

RECOMMANDATIONS DE BONNE PRATIQUE

**SURVEILLANCE MÉDICO-PROFESSIONNELLE  
DE L'EXPOSITION INTERNE AUX RADIONUCLÉIDES  
EN INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE**

JUILLET 2011



## **Recommandations de bonne pratique**

### **Surveillance médico-professionnelle de l'exposition interne aux radionucléides en Installations Nucléaires de Base**

#### **Recommandations**

---

Recommandations élaborées selon le guide méthodologique  
"Recommandations pour la pratique clinique"  
publié par la Haute Autorité de Santé

---

Juillet 2011

---

Cette recommandation de bonne pratique a reçu le label de la Haute Autorité de Santé (HAS).

Ce label signifie que la recommandation a été élaborée selon les procédures et règles méthodologiques préconisées par la HAS.

Toute contestation sur le fond doit être portée directement auprès de la société promotrice, la Société Française de Médecine du Travail (SFMT).

---

L'ensemble des textes : argumentaire, version courte des recommandations, fiches d'information, est téléchargeable sur le site de la SFMT à l'adresse :  
[www.chu-rouen.fr/sfmt/pages/Recommandations.php](http://www.chu-rouen.fr/sfmt/pages/Recommandations.php)

**SOM-**

**MAI-**

**RE.**

LEXIQUE	8
RECOMMANDATIONS	16
<b>1</b> Introduction	<b>16</b>
<b>1-1</b> Thème des recommandations	<b>17</b>
<b>1-2</b> Objectifs	<b>17</b>
<b>1-3</b> Questions abordées	<b>18</b>
<b>1-4</b> Limites des recommandations	<b>18</b>
<b>1-5</b> Actualisation des recommandations	<b>18</b>
<b>1-6</b> Population et professionnels de santé concernés	<b>19</b>
<b>1-7</b> Méthode	<b>19</b>
Gradation des recommandations	<b>19</b>
<b>2</b> Thème A   Estimation de la dose efficace engagée : objectifs – mise en œuvre – communication – traçabilité et archivage	<b>22</b>
<b>A-1</b> Objectifs de l'estimation de la dose efficace engagée	<b>23</b>
<b>A-2</b> Mise en œuvre de l'estimation dosimétrique	<b>24</b>
<b>3</b> Thème B   Programmes de surveillance	<b>26</b>
<b>B-1</b> Finalités et méthodes de mise en œuvre	<b>27</b>
<b>B-2</b> Surveillance de routine	<b>28</b>
<i>étape 1 : éléments d'évaluation du risque d'exposition</i>	
<i>étape 2 : pondération du risque d'exposition pour décision sur la nécessité de mise en place d'un protocole de surveillance</i>	
<i>étape 3 : protocoles de surveillance de routine</i>	
<i>étape 4 : validation du programme de surveillance de routine</i>	
<b>B-3</b> Surveillance spéciale (post-événementielle)	<b>33</b>
<i>étape 1 : éléments d'analyse de l'évènement</i>	
<i>étape 2 : protocole de surveillance spéciale initial pour estimer le risque d'exposition (gradation initiale) ?</i>	
<i>étape 3 : protocoles de surveillance spéciale à visée dosimétrique</i>	
<i>étape 4 : validation du programme de surveillance spéciale</i>	
<b>B-4</b> Les examens de laboratoire	<b>41</b>
<b>B-5</b> Les éléments socio-économiques	<b>45</b>
<b>4</b> Thème C   Estimation dosimétrique à partir des résultats	<b>46</b>
<b>C-1</b> Quels modèles et valeurs de paramètres par défaut utiliser ?	<b>47</b>





# LE- XI- QUE.

En vue de faciliter la lecture du texte, les abréviations et acronymes utilisés sont explicités ci-dessous.

