β ⁻ : 273 (46); 466 (53)	Inh: 5,7.10 ⁶ Ing: 11,1.10 ⁶	4,4 1,1	10 ⁶	10	3,5.10 ⁻⁹	1,8.10 ⁻⁹
⁶⁰ Co	5,27 a	γ: 1173 (100); 1333 (100) β ⁻ : 318 (100)	Inh: 6,9.10 ⁵ Ing: 5,9.10 ⁶	4,5 0,7	10 ⁵	10	2,9.10 ⁻⁸	3,4.10 ⁻⁹

Élément	T _{1/2}	Type - Énergie en keV (%)	Activité d'incorporation, inhalisée ou ingérée, conduisant à 20 mSv efficace Al ₂₀ (Bq)	Écran e ^{1/10} en cm de plomb pour X, γ parcours en mm de plexiglas pour β et e	Seuils d'exemption		Coefficient de dose efficace pour travailleurs Valeurs les plus restrictives	
					Bq	Bq/g	Inhalation Sv/Bq	Ingestion Sv/Bq
⁶³ Ni	96 a	β ⁻ : 66 (100)	Inh: 38,5.10 ⁶ Ing: 13,3.10 ⁷	/	10 ⁸	10 ⁵	5,2.10 ⁻¹⁰	1,5.10 ⁻¹⁰
⁷⁵ Se	120 j	X: 136 (59); 265 (59); 401 (12) e ⁻ : 14; 85; 124	Inh: 11,8.10 ⁶ Ing: 7,7.10 ⁶	0,5 négligeable	10 ⁶	10 ²	1,7.10 ⁻⁹	2,6.10 ⁻⁹
^{99m} Tc	6,02 h	γ: 18 (6); 141 (89) e ⁻ : 120 (9)	Inh: 6,9.10 ⁸ Ing: 9,1.10 ⁸	0,1 négligeable	10 ⁷	10 ²	2,0.10 ⁻¹¹	2,2.10 ⁻¹¹
¹⁰⁹ Cd	1,27 a	X, γ: 22 (83); 25 (15); 88 (4) e ⁻ : 63 (41); 84 (45); 87 (10)	Inh: 2,08.10 ⁶ Ing: 1.10 ⁷	< 0,1 négligeable	10 ⁶	10 ⁴	9,6.10 ⁻⁹	2,0.10 ⁻⁹
¹²⁵ Sn	9,64 j	X, γ: 823 (4); 1067 (9); 2002 (2) β ⁻ : 471 (6); 1271 (3); 2360 (83)	Inh: 6,7.10 ⁶ Ing: 6,45.10 ⁶	5,8 5,8	10 ¹⁵	10 ²	3,0.10 ⁻⁹	3,1.10 ⁻⁹
¹²⁵ I	60,1 j	X, γ: 27 (114); 31 (26); 36 (7) e ⁻ : 4 (79); 23 (20); 31 (11)	Inh: 2,74.10 ⁶ Ing: 1,33.10 ⁶	< 0,1 négligeable	10 ⁶	10 ³	7,3.10 ⁻⁹	1,5.10 ⁻⁸
¹³¹ I	8,04 j	X, γ: 284 (6); 365 (82); 637 (7) β ⁻ : 248 (2); 334 (7); 606 (90)	Inh: 1.10 ⁶ Ing: 9,1.10 ⁵	1,1 1,6	10 ⁶	10 ²	1,1.10 ⁻⁸	2,2.10 ⁻⁸
¹³⁷ Cs	30,0 a	X, γ: 32 (6); 36 (1); 662 (85) β ⁻ : 512 (95); 1173 (5)	Inh: 3.10 ⁶ Ing: 1,54.10 ⁶	2,4 3,8	10 ⁴	10	6,7.10 ⁻⁹	1,3.10 ⁻⁸
¹⁵² Eu	13,3 a	X, γ: 344 (27); 1112 (14); 1408 (21); etc. β ⁻ : 388 (2); 699 (14); 1478 (8)	Inh: 5,13.10 ⁵ Ing: 14,3.10 ⁶	/	10 ⁶	10	3,9.10 ⁻⁸	1,4.10 ⁻⁹
²³⁹ Pu	2,41.10 ⁴ a	X, γ: 16 (6); 52; 129 α: 5105 (12); 5143 (15); 5156 (73)	Inh: 4,3.10 ² Ing: 8.10 ⁴	< 0,1	10 ⁴	1	4,7.10 ⁻⁵	2,5.10 ⁻⁷
²⁴¹ Am	432 a	X, γ: 16 (38); 60 (36) α: 5443 (13); 5485 (85)	Inh: 5,1.10 ² Ing: 1.10 ⁵	< 0,1	10 ⁴	1	3,9.10 ⁻⁵	2,0.10 ⁻⁷
²⁵² Cf	2,64 a	X, γ: 18 (7); 43; 100 α: 6076 (15); 6118 (82)	Inh: 1,11.10 ³ Ing: 2,22.10 ⁵	< 0,1	10 ⁴	10	1,8.10 ⁻⁵	9,0.10 ⁻⁸

(Arrêté du 6 décembre 2013 relatif aux modalités de formation de la personne compétente en radioprotection et de certification des organismes de formation)

Les dispositions concernant les modalités et contenus relatifs à la formation de la personne compétente en radioprotection sont définies réglementairement.

Les organismes habilités à délivrer ces formations sont certifiés par des organismes certificateurs (CEFRI, Global Certification).

La formation suivie doit être adaptée aux situations et enjeux radiologiques rencontrés : ainsi, comme résumé dans le schéma ci-dessous, l'enseignement

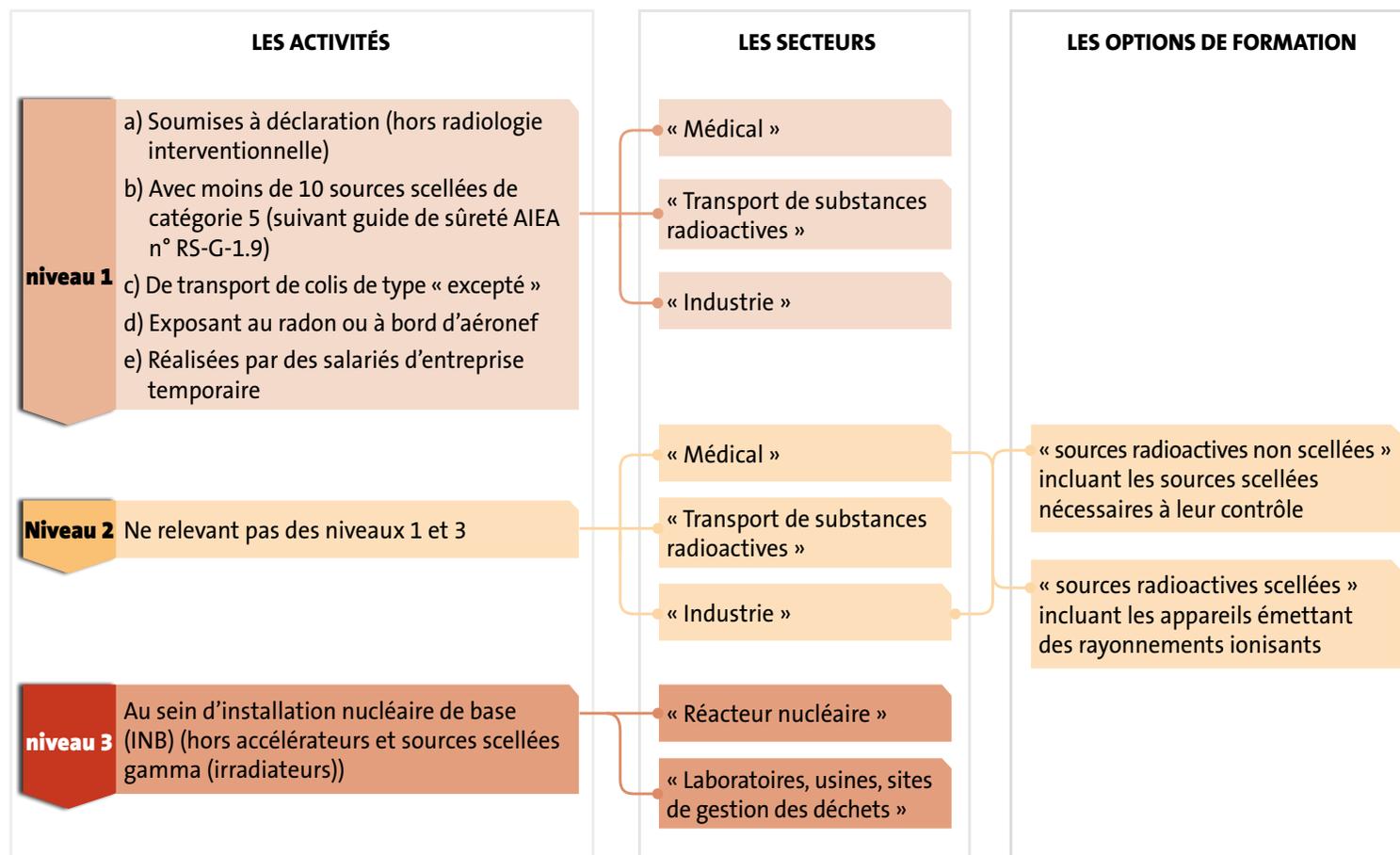
est défini selon trois niveaux de formation, cinq secteurs d'activité et deux options (pour le niveau 2).

La plupart des unités de recherche concernées au CNRS relève du niveau 2/secteur « Industrie » et, plus rarement, du niveau 1/secteur « Industrie ».

La PCR titulaire d'un certificat de formation valide peut intervenir dans un niveau inférieur à celui pour lequel elle a été formée, quelle que soit l'option, mais relevant du même secteur d'activité. Par ailleurs, pour le niveau 3, elle ne peut intervenir que dans le secteur « Industrie » des niveaux inférieurs.

La réglementation prévoit également la mise en place de formations « passerelles » permettant d'étendre le certificat à un autre niveau, secteur ou option sans avoir à suivre une formation initiale complète.

Dans tous les cas, la formation PCR dite « initiale » a une durée de validité de 5 ans. Elle doit donc faire l'objet d'un renouvellement tous les 5 ans.