AIEA (IAEA)	Agence Internationale de l'énergie Atomique (International Atomic Energy Agency)
AFNOR	Association Française de Normalisation
ALARA	As Low As Reasonably Achievable (Aussi Bas Que Raisonnablement possible) Dénommé Optimisation
AMM	Autorisation de Mise sur le Marché
ANAES	Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé
APA	Appareil de Prélèvement Atmosphérique
ASN	Autorité de Sûreté Nucléaire
AREVA	Groupe industriel français spécialisé dans les métiers de l'énergie en particulier nucléaire
BAG	Boite à Gants
BEH	Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire
BEIR	Biological Effects of Ionizing Radiations (effets biologiques des radiations ionisantes)
BIOTOX	Guide biotoxicologique pour les médecins du travail (INRS)
Bq / mBq	Becquerel / milliBecquerel
CDT	Code du travail
CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Energies Alternatives
CERRIE	Committee Examining Radiation of Internal Emitters
CIPR (ICPR)	Commission Internationale de Protection Radiologique
CHSCT	Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail
CHSCT élargi (CIESCT pour EDF)	Dans les établissements à haut risque industriel classés «SEVESO seuil haut» ou comprenant une installation nucléaire civile, il est prévu que les CHSCT de ces établissements se réunissent en formation élargie aux salariés et chefs des entreprises extérieures désignés, lorsque cette réunion a pour objet de contribuer à la définition des règles communes de sécurité dans l'établissement et à l'observation de mesures préventives CIESCT : Commission Inter-Entreprises sur la Sécurité et les Conditions de Travail
CMR	Cancérogène Mutagène Toxique pour la Reproduction

Cofrac	Comité français d'accréditation
CSP	Code de la santé publique
DAMA	Diamètre aérodynamique médian en activité également dénommé granulométrie
DAM	Direction des Applications Militaires
DGT	Direction Générale du Travail
DOE (EERE)	The Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
DPUI	Dose par Unité Incorporée
EBR	Efficacité Biologique Relative
EDF	Électricité de France
EPI	Équipement de Protection Individuel
EMC	Encyclopédie Médico-Chirurgicale
EURATOM	European Atomic Energy Community (Communauté Européenne de l'énergie Atomique)
GT	Groupe de Travail
Gy / mGy	Gray / milli Gray
HAS	Haute Autorité de Santé
IARC	International Agency for Research on Cancer (agence internationale de recherche contre le cancer)
IDEAS	General guidelines for the assessment of internal dose from monitoring data
ICPE	Installations Classées Pour l'Environnement
ICP MS	Analyse par spectrométrie de masse couplée à une torche à plasma
ICRU	International Commission Radiations Units and Measurements (Commission Internationale des unités et des mesures des rayonnements)
INB	Installation Nucléaire de Base
INRS	Institut National de Recherche Scientifique
IRSN	Institut de Radioprotection et Sécurité Nucléaire
ISO	Organisation Internationale de Normalisation

JO	Journal Officiel
LBM	Laboratoire de Biologie Médicale
LD	Limite de détection
MOX	Mélange d'OX d'uranium et de plutonium
NRBC	Nucléaire Radiologique Biologique Chimique
NCRC	Canadian Nuclear Safety Commission
NCRP	National Council on Radiation Protection and Measurements
NE	Niveau d'Enregistrement
NED	Niveau d'Enregistrement Dérivé
NF	Normes Françaises
OE	Organisme Entier
ONU	Organisation des Nations Unies
OPTIMISATION	Voir ALARA
PCR	Personne Compétente en Radioprotection
PN	Prélèvements Narinaires
REX	Retour d'Expérience
SEE	Specific Effective Energy - Énergie massique efficace - dose équivalente reçue dans un organe cible pour une désintégration nucléaire dans un organe source
SISERI	Système d'Information pour la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants
SFMT	Société Française de Médecine du Travail
SFRP	Société Française de Radioprotection
SST	Service de Santé au Travail
Sv / mSv	Sievert / milliSievert
TEL	Transfert d'Énergie Linéique
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee of the Effects of Atomic Radiation (Comité scientifique des Nations-Unies sur les effets des rayonnements ionisants)

# DÉFI- NITI- ONS.

## DÉFINITIONS

Les termes utilisés dans ce guide et dans la rédaction des recommandations sont les termes utilisés dans les textes réglementaires. Ces termes peuvent être différents de ceux utilisés dans les publications de la CIPR, les normes, ou autres guides. La concordance entre les différentes dénominations est précisée dans le lexique. La notation retenue pour l'écriture des radionucléides est la suivante : Symbole-nombre de masse. Exemple : pour le Cobalt 60 Co-60.

Les valeurs seront exprimées en notation scientifique. (exemple :  $3.10^2 = 3 \text{ E}+02$ ).

<i>Définitions</i>	<i>Libellé</i>
Absorption et Types d'absorption	Absorption caractérisée par un taux de transfert des composés déposés et qui, en fonction du composé, est désignée comme étant de type F, M ou S.
-	Type F : absorption de composés qui ont un taux de transfert rapide (en anglais, fast) du site de dépôt de l'arbre respiratoire vers les fluides du corps
-	Type M : absorption de composés qui ont un taux de transfert intermédiaire (en anglais, moderate) du site de dépôt de l'arbre respiratoire vers les fluides du corps
-	Type S : absorption de composés qui ont un taux de transfert lent (en anglais, slow) du site de dépôt de l'arbre respiratoire vers les fluides du corps.
-	Autre dénomination : solubilité, transférabilité.
-	-
Actinides	Nom destiné aux éléments chimiques dont le numéro atomique va de 89 inclus à 103 inclus dans la classification du tableau périodique des éléments.
-	-
-	-
Activité	L'activité A d'une quantité d'un radionucléide à un état énergétique déterminé et à un moment donné est le quotient de dN par dt, où dN est le nombre probable de transitions nucléaires spontanées avec émission d'un rayonnement ionisant à partir de cet état énergétique dans l'intervalle de temps dt.
-	Elle est exprimée en becquerels (Bq).
-	-
ALARA	Voir optimisation.
-	-
Ca-DTPA	Diethylene Triamine Penta Acétate calcique = complexant du plutonium et de l'américium qui agit par protection des organes cibles.
-	-
-	-
Contamination	Contamination d'une matière, d'une surface, d'un milieu quelconque ou d'un individu par des substances radioactives.
-	Dans le cas particulier du corps humain, cette contamination radioactive comprend à la fois la contamination externe cutanée et la contamination interne par quelque voie que ce soit.
-	-
-	-
Demi-vie	Voir période.
-	-
Dépôt	Particules radioactives déposées, exprimé en % de l'activité initialement déposée.
-	-
-	-
-	-

Diamètre aérodynamique	Valeur du diamètre aérodynamique telle que 50% de l'activité dans l'air d'un aérosol défini sont associés à des particules plus petites que le DAMA, et que 50% de l'activité sont associés à des particules plus grosses que le DAMA.
Médian en activité (DAMA)	Note : Le diamètre aérodynamique d'une particule dans l'air est le diamètre correspondant à une sphère de densité unitaire qui devrait posséder la même vélocité dans l'air que la particule étudiée
-	Également dénommé Granulométrie.
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
DPUI	Voir h(g).
-	-
Dose efficace (E)	Somme des doses équivalentes pondérées délivrées par exposition interne et externe aux différents tissus et organes du corps mentionnés dans l'arrêté prévu à l'article R. 231-80.
-	Elle est exprimée en sievert.
-	-
-	-
Dose efficace engagée (E50)	Dose efficace intégrée sur 50 ans après l'incorporation pour les travailleurs.
-	-
Ecart-type géométrique	Dépend de la distribution log-normale des mesurages sur des échantillons biologiques.
-	Voir facteur de dispersion.
-	-
Facteur de dispersion	Ecart-type géométrique de la distribution log-normale des mesurages sur des échantillons biologiques.
-	-
f (t) fonction d'excrétion	Fraction de l'incorporation éliminée de l'organisme dans les excreta (urines ou selles), à un temps (t) donné suivant l'incorporation.
-	-
-	-
f (t) fonction de rétention	Fraction de l'incorporation retenue dans l'organisme ou dans un tissu, un organe cible ou une région corporelle, après un temps donné suivant l'incorporation.
-	-
-	-
Gain dosimétrique	Pourcentage de dose évitée grâce à l'action thérapeutique par rapport à la dose qui serait reçue sans traitement.
-	-
-	-
Gray	Quantité d'énergie cédée par unité de masse de matière appelée la dose absorbée.
-	Elle est exprimée en joules / kg (gray).
-	-
-	-
h (g)	Coefficient de dose efficace engagée par unité d'incorporation Anciennement dénommé DPUI.
-	-
-	-
-	-