Niveau/secteur	Option		Module théorique	Module appliqué TD : travaux dirigés TP : Travaux pratiques	Total
	Sources scellées	Sources non scellées			
Niveau 1	-	-	6 h	15 h (TD)	21 h
Niveau 2 « Médical » et « Industrie »	x		16 h	36 h (2/3 TD + 1/3 TP)	52 h
		x	16 h	42 h (2/3 TD + 1/3 TP)	58 h
	x	x	21 h	49 h (2/3 TD + 1/3 TP)	70 h

Durée de la formation initiale
(hors temps d'évaluation des connaissances)

LA FORMATION INITIALE

Elle comporte un module théorique et un module appliqué dont les objectifs pédagogiques, la durée et les prérequis divergent selon les niveaux/secteurs/options.

L'intégralité du parcours de formation ne peut avoir lieu qu'au sein d'un seul et même organisme de formation certifié.

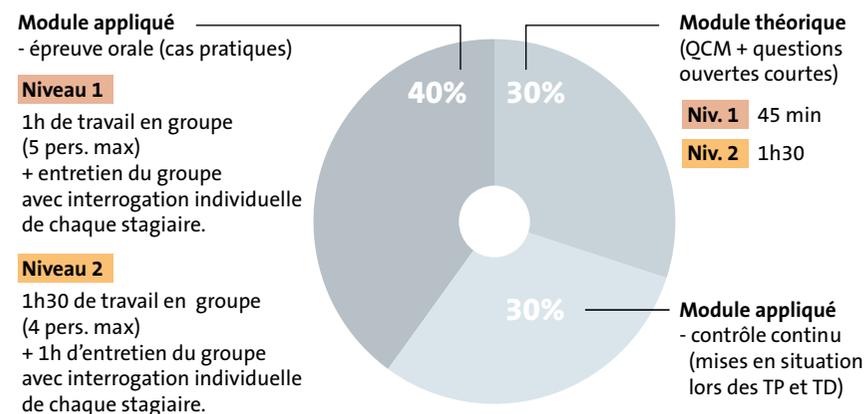
Il est requis un niveau bac scientifique ou technologique à orientation scientifique pour accéder à une formation initiale.

Les 3 objectifs de la formation « niveau 2 »

- le savoir : connaissances de base et maîtrise des éléments théoriques,
- le savoir-faire : connaissance des règles de radioprotection et de leur mise en œuvre, évaluation des risques, calculs de dose, établissement de procédures (contrôles techniques, incidents...), utilisation des instruments de mesure, définition / gestion / exploitation de la dosimétrie, gestion d'une situation dégradée.
- le savoir-être : communication de la politique de radioprotection dans l'unité, explication des risques au personnel dans le cadre de la formation et de l'information.

Contrôle des connaissances

Il s'articule autour de 3 épreuves notées qui se décomposent de la manière suivante :



Validité

La validité de la formation initiale expire dans un délai de 5 ans à partir de la date de délivrance du certificat de formation.

Niveau/secteur	Option		Durée
	Sources scellées	Sources non scellées	
Niveau 1	-	-	12 h
Niveau 2 « Médical » et « Industrie »	x		16 h
		x	20 h
	x	x	25 h

Durée de la formation de renouvellement (hors temps d'évaluation des connaissances)

LE RENOUVELLEMENT

La formation de renouvellement doit être suivie dans l'année qui précède la date d'expiration du certificat (perte de la tolérance de l'ancien dispositif qui permettait que le contrôle des connaissances ait lieu dans les 6 mois suivant l'expiration du certificat de formation).

Préalablement à la formation, la PCR doit fournir un descriptif d'activités réalisées dont le contenu est fixé à l'annexe VI de l'arrêté.

La formation de renouvellement comprend un enseignement théorique et un module appliqué. Il est possible de la suivre selon deux procédés :

- une session de formation unique,
- des sessions de formation fractionnée, suivies tout au long de la validité du certificat en cours. Dans ce cas, au moins un tiers de la durée de formation est dispensé durant une session dite « de synthèse » précédant le contrôle des connaissances. L'inscription à une formation par fractionnement doit avoir lieu dans les 2 ans qui suivent l'obtention du certificat en cours de validité.

Contrôle des connaissances

Les modalités sont identiques à celles d'une formation initiale (3 épreuves), mais la durée des épreuves est réduite de moitié.

En cas d'échec, le candidat doit alors suivre une formation initiale.

Validité

Le nouveau certificat est valide 5 ans après la date d'expiration de l'ancien certificat.

Le zonage consiste en une délimitation et une signalisation de zones réglementées, permettant d'identifier le danger. Le zonage est établi sous la responsabilité du directeur d'unité qui s'appuie sur la personne compétente en radioprotection pour évaluer la nature et l'ampleur du risque.

Cette délimitation est fondée sur l'analyse préalable des risques à partir :

- des caractéristiques des sources et des installations ;
- des résultats des contrôles techniques de radioprotection et contrôles d'ambiance ;
- des opérations qui sont menées auprès des sources de rayonnements.

Cette analyse est réalisée sur la base des situations normales de travail (les plus pénalisantes qui correspondent au mode opératoire conduisant aux doses les plus élevées) en prenant en compte la présence des équipements de protection collective et les aléas (raisonnablement) prévisibles. Le temps réel de présence des personnes dans une zone et les équipements de protection individuelle ne sont pas à prendre en compte.

Les résultats obtenus sont comparés aux grandeurs de délimitation et de signalisation définies par l'arrêté du 15 mai 2006 dit « arrêté zonage » :

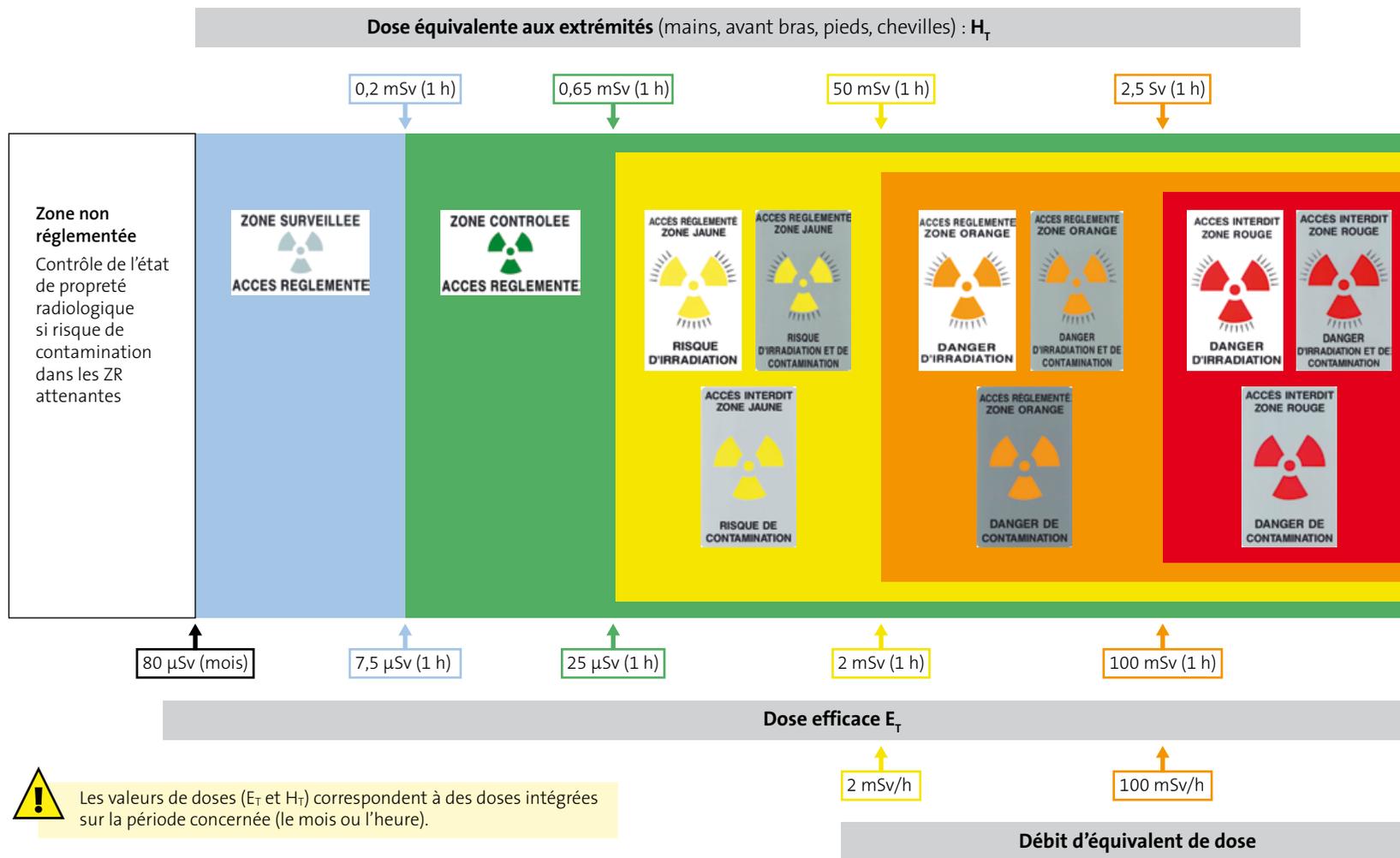
- dose efficace pour l'exposition externe et, le cas échéant, interne, intégrée sur une heure ou sur un mois ;
- dose équivalente pour l'exposition externe des extrémités, intégrée sur une heure ;
- débit d'équivalent de dose horaire pour l'exposition externe de l'organisme entier dans le cas des zones spécialement réglementées.

Les valeurs définies par l'arrêté sont établies sur la base d'une durée d'exposition d'une heure.

Cependant, le Code du travail définit des grandeurs de délimitation de zone, exprimées en dose efficace et dose équivalente annuelle, qui sont établies sur la base du temps légal de travail. Dans le cas où les durées d'exposition annuelle seraient supérieures à 800 heures, les valeurs de délimitation annuelle définies au Code du travail sont utilisées, afin de garantir le non-dépassement des limites annuelles d'exposition des travailleurs. Des valeurs opérationnelles de délimitation plus contraignantes que celles de l'arrêté zonage sont alors à définir.

La pertinence du zonage est régulièrement vérifiée en comparant les valeurs mesurées :

- lors des premières mises en œuvre ;
- dans le cadre des contrôles de radioprotection ;
- en cas de changement de protocole expérimental, qui nécessite la réalisation d'une nouvelle analyse de risque ou a minima sa mise à jour.