Incorporation	Activité des radionucléides pénétrant dans l'organisme à partir du milieu ambiant. Il existe 3 voies classiques d'incorporation : l'inhalation - l'ingestion et la pénétration par voie per ou transcutanée (plaie).
-	-
-	-
-	-
-	-
Limite de détection	C'est la plus petite valeur vraie du mesurande qu'il est possible de détecter par la méthode de mesurage.
-	-
Optimisation	Anciennement dénommée ALARA (As Low as Reasonably Achievable), soit abaissement de la dosimétrie au niveau le plus bas raisonnablement possible (le gain dosimétrique doit rester raisonnable eu regard de l'investissement nécessaire et des contreparties de certaines mesures
-	(par exemple : les contraintes générées par les protections individuelles).
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
Période	Temps au bout duquel l'activité initiale est divisée de moitié (demi-vie).
-	-
-	-
Programme de surveillance	Ensemble de la démarche depuis l'analyse de risque jusqu'à la validation du programme de surveillance défini.
-	-
Protocole de surveillance	Aspect d'un programme relevant de la responsabilité médicale en particulier la prescription.
-	-
Propreté radiologique	Expression concernant l'état des installations nucléaires.
-	-
-	-
Radionucléide	Nucléide radioactif. Nom donné aux atomes d'éléments radioactifs naturels ou artificiels
-	-
-	-
Seuil de décision	Valeur invariable du mesurande qui lorsqu'elle est dépassée par la valeur du résultat du mesurage actuel d'un mesurande quantifiant un effet physique, il est décidé que l'effet physique est présent.
-	-
-	-
-	-
-	-
Transférabilité	Voir absorption.
-	-
Transuraniens	Éléments chimiques du tableau périodique des éléments dont le chef de file est le plutonium.
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

# INT- RO- DUC- TION.

## 1-1 | Thème des recommandations

Le thème de travail concerne la surveillance médico-professionnelle de l'exposition interne aux radionucléides d'origine professionnelle des travailleurs exposés à ce risque dans les installations nucléaires de base (INB).

*L'exposition interne par des radionucléides est le terme réglementaire pour parler d'une contamination interne. Elle correspond à la pénétration (incorporation) à l'intérieur de l'organisme humain d'un ou plusieurs radionucléides. Ce terme a été retenu par analogie avec celui d'exposition externe, pour laquelle l'irradiation s'arrête dès que le travailleur est sorti du poste de travail.*

*À l'inverse, pour une exposition interne, l'irradiation se poursuit tant que les radionucléides n'ont pas été éliminés de l'organisme, même après le retrait du travailleur du poste de travail.*

*La conséquence d'une exposition interne s'évalue par l'estimation d'une dose délivrée sur l'organisme entier (dose efficace) sur une durée (heures, jours, mois, années) selon l'élimination du radionucléide.*

*Le calcul de la dose efficace prend en compte la durée de rétention dans l'organisme, d'où la dénomination de dose efficace engagée (dans le temps). Réglementairement pour le travailleur, le calcul est réalisé sur une période de 50 ans après l'exposition.*

*C'est une étape indispensable pour guider les décisions du médecin du travail.*

En 2003, plusieurs décrets et arrêtés retranscrits en 2007 dans le Code du Travail et le Code de la Santé Publique, ont reprecisé le cadre réglementaire de cette surveillance en confirmant les exigences en terme de principes et objectifs généraux sans définir de manière opérationnelle le contenu et la méthode pour y répondre, en particulier pour la définition des programmes de surveillance et l'estimation du bilan dosimétrique et sanitaire.

Les médecins du travail en pratique courante sont confrontés à des difficultés de compréhension et d'appropriation de la méthode d'évaluation de la dose efficace engagée suite à exposition interne. Cette évaluation est un exercice difficile malgré l'abondance de la littérature et des données scientifiques existantes sur le domaine concerné.

## 1-2 | Objectifs

Elles visent à optimiser la prévention du risque d'exposition interne et le suivi médical des travailleurs exposés à ce risque en permettant :

- d'homogénéiser les pratiques professionnelles de médecin du travail,
- de renforcer la prévention primaire de par la contribution à l'amélioration de la propreté radiologique des postes de travail en coordination avec les autres acteurs de la prévention en santé au travail et la prise en compte du retour d'expérience,
- d'améliorer les actions d'information aux travailleurs sur la nature du risque.

Elles répondent à un triple objectif :

- 1/ améliorer la mise en place de protocoles de surveillance adaptés au risque d'exposition (thème B),
- 2/ préciser la méthode pour l'interprétation des données de la surveillance (thème C),
- 3/ disposer d'éléments d'estimation du risque sanitaire associé à une dose (thème D).

### 1-3 | Questions abordées

Les recommandations répondent aux questions suivantes :

Pour la mise en œuvre – communication – traçabilité et archivage (Thème A) :

- Pourquoi et à partir de quel niveau estimer la dose ?
- Comment et qui ?
- Quels résultats communiquer ? à qui ? sous quelles formes ?
- Comment tracer et archiver ?

Pour les programmes de surveillance (thème B) :

- Quelles sont les finalités, principes et catégories des programmes de surveillance ?
- Quels sont les éléments nécessaires pour l'évaluation du risque ?
- Quel protocole mettre en place et comment valider sa pertinence ?
- Quel impact des éléments socio économiques sur le programme de surveillance ?

Pour l'estimation de la dose efficace engagée (thème C) :

- Quels modèles et valeurs de paramètres par défaut utiliser ?

- Quelle méthode pour l'interprétation rapide des premiers résultats d'examen ?
- Comment estimer et valider l'activité incorporée et la dose efficace engagée ?
- Que peut-on dire sur l'incertitude sur le résultat de l'estimation dosimétrique ?
- Que peut-on attendre des logiciels de calculs de dose ?
- Quelles sont les alternatives à l'utilisation du modèle par défaut ?

Pour le risque sanitaire et la prise en charge par le médecin du travail (thème D) :

- À partir de quelle dose efficace engagée faut-il évaluer le risque sanitaire ?
- Comment l'évaluer ?
- Comment répondre aux travailleurs quant à la signification sanitaire liée à la dose estimée ?

### 1-4 | Limites des recommandations

Ces recommandations concernent le champ médico-professionnel du secteur nucléaire en INB, mais elles pourront servir de base à l'élaboration de recommandations couvrant un champ plus élargi englobant le secteur médical, la recherche et les industries non nucléaires.

Elles sont également pour partie limitées de par la spécificité de la réglementation française sur le sujet.

**CONCERNANT LES CIRCONSTANCES D'EXPOSITION**, les recommandations sont ciblées sur les expositions par inhalation, qui correspondent aux modalités d'exposition principale des travailleurs.

Elles abordent également la problématique d'une exposition suite à contamination par plaie

contaminée, qui peut entraîner une dose locale au niveau du point d'entrée et une dose liée au transfert direct systémique (passage dans le sang suivant le modèle « injection »).

Elles ne concernent pas la problématique des expositions suite à ingestion de produits contaminés, qui correspondent aux modalités d'exposition principale des populations.

**CONCERNANT LES RADIONUCLÉIDES CHOISIS**, les recommandations sont limitées aux principaux radionucléides à l'origine des expositions professionnelles en INB, qui sont :

<b>Émetteurs Gamma *</b>	Co-58 (S), Co-60 (S), Ag-110m (S), Cs-137 (F), I-131 (F)
<b>Émetteurs Beta</b>	H-3, C-14, P-32, Sr-90, Ni-63
<b>Émetteurs Alpha *</b>	Uranium naturel UF6 (F), UO2 (S), Pu-238-239-240 nitrate (M) et oxyde (S) Am-241 (M), Th-232 (S)

### 1-5 | Actualisation des recommandations

Ces recommandations sont établies dans un contexte donné d'avancées scientifiques pour la période 2011-2016.