La détermination du zonage s'effectue en comparant les résultats des calculs d'évaluation des doses reçues en exposition externe et en exposition interne* pour les sources non scellées aux grandeurs de délimitation définies par l'arrêté.

! Les valeurs de doses (E_T et H_T) correspondent à des doses intégrées sur la période concernée (le mois ou l'heure).

* Pour l'exposition interne, la réglementation définit des coefficients de dose efficace engagée par inhalation, permettant de calculer les doses équivalentes pour un organe. Ces coefficients sont établis en fonction de la taille de l'aérosol, mais également en tenant compte de la faculté de rétention dans le poumon et de la solubilité des aérosols inhalés (indices F pour Fast = rapide, M pour Medium = moyen, et S pour Slow = lent et V pour Vapeur). Il s'agit des doses par unité d'incorporation (DPUI) exprimé en Sv/Bq.

Des coefficients existent également lors d'une exposition interne par ingestion.

Elles signalent :

- le nom et le numéro de téléphone de la personne compétente en radioprotection (PCR) ;
- l'existence, l'emplacement et la délimitation des zones surveillées et contrôlées et des enceintes de stockage ;
- la localisation des sources ;
- la nature du (ou des) radionucléide(s) utilisé(s) ainsi que les dangers liés à son (leur) utilisation ;
- si pertinent, l'activité ;
- les mesures édictées par la PCR pour la mise en œuvre des sources ;
- les mesures d'urgence à appliquer en cas d'incident ou d'accident, en particulier en cas d'incendie, de perte ou de vol, ainsi qu'en cas de dispersion de substances radioactives ;
- l'obligation de signaler à la PCR tout incident ou accident ;
- les dispositions spécifiques relatives aux conditions d'hygiène et de sécurité en zone contrôlée ;
- les conditions d'accès et de sortie, pour les personnes et le matériel, des zones surveillées, contrôlées et spécialement réglementées ;
- les noms, adresses et numéros de téléphone du médecin de prévention et de l'ingénieur de prévention et de sécurité.

Elles doivent être affichées à l'entrée des zones réglementées ou spécialement réglementées et sont complétées par :

- les consignes particulières aux postes de travail ;
- les consignes de tri des déchets aux postes de travail pour les sources non scellées ;
- les modes opératoires ;
- la copie des instructions de sécurité établies par le fournisseur dans le cas d'un appareil contenant des sources ;
- les bonnes pratiques de laboratoire.

Elles sont portées à la connaissance des travailleurs dans le cadre de la formation à la radioprotection et des formations aux postes de travail.



DOSIMÉTRIE PASSIVE

La dosimétrie passive est obligatoire pour tous les travailleurs exposés (A ou B) pénétrant en zone surveillée ou contrôlée.

Toutefois, elle n'a pas de raison d'être lorsque sont manipulées des sources émettant des rayonnements auxquels le dosimètre est insensible.

Ainsi, elle est mise en œuvre dès lors que les rayonnements auxquels sont exposés les travailleurs présentent les caractéristiques suivantes :

- rayonnement X et γ d'énergie > 15 keV émis par un radionucléide ;
- rayonnement β d'énergie moyenne > 100 keV ;
- rayonnement neutronique, depuis les neutrons thermiques ($E > 0,025$ eV) jusqu'aux neutrons rapides (E jusqu'à 100 MeV).

Elle est assurée au moyen de dosimètres faisant appel à différentes techniques de détection des rayonnements telles que :

- la radiophotoluminescence (RPL) ;
- la luminescence stimulée optiquement (OSL) ;
- la luminescence stimulée thermiquement (TLD).

Principe

Le dosimètre passif est constitué d'un matériau détecteur inséré dans un boîtier comportant des filtres de différentes natures permettant d'identifier la nature des différents rayonnements et de corriger la réponse du détecteur en fonction de l'énergie des rayonnements.

Il en existe différents types et leur principe de fonctionnement repose sur l'intégration d'une dose par modification d'une caractéristique physique ou chimique du matériau détecteur. Cette modification est ensuite mesurée (utilisation d'un appareil de lecture et parfois d'un traitement préalable pour déterminer l'équivalent de dose reçue).

Les dosimètres font l'objet d'essais de type permettant de vérifier :

- leurs performances aux rayonnements ionisants à mesurer ;

- leurs performances aux variations dues à l'environnement ;
- l'influence d'éventuelles interférences.

Ils sont homologués selon des prescriptions normatives. Les essais sont réalisés par des laboratoires accrédités. Les organismes de dosimétrie passive sont agréés par l'ASN.

Spécifications relatives au port de dosimètres

Dans le cadre du contrôle radiologique individuel, la grandeur opérationnelle employée pour la dosimétrie des travailleurs est l'équivalent de dose individuelle noté $H_p(d)$.

La mesure de l'équivalent de dose individuelle spécifie la profondeur de référence d , exprimée en mm.

Les résultats sont exprimés après déduction de l'exposition naturelle mesurée par un dosimètre témoin.

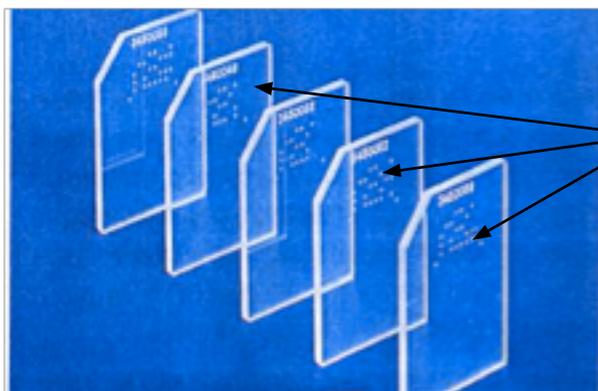
Rayonnements	Profondeur de référence (d)	Grandeur d'influence	Contrôle radiologique	Seuil de détection réglementaire
Peu pénétrants	0,07 mm	Dose équivalente à la peau $H_p(0,07)$	Peau et extrémités	0,5 mSv
Pénétrants	3 mm	Dose équivalente au cristallin $H_p(3)$	Cristallin	0,1 mSv
Très pénétrants	10 mm	Dose efficace $H_p(10)$	Corps entier	0,1 mSv

Les différents dosimètres passifs

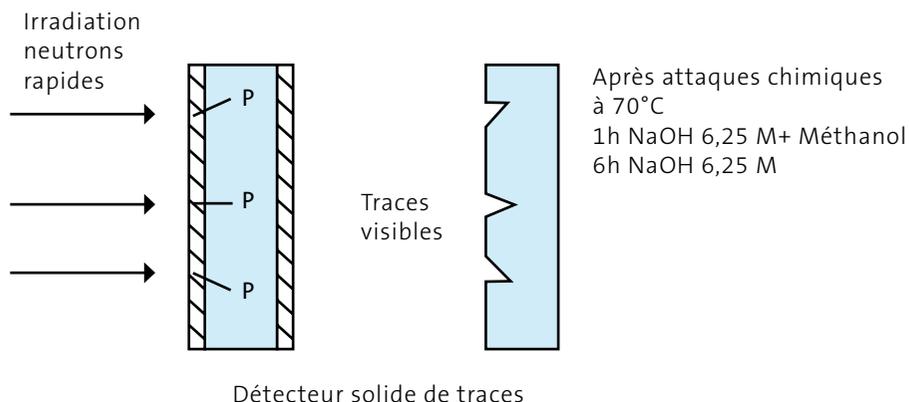
• DÉTECTEUR SOLIDE DE TRACES POUR LA DOSIMÉTRIE DES NEUTRONS

Il s'agit d'un détecteur de type polymère qui se présente sous la forme d'une plaque de plastique transparente.

Le principe de détection repose sur l'interaction des neutrons sur les noyaux hydrogénés du détecteur : elle provoque l'émission de protons de recul qui endommagent le détecteur le long de leur trajectoire (traces). Ces traces sont dénombrées, après attaque chimique d'une surface étalon par analyse d'image sous microscopie optique.



Traces détectées



• DOSIMÈTRE THERMOLUMINESCENT (TLD)

La thermoluminescence est l'émission de lumière par un matériau après avoir été excité par un rayonnement ionisant puis chauffé. Elle résulte de la libération d'électrons excités et capturés lorsque la matière a été irradiée.

Dans le cas d'un dosimètre TLD, la luminescence induite par un détecteur en fluorure de lithium (LiF) est mesurée. Les rayonnements ionisants « arrachent » au détecteur des électrons qui sont piégés par les impuretés présentes dans le LiF. Sous une source de chaleur, ces électrons sont libérés et se désexcitent en émettant une luminescence proportionnelle à la dose reçue.

La limite de détection des TLD varie selon les matériaux, de quelques μSv pour les plus courants à environ 10 μSv (LiF).

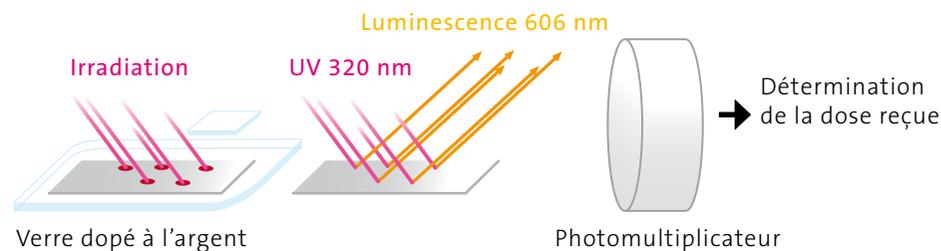
Les TLD permettent de mesurer les équivalents de dose pour les rayonnements β et X, γ . Ils sont utilisés en dosimétrie individuelle des extrémités.

• DOSIMÈTRE RADIOPHOTOLUMINESCENT (RPL)

La radiophotoluminescence est une émission lumineuse obtenue après stimulation avec une lumière laser ultraviolette d'un matériau auparavant irradié.

Ainsi, le rayonnement crée des charges qui se retrouvent piégées par les impuretés contenues dans un verre (verre phosphaté dopé à l'argent). Ces charges sont libérées par une excitation laser UV et émettent, lors de leur retour à l'équilibre, une luminescence orange (606 nm), proportionnelle à la dose reçue.

L'étendue de mesure se situe entre 10 μSv et 10 Sv. Ces dosimètres sont utilisés en dosimétrie corps entier pour la mesure Hp (10).