Elles devront être réactualisées en fonction des évolutions scientifiques et des réglementations qui en découleront, et en tenant compte du retour d'expérience des pratiques professionnelles.

\* nom du radionucléide et type d'absorption entre parenthèses.

## 1-6 | Population et professionnels de santé concernés

Ces recommandations concernent l'ensemble des travailleurs (de l'ordre de 64 000 - rapport IRSN rapport 2009) intervenant dans une installation nucléaire de base INB des domaines civil et militaire (soit 126 INB réparties sur le territoire français au 31 décembre 2010 – source Décision n° 2011-DC-0204 de l'Autorité de Sécurité Nucléaire du 4 janvier 2011) et exposés à un risque d'exposition interne par des radionucléides.

Les INB concernées sont essentiellement celles des exploitants suivants :

- AREVA,
- Le Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies alternatives (CEA),
- Électricité de France (EDF),

– la Direction Générale de l'Armement (DGA) et le secteur de la Défense.

Elles sont destinées aux professionnels en santé au travail exerçant dans le domaine concerné, soit environ 450 médecins du travail et leurs équipes (infirmiers en santé au travail).

Elles peuvent également concerner les médecins hospitaliers, urgentistes... susceptibles de prendre en charge des victimes d'accident radiologique dans le cadre du risque N(ucléaire) du plan Nucléaire Radiologique Biologique Chimique (NRBC).

## 1-7 | Méthode

La méthode « Recommandations pour la Pratique Clinique » (cf. réf ANAES, 2000) proposée par la HAS a été choisie.

Cette méthode a été retenue du fait de l'ampleur du thème abordé et du nombre de questions soulevées, ainsi que de l'abondance des références réglementaires et de la littérature souvent de fort niveau de preuve.

Les thématiques traitées sont l'objet de discussions souvent expertes entre professionnels concernés mais ne font pas l'objet de controverse majeure qui justifierait la tenue d'un débat public.

Le travail d'élaboration de recommandations a consisté à :

1. Préciser l'objectif des recommandations et les questions auxquelles elles doivent répondre,
2. Réaliser la revue de la littérature avec attribution des niveaux de preuve :
  - réaliser une synthèse des données issues des l'ensemble des textes normatifs et internationaux,
  - réaliser une analyse des données issues des publications scientifiques et des travaux de groupes de travail pluridisciplinaires

– prendre en compte le retour d'expérience issu des cas cliniques

3. Rédiger la version initiale des recommandations avec attribution d'un grade,

4. Analyser les avis formalisés (cotation et commentaires) à l'issue de la consultation du groupe de lecture,

5. Rédiger la version finale des recommandations.

Ces recommandations ont été menées de façon autonome avec organisation d'une réunion d'échange préalable avec la HAS, puis information régulière de l'état d'avancement des travaux (versions successives des recommandations et comptes-rendus des réunions). De nombreux échanges avec un chef de projet du service des bonnes pratiques professionnelles ont eu lieu pour réaliser les ajustements méthodiques nécessaires.

## Gradation des recommandations

L'analyse de la littérature s'est faite en utilisant la méthodologie et les niveaux de preuve recommandés par la HAS (cf. guide ANAES, 2000), adaptés à la spécificité du thème traité dans le but d'établir une gradation des recommandations. À cet effet, une grille de correspondance entre le type d'article retenu, le niveau de preuve selon le guide ANAES et le grade des recommandations a été établi (cf. ci-après).

Les recommandations émises sur la base des références réglementaires ne sont pas gradées (une annotation réglementaire le signalera).

Les recommandations émises sur la base des références normatives et des recommandations internationales sont jugées d'un fort niveau de preuve, ce qui justifie le grade A attribué à ces recommandations.

En absence de données de la littérature, les recommandations émises se fondent sur un accord professionnel lui issu du retour d'expérience clinique (pratiques professionnelles et cas cliniques).