• DOSIMÈTRE À LUMINESCENCE OPTIQUEMENT STIMULÉE (OSL)

Le principe de fonctionnement du dosimètre OSL repose comme pour le dosimètre RPL sur la lecture d'une émission de lumière.

Ainsi, lors de l'exposition du dosimètre à des rayonnements ionisants, des charges se trouvent piégées dans le matériau sensible (cristal d'oxyde d'aluminium Al_2O_3) dopé au carbone. Sous les flashes lumineux d'un laser ou de diodes électroluminescentes, elles sont libérées et émettent alors une lumière proportionnelle à la dose équivalente reçue.

DOSIMÉTRIE ACTIVE

En complément à la dosimétrie passive, une dosimétrie active ou opérationnelle est obligatoire pour les accès en zone contrôlée.

Il s'agit de dosimètres électroniques qui donnent une information en temps réel en dose intégrée et en débit de dose, par un affichage lisible directement par le porteur. Une alarme sonore s'active en cas de dépassement d'un seuil réglable.

MISE EN ŒUVRE DES DOSIMÈTRES

- Le dosimètre est nominatif (à l'exception des dosimètres de zone, mis en œuvre dans le cadre d'une dosimétrie d'ambiance). Il ne doit être porté que par la personne dont le nom figure dessus.
- Il doit être porté au niveau de la poitrine, pendant les heures de travail.
- La mesure au niveau des mains est faite par un dosimètre additionnel, sous forme de bague (doigt) ou de bracelet (poignet).
- En dehors des heures de travail, les dosimètres sont rangés, par nom, sur un tableau.
- Pour les personnels de catégorie A, la lecture du dosimètre est mensuelle.
- Pour les personnels de catégorie B, la lecture du dosimètre est trimestrielle.

CONSEILS IMPORTANTS

- Éviter l'exposition des dosimètres à des sources de chaleur (soleil, radiateur) et à certains produits chimiques.
- Il est important de porter le dosimètre sur l'endroit (c'est-à-dire face portant le nom vers l'avant), notamment pour les émetteurs β : en effet, pour mesurer ce rayonnement, le dosimètre comporte généralement une partie sans écran, située sur l'avant.
- Lors de déplacements dans d'autres laboratoires, il est obligatoire de porter le dosimètre du laboratoire d'origine, même si le laboratoire que l'on visite fournit son propre dosimètre.
- Pour les voyages en avion, le dosimètre doit être conservé par le porteur ou placé en bagage à main afin d'éviter leur irradiation par les scanners utilisés pour les bagages en soute.

Fiche 12 La signalisation

SIGNALISATION DES ZONES RÉGLEMENTÉES ET SPÉCIALEMENT RÉGLEMENTÉES

Lorsque l'ensemble du local constitue la zone réglementée ou spécialement réglementée, une signalisation par trisecteur, adaptée au niveau de la zone, est affichée à chaque accès. Elle indique la nature du risque radiologique de la zone considérée.

Les panneaux correspondant à cette signalétique sont constitués d'un matériau résistant aux agressions potentielles dues au milieu ambiant.

La zone réglementée peut être limitée à une partie d'un local ou à un espace de travail si :

- la délimitation est continue, visible, permanente ;
- un plan apposé à chaque accès du local indique la localisation de la (ou des) zone (s), le type de zone et la nature du risque (exposition externe, interne) ;
- dans le local, la zone est matérialisée par le trisecteur correspondant et est délimitée par un marquage (au sol ou sur le plan de travail) à l'aide de bandes autocollantes jaunes et noires ou rouges et blanches.

En cas de suppression temporaire ou définitive d'une zone réglementée ou spécialement réglementée, la signalisation doit être enlevée.

En cas de faibles conditions d'éclairage, il est possible d'utiliser des panneaux aux couleurs phosphorescentes et des matériaux réfléchissants.

PANNEAUX DE SIGNALISATION

Zones



Accès en zone surveillée



Accès en zone contrôlée

Zones spécialement réglementées



Accès en zone contrôlée spécialement réglementée jaune



Accès en zone contrôlée spécialement réglementée orange



Accès interdit (sauf autorisation spéciale)

SIGNALISATION DES SOURCES INDIVIDUALISÉES ET DES MATÉRIELS

Sur chaque porte-source (conteneur d'une source scellée ou contenant d'une source non scellée) doivent être apposés le nom du radionucléide, son activité avec la date de sa mesure, le numéro de série ainsi que le trèfle radioactif.

Sur les appareils contenant des sources doivent être apposés le trèfle radioactif, la référence de l'appareil et son numéro de série. De plus, chacune des sources présentes doit comporter les indications énoncées ci-dessus.

**SIGNALISATION DES SOURCES DE CATÉGORIE 1, 2, 3 SELON L'AIEA**

La signalisation définie par l'AIEA s'utilise uniquement pour les sources classées en catégories 1, 2 ou 3 ([Annexe 2](#)). Elle ne doit être visible que lorsque l'on est en présence directe de la source.



Modèle de document support pour le contrôle interne de l'efficacité de la radioprotection

Objectif :

Ce document est destiné à faciliter le contrôle interne de l'efficacité de l'organisation et des dispositifs techniques mis en place au titre de la radioprotection :

- contrôle administratif (périodicité annuelle) ;
- contrôle interne au titre de la gestion des sources radioactives (périodicité annuelle) ;
- contrôle interne des conditions d'élimination des effluents et déchets liées à l'utilisation des sources non scellées (périodicité semestrielle).

Documents supports associés :

- Autorisations et déclarations ASN.
- Pour chaque PCR: certificat de formation, désignation, avis du CHSCT (ou du conseil de laboratoire), lettre de mission.
- Inventaire des sources de rayonnements ionisants (sources scellées, sources non scellées, autres).
- Règlement intérieur.
- Registre de mouvement des sources.
- Procédure en cas de perte/vol.
- Le cas échéant, autorisation de prolongation d'utilisation d'une source scellée,
- Les demandes de fourniture en radionucléides.
- Plan de gestion des déchets.
- Résultats des mesures des déchets et des effluents.
- Programme des contrôles.

Conservation :

À archiver 10 ans par le titulaire de l'autorisation.

Date du contrôle :	
Nom et qualité du contrôleur :	Signature du contrôleur :
Nom et qualité de la PCR :	Visa de la PCR :

SOURCES SCÉLÉES ET NON SCÉLÉES

1. Identification de l'établissement détenant la ou les sources et appareils émetteurs de rayonnements ionisants

• LABORATOIRE

Nom :
Code unité (UMR, UPR...) :
Adresse :

• RESPONSABLE

Nom du titulaire de l'autorisation ou de la personne ayant fait la déclaration :
Nom du directeur d'unité :
Date de fin de mandat du directeur d'unité :

• TUTELLES

Nom de l' (des) employeur (s) :
Nom du (ou des) chef(s) d'établissement :

• ORGANISATION DE LA RADIOPROTECTION

Nombre de PCR :
Nom de(s) PCR :
Lettre de désignation de la PCR <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Certificat de formation PCR (domaine et date d'expiration) <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Avis du CHSCT (ou conseil de laboratoire) <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Lettre de mission <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Si plusieurs PCR, les missions sont-elles réparties ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non

2. Description du domaine d'activité de l'établissement

Recherche et/ou enseignement

3. Contrôles administratifs

• IDENTIFICATION ET LOCALISATION DE LA SOURCE OU INSTALLATION

	Sources scellées	Sources non scellées	Générateurs de rayons X	Accélérateurs	Autres
Nombre					
Salles					

• RÉGIMES ADMINISTRATIFS

Déclaration Oui *si oui, date du récépissé de déclaration :*

Autorisation Oui

Référence de l'autorisation	
Autorité l'ayant délivrée	
Date d'expiration	
Périmètre de l'activité (détention, utilisation...)	

• AUTRES RÉGIMES ADMINISTRATIFS

INB ICPE Régime des Matières Nucléaires

• RÈGLEMENT INTÉRIEUR

Existe

Dispose d'un chapitre sur la radioprotection

4. Inventaire des sources de rayonnements ionisants

Date de transmission à l'IRSN du dernier relevé actualisé des sources :

Conforme Non conforme

SOURCES RADIOACTIVES SCÉLÉES OU DISPOSITIFS CONTENANT DE TELLES SOURCES

1. Existence d'un registre des mouvements de sources

Oui Non Remarque :

2. Existence de formulaire d'enregistrement

Présence pour chaque source scellée d'activité supérieure aux seuils d'exemption

Oui Non Remarque :

3. Existence d'une procédure interne en cas de perte ou de vol de source scellée

Oui Non Remarque :

4. Activités maximales détenues dans l'établissement, par rapport aux limites fixées dans l'autorisation ou la déclaration

Radionucléide	Activité détenue	Limite de l'autorisation	Conclusion	
			Conforme	Non conforme

5. Restitution au fournisseur de toute source scellée sans usage ou périmée

Nombre de sources scellées périmées¹ n'ayant pas encore fait l'objet d'une restitution à un fournisseur ou l'ANDRA :

Raisons/remarques :

6. Conditions liées à la dérogation de reprise de source

Nombre de sources scellées en autorisation de prolongation :

Nombre de sources scellées précédemment soumises aux « CPE² étalonnages » :

Référence des autorisations de prolongation :

Respect du contrôle a minima semestriel des sources de plus de 10 ans :

Oui Non

Respect des conditions supplémentaires définies dans l'autorisation de prolongation :

Oui Non

¹ Critère de péremption d'une source scellée (R1333-52 du Code de la santé publique) : 10 ans après fourniture sauf :

- Source bénéficiant d'une autorisation de prolongation

- Cas particulier des sources précédemment soumises aux « CPE étalonnage » qui périmeront en janvier 2020

² CPE : conditions particulières d'emploi

SOURCES RADIOACTIVES NON SCELLÉES

1. Gestion des sources

1.1 Existence d'un registre des mouvements de sources

Oui Non Remarque :

Pour les sources en bénéficiant, existence du formulaire d'enregistrement

Oui Non Remarque :

1.2 Existence d'une procédure interne en cas de perte ou de vol

Oui Non Remarque :

1.3 Activités maximales détenues dans l'établissement, par rapport aux limites fixées dans l'autorisation ou la déclaration

Radionucléides	Activité détenue	Limite de l'autorisation	Conclusion	
			Conforme	Non conforme

2. Moyens et conditions d'évacuation des effluents et du tri/stockage/élimination des déchets

• TRAÇABILITÉ DES EFFLUENTS ET DES DÉCHETS

Existence d'un registre de production des déchets

Oui Non

Existence d'un registre d'entreposage des déchets

Oui Non

Existence d'un registre d'évacuation des déchets

Oui Non

Réalisation de la déclaration à l'inventaire national ANDRA

Oui Non

• EXISTENCE DU PLAN DE GESTION DES EFFLUENTS ET DES DÉCHETS SUSCEPTIBLES D'ÊTRE CONTAMINÉS

Conforme Non conforme Remarque :

Résultats de mesures et analyses réalisés avant rejets ou élimination des déchets

Conforme Non conforme Remarque :

COMMENTAIRE :

.....

.....

.....

.....

CONCLUSION :

Action(s) correctives à mettre en œuvre et/ou à programmer :	Réponse	Date de réalisation	Visa PCR

Fiche 14 Les appareils de mesure

Caractéristiques des principales sondes utilisées pour la mesure des contaminations de surface

Détecteur	Rayonnements détectés	Rendement de détection sur 4π *	Bruit de fond	Observations
Compteur Geiger-Müller à fenêtre mince (1,5 mg/cm ²)	α toutes énergies β d'énergie > 30 keV	15 % 5 à 20 %	1 c/s	Sensible également aux X et γ avec un faible rendement
Compteur Geiger-Müller à fenêtre épaisse (56 mg/cm ²)	β d'énergie > 250 keV γ d'énergie > 10 keV	3 à 5 % < 1 %	1 c/s	À réserver aux β d'énergie élevée (³² P par exemple)
Photomultiplicateur avec scintillateur ZnS	α toutes énergies	15 à 20 %	< 0,1 c/s	
Photomultiplicateur avec scintillateur plastique	β d'énergie > 300 keV	20 à 40 %	3 c/s	À réserver aux β d'énergie élevée (³² P par exemple)
Photomultiplicateur avec scintillateur NaI mince (3 mm)	Photons X et γ de 5 à 250 keV	15 à 20 %	10 c/s	Détecte aussi les γ d'énergie >250 keV avec un rendement faible
Photomultiplicateur avec scintillateur NaI épais (25 mm)	Photons X et γ d'énergie > 250 keV	10 à 20 %	25 c/s	
Compteur proportionnel scellé	α	10 %	Pour 200 cm ² 0,1 c/s	Possibilité de disposer de compteurs de grande surface
	ou (selon modèle) β , X, γ	10 à 40 %	20 c/s	
Compteur proportionnel à circulation de gaz	α	10%	Pour 200 cm ² 0,1 c/s	Possibilité de disposer de compteurs de grande surface
	et β , X, γ	10 à 40 %	20 c/s	

* Le rendement de détection sur 4π est le rapport entre le nombre d'impulsions délivrées par le détecteur et le nombre de rayonnements émis par la source en 4π . Les chiffres indiqués pour le rendement et pour le bruit de fond sont des ordres de grandeur : ils varient selon le modèle de l'appareil. Pour plus de précision, il convient, dans tous les cas, de se reporter à la fiche technique du fournisseur.

Caractéristiques des principaux appareils utilisés pour la mesure des débits d'équivalents de dose

Détecteur	Rayonnements détectés	Sensibilité	Avantages	Inconvénients
Chambre d'ionisation Type « Babyline »	β , X et γ sous 7 et 300 mg/cm ²	1 Sv/h à 100 mSv/h	Excellente réponse relative aux tissus de l'organisme	Fragile et volumineux
Compteur Geiger-Müller	X et γ Énergie > 50 keV	Variable selon le type d'appareil	Robuste et peu encombrant	Mauvaise réponse aux énergies faibles
Compteur à hélium 3 et sphère polyéthylène	Neutrons de toute énergie	1 Sv/h à 100 mSv/h	Excellente réponse relative aux tissus de l'organisme	

Appareils de mesure de la contamination atmosphérique

• APPAREIL DE PRÉLÈVEMENT POUR FILTRE FIXE

Cet appareil est constitué d'une pompe et d'un support sur lequel on vient fixer le filtre suivi d'un compteur volumétrique. Les filtres utilisés sont de 2 types :

- filtre en papier pour les aérosols,
- filtre en papier imprégné de charbon actif pour l'iode (rendement de filtration voisin de 0,3).

La mesure de la contamination atmosphérique nécessite une installation complexe de comptage. Toutefois, une estimation de l'activité déposée sur un filtre peut être rapidement obtenue en utilisant les sondes de détection en service dans les laboratoires (la sonde à utiliser est déterminée par le type d'émission du radionucléide).

L'estimation de cette activité est donnée par la relation suivante :

$$\dot{A} = \frac{\text{Taux de comptage} - \text{Bruit de fond}}{\text{Rendement de détection}}$$

L'activité A (Bq), ainsi déterminée, est à diviser par le volume V (m³) d'air aspiré : on obtient la valeur de la concentration volumique en Bq/m³.


ATTENTION

La mesure d'un filtre effectuée dès la fin du prélèvement peut être faussée par la présence des descendants solides à vie courte provenant du radon. La période apparente de ces descendants est de l'ordre de 35 à 40 minutes. Il est nécessaire de laisser décroître le filtre pendant 5 heures environ avant de faire la mesure. Selon les endroits et les conditions météorologiques, la concentration du radon dans l'air varie entre quelques Bq et une centaine de Bq par m³.

• APPAREILS ENREGISTREURS D'AÉROSOLS RADIOACTIFS

Dans ce type d'appareil, l'air contrôlé est aspiré à travers un papier filtre qui se déplace devant un détecteur. Il donne une valeur instantanée de l'activité de l'air.

Fiche de liaison PCR/médecin de prévention en cas d'incident ou d'accident en rapport avec des rayonnements ionisants

IMPORTANT

Cette fiche de traçabilité, destinée au dossier médical, peut être complétée *a posteriori*.

Sa rédaction ne doit en aucun cas retarder la prise en charge médicale. Elle ne se substitue pas à l'inscription de l'accident dans la FIERI.

Agent concerné	Nom, prénom : Age :
Laboratoire	Nom du directeur : Téléphone : Mail :
	Nom de la PCR : Téléphone : Mail :
Incident/accident	Date et heure : Lieu (bâtiment, pièce, étage) : Description succincte (<i>en précisant les conditions de la manipulation, notamment l'utilisation ou non d'équipements de protection collective et individuelle</i>) :

Radionucléide	Comptage
<ul style="list-style-type: none"> nature du rayonnement : <input type="checkbox"/> α <input type="checkbox"/> β <input type="checkbox"/> χ <input type="checkbox"/> γ <input type="checkbox"/> η nature chimique : activité manipulée : type de source : 	<ul style="list-style-type: none"> appareil de mesure : sonde : rendement :
Irradiation	Contamination
<ul style="list-style-type: none"> débit : estimation de l'irradiation : surface irradiée : <ul style="list-style-type: none"> - corps entier <input type="checkbox"/> - irradiation localisée <input type="checkbox"/> - autre (projections oculaires, ORL...) <input type="checkbox"/> Précisez : 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> externe • sans blessure <input type="checkbox"/> • avec blessure <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> interne Voie de pénétration : <ul style="list-style-type: none"> • inhalation <input type="checkbox"/> • ingestion <input type="checkbox"/> • cutanée ou muqueuse <input type="checkbox"/>
Essai de décontamination	Traitement d'urgence
<ul style="list-style-type: none"> date et heure : mode : résultat : 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Si oui, lequel ? : À quelle heure ? : • durée de l'exposition : • estimation de l'exposition :

Fiche 16 Traçabilité des sources scellées et non scellées

UN INVENTAIRE DES SOURCES SCELLÉES détenues doit être mis en place dans l'unité. Pour chaque source, il précise :

- la nature du radionucléide ;
- l'activité à la date d'achat ;
- le numéro de visa IRSN ou de la demande de fourniture ;
- la date de livraison et le nom du fournisseur ;
- le numéro de source déterminé en interne (lorsque ce type de gestion existe) ;
- la localisation dans le laboratoire (selon l'organisation en place : stockage sur les lieux d'utilisation ou entreposage centralisé avec mise en place d'un cahier /fiche de prêt).

OUTRE LES INFORMATIONS PRÉCÉDENTES, POUR CHAQUE SOURCE, UN DOSSIER REGROUPE :

- la demande de fourniture ;
- le certificat d'étalonnage délivré par le fournisseur ;
- le certificat de conformité aux normes lorsqu'il existe, indépendamment du certificat d'étalonnage ;
- la localisation et l'historique des prêts dans le laboratoire lorsqu'une source est mise en œuvre par différents utilisateurs ;
- les bons de commande et de livraison ;
- les fiches de prêts précisant les lieux d'utilisation et d'entreposage, la date et la durée du prêt (qui doit être limité) et le nom de l'utilisateur.

POUR LES SOURCES NON SCELLÉES, le même type d'inventaire doit être mis en place. Des informations complémentaires sont nécessaires pour assurer leur traçabilité, en prenant en compte le fractionnement des sources mères, notamment :

- la forme et la nature ;
- les activités massiques, volumiques ;
- le milieu chimique, le volume ou la masse.

Des fiches de suivi de fractionnement des sources mères doivent être créées, comportant les informations relatives à :

- la date de l'opération ;
- le nom de l'opérateur ;

- la quantification du prélèvement et son activité ;
- une référence d'utilisation (reportée sur les contenants en plus des informations de signalisation mentionnées en **fiche 12**) et les éventuelles dilutions réalisées de nouveau, ce qui implique de nouveau la création d'une fiche de suivi d'utilisation précisant par ailleurs le devenir et le suivi en **matière de déchets**.

CAS PARTICULIER DU PRÊT D'UNE SOURCE RADIOACTIVE À UN AUTRE LABORATOIRE

Deux cas sont à considérer :

- 1) La source est d'une activité inférieure aux seuils d'exemption du radionucléide considéré et le laboratoire ne dispose pas d'autorisation de détention/utilisation de radionucléides : le prêt peut s'effectuer, sous réserve d'en informer l'ASN.
- 2) La source a une activité supérieure au seuil d'exemption du radionucléide considéré : il faut s'assurer que le laboratoire à qui le prêt est consenti est titulaire d'une autorisation ASN permettant l'utilisation du radionucléide considéré.

Les conditions de prêt sont explicitées dans les prescriptions particulières annexées aux autorisations délivrées par l'ASN aux unités. Un prêt ne peut avoir de durée supérieure à 6 mois. Une convention de prêt doit être établie précisant notamment les modalités de transport ; de contrôle, de détention et d'utilisation de la source. Les prêts dont la durée excède 31 jours sont déclarés à l'IRSN/UES.

RAPPEL CONCERNANT LES MATIÈRES NUCLÉAIRES

Pour des raisons de sûreté, leur traçabilité doit être garantie par la tenue d'un livre-journal (**Sous-chapitre 3.4.**).

à noter

- Pour des raisons d'assurances, l'utilisation d'un véhicule personnel ou d'un véhicule administratif n'est pas autorisée au CNRS pour transporter des sources radioactives. Ces transports s'effectuent dans le respect de la réglementation du transport des matières dangereuses (**Chapitre 9**).

MESURES DE PRÉVENTION

Limiter l'activité des sources utilisées au minimum compatible avec les besoins de l'expérience et, surtout, éliminer systématiquement les sources devenues inutiles.

Diminuer le temps d'exposition : la définition d'un mode opératoire avant chaque expérience permet de travailler efficacement.

S'éloigner de la source : le débit de dose émis par une source est inversement proportionnel au carré de la distance. Par exemple, si le débit de dose d'une source est égal à 100 mGy par heure à 1 m, il n'est plus que de 1 mGy par heure à 10 m. Le cas échéant, mettre un écran constitué de matériaux spécialement choisis pour absorber ou atténuer les différents rayonnements (**Fiche 2**).

Contrôler régulièrement l'absence de contamination.

Ranger après utilisation les sources dans leur emballage (conteneur – enceinte de stockage).

Signaler individuellement chaque source à l'aide du « trèfle radioactif ».

CONDUITE À TENIR EN CAS D'EXPOSITION ACCIDENTELLE

Les expositions accidentelles peuvent donner lieu à une irradiation externe, une contamination externe ou cutanée, une contamination interne.

1) Irradiation externe

La dose reçue est fonction de l'activité de la source, du type de rayonnement, de la durée de l'exposition, de la distance source/individu, de la présence d'écrans de protection...

Le sujet exposé n'est pas contaminant.

Il doit être écarté rapidement de la source émettrice et l'accès à la zone doit être interdit avant toute action corrective.

La PCR doit être alertée pour la mise en œuvre des consignes d'urgence.

IMPORTANT**À SAVOIR**

- Les rayonnements ionisants ne se voient pas et ne se ressentent pas ; l'exposition doit toujours être confirmée par une analyse des circonstances de l'accident ainsi qu'une évaluation radiologique, clinique et biologique de la dose reçue.
- S'il y a lieu, l'urgence médicale et/ou chirurgicale prime sur l'urgence radiologique.
- Il est indispensable de toujours noter les date, heure et nature d'une exposition / contamination et la topographie d'une contamination.
- En cas d'irradiation, connaître les paramètres suivants permet d'estimer la dose reçue : caractéristiques de la source d'irradiation, configuration d'emploi, scénario d'exposition.

À PRÉVOIR

La PCR doit disposer des coordonnées du service médical compétent à contacter en cas d'accident radiologique (service de médecine de prévention ou autre).

À FAIRE

Le service médical compétent doit être systématiquement informé.

IRRADIATION EXTERNE GLOBALE

- Faire procéder à la lecture urgente des dosimètres pour évaluer la dose reçue (délai maximum de 48 heures pour obtenir un rendu des résultats).
- Faire un état des lieux avec la PCR afin d'évaluer la dose maximale possible délivrée à la victime irradiée.
- S'assurer d'un suivi médical adapté :
 - doses > 1Gy : hospitalisation en milieu spécialisé avec transport médicalisé*.
 - doses < 1 Gy et absence de signes cliniques : contrôle clinique immédiat et à 24h.

*Les parties rédigées en prune concernent des mesures et des actions à mettre en œuvre sur décision médicale.

IRRADIATION EXTERNE LOCALISÉE

Elle peut donner lieu à une sensation de chaleur et de fourmillements (dysesthésies), et pour une dose > 4 Gy, à un érythème (rougeur cutanée), voire un œdème.

- Évaluer la dose reçue par la victime.
- Protéger, dans des conditions stériles, les parties du corps irradiées pour prévenir tout risque d'infection.
- S'assurer d'un suivi médical adapté :
 - si la surface atteinte est supérieure à 18 % de la surface corporelle et /ou s'il existe une atteinte céphalique et/ou si la dose probable est > 4 Gy : hospitalisation avec transport médicalisé.
 - pour les autres cas : surveillance clinique régulière avec suivi photographique des lésions le cas échéant et bilan biologique complémentaire si nécessaire.

2) Contamination externe ou cutanée

Elle est généralement bénigne mais doit être traitée rapidement pour éviter une contamination interne.

Attention : avant décontamination, la victime est contaminante. Les intervenants doivent donc se protéger contre un éventuel transfert de contamination, par le port d'équipements de protection individuelle (blouse ou combinaison type TYVEK, masque, double paire de gants).

La PCR doit être alertée pour la mise en œuvre des consignes d'urgence.

- Procéder à des savonnages soigneux, répétés et non traumatiques, des rinçages abondants et le séchage des parties contaminées.
- Couper les cheveux et ongles contaminés.
- Contrôler une éventuelle contamination résiduelle après lavage et recommencer l'opération jusqu'à son élimination.
- Si les valeurs résiduelles mesurées après plusieurs opérations de lavage sont supérieures au bruit de fond, isoler les parties contaminées (par exemple à l'aide d'un gant scotché sur la main, d'un sac ou d'une enveloppe vinyle scotché sur un bras...). Dans tous les cas, si une contamination persiste malgré les manœuvres de décontamination bien conduites, adresser la victime au

service médical compétent où la décontamination sera éventuellement poursuivie avec des produits et modalités spécifiques.

- Stocker les vêtements de la personne contaminée et le matériel utilisé pour la décontaminer dans des sacs étanches fermés et étiquetés pour les éliminer en filière spécifique ou les gérer en décroissance (ne pas oublier les eaux de lavage).

CONTAMINATION EXTERNE DES MAINS ET AVANT-BRAS

Il faut en particulier redouter le transfert de matière radioactive (manuportage) pouvant ainsi conduire à la contamination de zones de peau indemnes, de matériel manipulé, des personnes portant secours...

CONTAMINATION DE LA TÊTE DONT LE VISAGE

- Dans un mouchoir en papier, faire un prélèvement de mucus nasal par mouchage, dans l'heure qui suit la contamination, pour examen radiotoxicologique.
- Protéger les conduits auditifs, les yeux, les narines et la bouche et procéder à la décontamination :
 - du nez et des oreilles : nettoyage des narines et des oreilles avec des cotons-tiges imbibés de sérum physiologique ou d'eau. Faire un comptage de la radioactivité résiduelle des cotons-tiges ;
 - des yeux : avec des compresses, réaliser un lavage doux de l'intérieur vers l'extérieur avec du sérum physiologique ou de l'eau (éviter l'utilisation de rince-œil) ;
 - de la bouche : rinçage soigneux (eau courante, compresse imbibée...);
 - des cheveux : couper les mèches contaminées, puis réaliser un shampoing doux dans un bac dédié suivi d'un rinçage abondant.

CONTAMINATION GÉNÉRALISÉE

- Faire un prélèvement de mucus nasal par mouchage dans un mouchoir en papier, dans l'heure qui suit la contamination pour examen radiotoxicologique.
- Mettre une toile de plastique par terre, la victime se tenant au centre.
- Faire déshabiller la victime (l'aider si nécessaire) en évitant de disperser la

contamination en roulant les vêtements sur eux-mêmes de l'intérieur vers l'extérieur (les découper si nécessaire). Les emballer dans la toile de plastique et déposer le tout dans un sac poubelle adapté et étiqueté pour élimination. Cette étape permet souvent d'éliminer 80 à 90 % de la contamination.

- Se savonner soigneusement sous la douche, laver les cheveux, rincer et sécher soigneusement.
- Vérifier l'absence de contamination résiduelle.
- S'assurer d'un suivi médical adapté : selon les radio-contaminants manipulés, des prélèvements d'urine et/ou de selles et/ou de sang seront réalisés.

ATTENTION, une contamination externe peut se compliquer d'une contamination interne.

3) Contamination interne

Toute contamination interne doit être traitée au plus tôt, l'efficacité d'un éventuel traitement étant liée à la rapidité de sa mise en œuvre.

Avant de traiter spécifiquement la contamination interne, décontaminer doucement :

- le visage avec de l'eau et du savon au moyen de compresses en allant des orifices vers la partie externe du visage,
- les narines et les oreilles avec des cotons-tiges imbibés d'eau ou de sérum physiologique,
- le cas échéant, le reste du corps par un savonnage et un rinçage prudents.

Ne pas empêcher une toux spontanée de la victime car elle favorise l'expulsion des radio-contaminants inhalés.

CONTAMINATION PAR VOIE CUTANÉE

- Si la peau est saine, elle constitue une barrière pour la plupart des produits radioactifs, à l'exception de l'eau tritiée et de l'iode. Laver avec de l'eau et du savon.
- Si la peau est lésée (plaie, piqûre, brûlure, lésion cutanée type eczéma, psoriasis, acné surinfectée...), laver avec de l'eau et du savon.

- S'assurer d'un suivi médical adapté : évaluation de la contamination interne pour l'eau tritiée et l'iode et, en cas de contamination sur peau lésée, si une intervention chirurgicale est nécessaire, renseigner le chirurgien sur la localisation et la nature de la contamination.

CONTAMINATION PAR INHALATION

Ce mode de contamination concerne des éléments radioactifs les plus volatils.

- S'assurer du suivi médical.
- Horodater et conserver toutes les urines et selles de la victime pour examen radiotoxicologique (suivi de la décroissance de la contamination). Faire de même avec les mouchoirs.

Une anthroporadiométrie peut s'avérer nécessaire.

CAS PARTICULIER DE L'INHALATION D'IODE RADIOACTIF

L'organe cible étant la thyroïde, il existe un protocole spécifique, mis en œuvre par le médecin en charge d'assurer le suivi médical. Il s'agit d'administrer rapidement de l'iodure de potassium (IK) qui inhibe la fixation de l'iode radioactif sur la thyroïde limitant ainsi le risque d'irradiation :

- 1 comprimé de 130 mg d'IK 1 heure après la contamination diminue la fixation de l'iode radioactif de 90 %,
- 1 comprimé de 130 mg d'IK 2 heures après la contamination diminue la fixation de l'iode radioactif de 84 %,
- 1 comprimé de 130 mg d'IK 3 heures après la contamination diminue la fixation de l'iode radioactif de 60 %.

CONTAMINATION PAR INGESTION

Elle accompagne presque obligatoirement toute contamination par inhalation (déglutition réflexe).

- S'assurer du suivi médical : les laxatifs doux peuvent favoriser l'élimination du radiocontaminant.



REMARQUE IMPORTANTE

- Ne jamais manipuler une source non scellée avec une plaie non cicatrisée au niveau des mains.
- Dans le cas de sources fortement irradiantes, il est recommandé de procéder à une manipulation à blanc.

Avant la manipulation

- Veiller à la propreté du local, du plan de travail et du matériel.
- Disposer d'un plan de travail suffisamment grand et non encombré.
- Placer sur la surface de travail un revêtement imperméable et jetable (type Benchkote) ou un plateau à bords relevés facilement décontaminable (polyéthylène, inox).
- Baliser les emplacements où sont manipulés des radionucléides.
- Baliser le matériel réservé aux manipulations radioactives (sorbonnes, bains-marie, centrifugeuses...).
- Régler correctement les appareils de mesure et de contrôle.

Pendant la manipulation

- Porter une blouse, des gants et des lunettes de sécurité et changer de gants aussi souvent que nécessaire, si la manipulation est longue ou s'ils ont été contaminés.
- Porter un dosimètre individuel si techniquement justifié.
- Identifier clairement la vaisselle, les instruments de travail (pipettes automatiques, portoirs...) utilisés pour la radioactivité. Les séparer des autres équipements.
- Manipuler sur un plan de travail maintenu ordonné et propre.
- Utiliser les écrans de protection adaptés. Les placer le plus près possible de la source :
 - plexiglas ou matière plastique pour les émetteurs β ,
 - plomb ou verre au plomb pour les émetteurs X ou γ .

- Utiliser des pinces pour manipuler les sources.
- Poser les pipettes sur des supports adéquats.
- Travailler sous les équipements de confinement dynamique : ne jamais évaporer des solutions sur paillasse, ouvrir les produits à forte tension de vapeur sous sorbonne.
- Éviter les projections à l'ouverture des flacons.
- Limiter l'activité des sources utilisées, éliminer/ranger les sources non utilisées.
- Ne pas pipeter à la bouche.
- Ne pas boire, manger, fumer, se maquiller.
- Ne pas porter les stylos ou marqueurs à la bouche.
- Entreposer les déchets solides dans des récipients spécifiques adaptés, respecter les consignes de tri au poste de travail.
- Entreposer les déchets liquides dans des bonbonnes placées dans des bacs de rétention.
- Réaliser des contrôles réguliers du matériel, des surfaces de travail, de l'opérateur.
- Utiliser des détecteurs adéquats.
- Tout matériel / équipement contaminé doit être balisé immédiatement puis décontaminé.
- Remplir les registres de consommation des sources, des déchets.
- Respecter les consignes de radioprotection au poste de travail.

Après la manipulation

- Vérifier l'absence de contamination :
 - du plan de travail, du sol,
 - du matériel utilisé,
 - de soi-même
- Éliminer toute trace de contamination résiduelle.
- Quitter les gants et la blouse après la manipulation et pour tout déplacement hors de la zone de travail.

- Se laver et se contrôler systématiquement les mains avant de quitter la zone de travail.
- Veiller à ne laisser derrière soi aucune source de risque pour les autres.

Conduite à tenir en cas de contamination des locaux, matériels

La décontamination doit être effectuée dans les plus brefs délais :

- Avertir la PCR.
- Empêcher l'accès au local concerné.
- Éviter toute remise en suspension (fermer les portes, fenêtres).
- Procéder à la quantification et à la suppression de la contamination en s'équipant des EPI et matériel adéquat.
- Repérer et suivre dans le temps les surfaces concernées.
- Contrôler la non dispersion périodiquement.



DÉFINITIONS

LES DÉCHETS RADIOACTIFS sont des objets ou matières contenant des substances radioactives, dont aucun usage ultérieur n'est envisagé et dont la radioactivité entraîne une gestion spécifique.

UN EFFLUENT RADIOACTIF est un gaz ou un liquide contenant des substances radioactives, sous-produit d'un processus industriel ou de laboratoire, qui peut être recyclé, traité ou rejeté dans l'environnement. Les rejets d'effluents radioactifs dans l'environnement sont soumis à autorisation et à contrôle.

Cette fiche propose un plan détaillé du contenu d'un plan de gestion des déchets et effluents. Il est à adapter au contexte de chaque unité.

Le plan de gestion doit être joint à la demande d'autorisation de détenir et d'utiliser des sources non scellées. L'approbation de ce document est matérialisée dans l'autorisation qui est délivrée par l'ASN.

1. MODES DE PRODUCTION DES DÉCHETS ET EFFLUENTS RADIOACTIFS, PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES, FILIÈRES D'ÉLIMINATION RETENUES

- En premier lieu, lister tous les procédés/protocoles au sein du laboratoire générant des déchets et des effluents (utilisation de sources non scellées comme traceurs, radiochimie, préparation d'échantillons en vue de leurs mesures, déchets technologiques et filtres...).

Pour chacun des procédés listés, préciser :

- les radionucléides mis en jeu en précisant la période radioactive ($T_{1/2} < 100$ jours, $100 \text{ jours} < T_{1/2} < 30 \text{ ans}$, $T_{1/2} > 30 \text{ ans}$);
- l'ordre de grandeur des activités mises en jeu dans les déchets (en MBq/kg) ou les effluents (MBq/l ou MBq/m³);

- la nature physico-chimique de chacun des déchets et effluents :
 - forme : liquide, solide, gazeux ;
 - pour les solides : nature des plastiques, matière cellulosique, matière putrescible, verrerie, objets coupants, métaux... ;
 - pour les liquides : forme physico-chimique globale et nature (solvants, huiles, liquides aqueux, liquides organiques), pH, présence et teneur en produits toxiques, CMR... ;
 - pour les gaz : forme physico-chimique globale ;
- pour chaque type de déchets ainsi défini, la filière d'élimination retenue parmi :
 - entreposage en décroissance en vue d'une libération dans une filière conventionnelle ou un rejet direct (pour les très courtes périodes < 100 jours uniquement) ;
 - conditionnement en vue d'une prise en charge dans une filière autorisée (ANDRA) ;
 - entreposage en attente d'ouverture d'une filière ;
 - rejet à l'environnement avant un éventuel prétraitement pour les effluents contaminés par des radionucléides de $T_{1/2} > 100$ jours (nécessite l'obtention d'une autorisation de rejet auprès de l'ASN (voir paragraphe 3 de cette fiche) ;

Si des déchets solides ou liquides ont vocation à être éliminés via l'ANDRA, préciser les catégories ANDRA dont ils relèvent (voir « guide d'enlèvement des déchets radioactifs » de l'ANDRA) : solides incinérables (SI), non incinérables (SNI), putrescibles (SO), compactables ou non, liquides aqueux (LA), solvants (LS)... Pour tout type de déchets « particuliers » n'entrant pas dans les catégories du guide d'enlèvement ANDRA, il faut s'assurer, préalablement à leur production, de leurs conditions de prises en charge par l'ANDRA.

- présenter le retour d'expérience sur les quantités éliminées au cours des précédentes années ou les quantités prévisionnelles de production et de rejet.

2. MODALITÉS DE GESTION DES EFFLUENTS ET DES DÉCHETS RADIOACTIFS

S'il existe déjà des procédures internes, le plan doit y renvoyer (elles sont annexées au plan de gestion).

Pour chaque type de déchets ou effluents défini précédemment, cette partie décrit l'ensemble de l'organisation mise en place au sein de l'installation.

- Tri à la source : expliciter qui le réalise ainsi que les critères retenus d'un point de vue radiologique (radionucléides et périodes), physico-chimique, et des autres risques (CMR, concentration...).
- Conditionnement : présenter les emballages retenus pour chaque type de déchets.
- Effluents liquides ou gazeux : préciser s'ils font l'objet d'un entreposage dans des conteneurs (bonbonnes...) ou d'un système de cuves.
- Identification et caractérisation : lister les informations qui sont reportées sur chaque emballage (radionucléide, activité, masse ou volume, date de production ou fermeture de l'emballage, pose du trisecteur...) ainsi que les méthodes d'évaluation de l'activité retenue (calcul à partir de la consommation, mesure et utilisation d'une fonction de transfert et d'un spectre type, mesure sur un prélèvement représentatif et application de l'activité massique volumique à l'ensemble du lot, calcul d'activation pour pièces activées...).
- Acheminement des lieux de production vers les lieux d'entreposage : expliciter qui le réalise, à quelle fréquence et suivant quelles modalités. Préciser la distance entre les lieux de production et les lieux d'entreposage. Pour les effluents, présenter les caractéristiques de tenues des canalisations aux agressions physico-chimiques et leur repérage.
- Entreposage (voir paragraphe 4 de cette fiche).
- Prétraitement éventuel (ex : filtration pour les gaz, compactage de déchets solides, séparation des différentes phases au sein d'un liquide, épandage de liquide sur absorbant, réduction de pH...).

La traçabilité mise en place doit être présentée :

- registre de production des déchets,
- identification et remplissage d'un emballage (au poste de travail, lors de la mise en conditionnement final),
- registre d'évacuation, enregistrement des bordereaux de suivi de déchets radioactifs (BSDR) ;
- déclaration à l'inventaire annuel de l'ANDRA des déchets radioactifs,
- actions de formation / sensibilisation du personnel (présentation des règles, localisation des zones à déchets contaminés, des zones d'entreposage, conduite à tenir en cas de contamination...).

3. DISPOSITIONS PRATIQUES D'ÉLIMINATION DES DÉCHETS ET DES EFFLUENTS LIQUIDES ET GAZEUX ET LES MODALITÉS DE CONTRÔLES ASSOCIÉS

Pour les déchets de période < 100 jours

- Préciser la durée d'entreposage en décroissance (minimum 10 périodes sauf justification à décrire).
- Décrire les modalités de contrôle de l'activité résiduelle à l'issue de cette décroissance :
 - mesure ou calcul,
 - type d'appareil utilisé en justifiant de sa sensibilité et de ses caractéristiques par rapport aux radionucléides,
 - seuil de libération (a minima 2 fois le bruit de fond de l'appareil),
 - traçabilité associée.

Pour les déchets de période > 100 jours

- Préciser quand et comment sont effectués les contrôles :
 - de non-contamination du colis (<4 Bq/cm² en β / γ et <0,4 Bq/cm² en α),
 - d'irradiation du colis,
 - de la masse du colis avant la collecte par l'ANDRA.
- Pour chaque instrument de mesure utilisé, préciser les caractéristiques.

Pour les effluents liquides de période < 100 jours

- Préciser la durée d'entreposage en décroissance (minimum 10 périodes sauf justification à décrire).
- Décrire les modalités de contrôle de l'activité résiduelle à l'issue de cette décroissance :
 - mesure ou calcul suivant un protocole à décrire,
 - type d'appareil utilisé en justifiant de sa sensibilité et de ses caractéristiques par rapport aux radionucléides,
 - seuil de libération < 10 Bq/l et mesure < 2 fois le bruit de fond,
 - traçabilité associée.

Dans le cas de rejets dans un réseau d'assainissement, les conditions du rejet sont fixées après acceptation par le réceptionnaire final des effluents (autorisation prévue par l'article L. 1331-10 du Code de la santé publique).

Pour les effluents liquides et gazeux de période > 100 jours

Si les procédés envisagés nécessitent le rejet d'effluents, la demande d'autorisation de détention/utilisation de sources non scellées comporte :

- 1° une étude technico-économique justifiant l'efficacité des dispositions mises en œuvre pour limiter la quantité d'activité rejetée ;
- 2° une étude d'incidence présentant les effets des rejets sur la population, l'environnement et les travailleurs ;
- 3° les modalités mises en place pour contrôler les rejets et les suspendre si certains critères ne sont pas respectés ;
- 4° l'acceptation du rejet par le réceptionnaire final, pour les effluents liquides.

Une estimation de rejets ainsi que les contrôles permettant de quantifier ces effluents effectivement rejetés doivent être présentés.

4. IDENTIFICATION ET DESCRIPTION DES LIEUX DESTINÉS À ENTREPOSER LES EFFLUENTS ET LES DÉCHETS

Ces lieux clos doivent être réservés à l'entreposage des déchets radioactifs.

- Les lister et les décrire : superficie, système de verrouillage de la porte et de rappel automatique de fermeture, ventilation (et devenir des filtres le cas échéant), caractère décontaminable des parois, rétention, moyen de prévention d'incendie et d'intervention en cas de dispersion de substances, calcul des épaisseurs des protections vis-à-vis du risque d'irradiation.
- Préciser les règles d'exploitation du lieu : les personnes habilitées à y accéder, les consignes du local (absence de poste de travail, consigne en cas d'urgence, enregistrement dans un registre des entrées/sorties de déchets).
- Mettre un plan en annexe identifiant les points de rejets.

5. IDENTIFICATION ET LOCALISATION DES POINTS DE REJETS DES EFFLUENTS LIQUIDES ET GAZEUX RADIOACTIFS

Mettre un plan en annexe identifiant ces zones.

6. DISPOSITIONS DE SURVEILLANCE PÉRIODIQUE DU RÉSEAU RÉCUPÉRANT LES EFFLUENTS LIQUIDES DE L'ÉTABLISSEMENT

Des valeurs moyennes et maximales de rejets au niveau de la jonction des collecteurs de l'établissement et du réseau d'assainissement doivent être introduites dans le plan de gestion. Les dispositions permettant de vérifier le respect des limites doivent être présentées.

7. DISPOSITIONS DE SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT

En cas de rejet approuvé par l'ASN suite à une étude d'incidence, présenter les dispositifs de mesures utilisés, la périodicité des mesures.

(N°ONU, désignation de la matière)

Exemple : UN 3332, Matières radioactives en colis de type A sous forme spéciale non fissiles ou fissiles exceptées, Classe 7, ADR

Expéditeur	Destinataire
Nom :	Nom :
Société :	Société :
Service :	Adresse :
Adresse :	
Ville :	Ville :
Pays :	Pays :
Téléphone :	Téléphone :
Télécopie :	Télécopie :

Contenu(s)	
Nom du radionucléide et symbole	
Description du produit - État physico chimique	
Forme spéciale	
Activité	
Activité Totale	

Emballage et étiquetage					
Type de colis	Dimensions	Indice transport	Indice sûreté* criticité	Étiquetage	
Colis exceptés		/	/	I Blanc	
Colis de type A				II Jaune	
Colis				III Jaune	
Masse brute du colis :					

Envoi sous utilisation exclusive : Oui Non

Remarques : Débit de dose gamma au contact de l'emballage :
Débit de dose neutrons au contact de l'emballage :

« Je déclare que le contenu de ce chargement est décrit ci-dessus de façon complète et exacte par la désignation officielle de transport et qu'il est convenablement classé, emballé, marqué, étiqueté, muni de plaques étiquettes et à tous les égards bien conditionné pour être transporté conformément aux réglementations internationales et nationales applicables. »

Fait à _____, le _____ Signature

Nom et qualité du signataire :

* Si matière nucléaire

ANNEXE À LA DÉCLARATION D'EXPÉDITION

Expéditeur	Destinataire
Nom :	Nom :

Emballage :	Contenu(s) :
Numéro :	Description :
	Activité totale :

TRANSPORTEUR	Société/Service :
Je soussigné (nom du conducteur) , déclare :	
<ul style="list-style-type: none"> • avoir pris connaissance des consignes de sécurité qui m'ont été remises pour ce transport, • avoir vérifié le chargement (arrimage des colis, signalisation et étiquetage du véhicule), • disposer des équipements de première intervention réglementaires et de ceux décrits dans les consignes, • disposer des consignes de sécurité. 	
Poids brut total :	Date :
Nombre de colis effectivement chargés :	Signature :

Rappels réglementaires (non exhaustifs) :

Le débit d'équivalent de dose ne doit pas dépasser 2 mSv/h en tout point de la surface externe d'un colis et 0,1 mSv/h à 1 m du colis. Pour le colis excepté le débit d'équivalent de dose au contact du colis doit être inférieur à 0,005 mSv/h.

De même, l'intensité du rayonnement en tout point externe du véhicule ne doit pas dépasser 2 mSv/h et 0,1 mSv/h à 2 m de la surface externe du véhicule.

RADIOPROTECTION AU DÉPART	Unité :
Je soussigné (nom de l'agent de radioprotection) , déclare avoir vérifié :	
<ul style="list-style-type: none"> • que la déclaration d'expédition a été remise au conducteur, • la validité et l'adaptation au transport à entreprendre de l'unité de transport, • l'arrimage des colis, la conformité de l'étiquetage des colis et de l'unité de transport, • que le conducteur est titulaire d'une attestation de formation en cours de validité et adaptée au transport à entreprendre. 	
Date :	Signature :

Débit d'équivalent de dose (mSv/h)		Contamination résiduelle (Bq/cm²)	
Au contact du colis		Au niveau du colis (β, γ)	
À 1 m du colis		Au niveau du colis (α)	
Au contact du véhicule		Au niveau du véhicule (β, γ)	
À 2 m du véhicule		Au niveau du véhicule (α)	
Au niveau de la cabine		Appareils utilisés :	
Date du contrôle :			
Remarques :			

La contamination résiduelle non fixée sur une surface accessible du colis doit rester inférieure à 4 Bq/cm² pour les rayonnements bêta, gamma et alpha de faible toxicité et 0,4 Bq/cm² pour les autres rayonnements émetteurs alpha. Cependant il est conseillé de prendre respectivement les valeurs de 0,4 et 0,04 Bq/cm².

ÉVÉNEMENTS SIGNIFICATIFS EN RADIOPROTECTION ET DANS LE TRANSPORT

Le Code de la santé publique impose de déclarer à l'ASN et au représentant de l'État dans le département (préfet) les événements ayant ou pouvant avoir un impact « **significatif** » sur la protection de la santé publique, de la salubrité et de la sécurité publiques, ainsi que sur l'environnement, liés à l'exercice de cette activité ou à des actes de malveillance.

L'ASN a édité le guide n° 11 « Événements significatifs dans le domaine de la radioprotection (hors INB et transports de matières radioactives) : déclaration et codification des critères » en plus du guide relatif aux événements significatifs dans les transports et INB (**guide n° 31, chapitre 9**).

Principaux critères de déclaration des événements significatifs de radioprotection

Critère 1 : exposition des travailleurs

Critère 2 : exposition des patients

Critère 3 : exposition du public

Critère 4 : gestion des sources, rejets, déchets

Critère 5 : acte de malveillance

Critère 6 : autre

Principaux critères de déclaration des événements significatifs de transport

Critère 1 : événement ayant entraîné une dégradation significative d'une barrière de confinement de la substance radioactive transportée ou d'une fonction de sûreté du colis.

Critère 2 : événement conduisant ou pouvant conduire à une agression significative du colis, de la matière transportée non emballée ou du moyen de transport affectant la sûreté du transport, quelle qu'en soit la cause (phénomènes naturels ou activité humaine).

Critère 3 : non-respect d'une limite réglementaire applicable à l'intensité de rayonnement ou à la contamination.

Critère 4 : défaut de traçabilité ou présence en un lieu inapproprié d'un colis de substance radioactive.

Critère 5 : non-respect d'une exigence réglementaire du transport de substances radioactives ayant des conséquences significatives, écart ou non-conformité en lien avec les dispositions visant à garantir la protection des intérêts mentionnés au L. 593-1 du Code de l'environnement.

Critère 6 : événement affectant une fonction de sûreté jugé mineur et sans conséquence, dès lors qu'il présente un caractère répétitif dont la cause n'a pas été identifiée ou qui est susceptible d'être précurseur d'événements significatifs impliquant les transports.

Critère 7 : autre événement en lien avec le transport de substances radioactives et jugé significatif.

Plusieurs critères peuvent être retenus au sein d'une même déclaration.

Délai de déclaration

La déclaration doit avoir lieu le plus tôt possible après la détection de l'événement significatif (48h pour les ESR et 4 jours ouvrés pour les EST). Elle doit être immédiate en cas d'urgence radiologique et de perte ou vol de sources radioactives.

Coordination nationale de prévention et de sécurité

1, place Aristide-Briand - 92195 Meudon Cedex

Tél. : 01 45 07 54 88

Mail : cnps@cnrs-dir.fr