**THÈ-**  
**ME -**  
**A.**

---

## **ESTIMATION DE LA DOSE EFFICACE** **ENGAGÉE : OBJECTIFS – MISE EN** **ŒUVRE – COMMUNICATION – TRAÇABILITÉ** **ET ARCHIVAGE**

---

### **A-1 | OBJECTIFS DE L'ESTIMATION DE LA DOSE EFFICACE ENGAGÉE**

---

#### **R. 1 | Pourquoi estimer la dose ? (GRADE A)**

La surveillance individuelle de l'exposition interne répond à un triple objectif :

- Réglementaire : respect des limites de doses efficaces engagées sur 12 mois consécutifs exprimées en mSv,
- Sanitaire – médical : évaluation du risque associé,
- Contribution à la propreté radiologique des postes de travail selon le principe d'optimisation (anciennement dénommé ALARA pour as low as reasonably achievable) par la détection de contaminations à bas niveau (inférieures au niveau d'enregistrement).

Ces objectifs sous-tendent à envisager les actions suivantes :

- une éventuelle prise en charge thérapeutique,
  - une évaluation de l'aptitude au travail en zone radiologique avec une éventuelle décision d'exclusion du travail en zone radiologique l'année de l'évènement, à réévaluer périodiquement,
  - une information au travailleur,
  - la nécessité de la mise en œuvre d'une surveillance post-exposition la plus adaptée.
- Les actions et les décisions médicales prises doivent être justifiées et enregistrées dans le dossier médical du travailleur.

---

#### **R. 2 | À partir de quel niveau enregistrer une dose ? (Accord professionnel)**

Une dose doit être enregistrée au-delà de 1 mSv pour l'ensemble des expositions internes sur douze mois consécutifs.

Cette valeur de 1 mSv appelée niveau d'enregistrement (NE) est le niveau de référence qui conditionne les actions mises en œuvre dans le cadre de la surveillance de l'exposition interne avec :

- La prise en compte de la dose dans le cumul dosimétrique annuel du travailleur,
- L'enregistrement de la dose dans l'application SISERI (Système d'Information pour la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants) de l'IRSN.

à une exposition unique :

- égales ou supérieures à 1 mSv, la valeur de cette dose doit être enregistrée
- inférieures à 1 mSv, aucune valeur de dose n'est à enregistrer.

En cas d'expositions itératives sur douze mois consécutifs, si le cumul des doses efficaces engagées est égal ou supérieur à 1 mSv :

- la valeur de cette dose doit être enregistrée.

Dans tous les cas, l'ensemble des résultats de mesures et des estimations est conservé dans le dossier médical.

Pour les estimations de dose efficace engagée suite

---

## A-2 | MISE EN ŒUVRE DE L'ESTIMATION DOSIMÉTRIQUE

### R. 3 | Qui est responsable ? (Réglementation)

Le Code du Travail confie au médecin du travail de l'INB la responsabilité de :

- la surveillance dosimétrique individuelle,
- l'estimation de la dose efficace engagée,
- la gestion de la dosimétrie globale (contrôle du respect des limites réglementaires),
- la transmission des informations dosimétriques internes individuelles à l'IRSN (base SISERI).

Pour les travailleurs d'entreprises extérieures, les résultats de cette surveillance sont transmis à leur médecin du travail.

L'ensemble des éléments nécessaires pour assurer la traçabilité de l'exposition doit être conservé.

C'est un élément du dossier médical individuel.

Les mesures permettant l'évaluation de l'exposition interne sont réalisées par des laboratoires ou services reconnus compétents (conformément à la réglementation) :

- l'IRSN,
- un Service de Santé au Travail « accrédité pour les mesures »,
- un laboratoire d'analyses de biologie médicale « accrédité et agréé pour les mesures ».

### R. 4 | Comment estimer la dose efficace engagée ? (GRADE A)

La dose efficace engagée E50 est :

- calculée sur une période de 50 ans,
- ajoutée à la dose externe organisme entier le mois de l'évènement ou le mois de sa découverte,
- enregistrée dans le cumul dosimétrique de la personne concernée.

$$E = E_{\text{EXTERNE}} + E_{\text{INTERNE}}$$

Le médecin du travail s'assure du respect des limites d'exposition réglementaires lors de l'intégration de la dose efficace engagée à la dose des 12 mois consécutifs.

La démarche d'estimation de la dose efficace engagée se déroule en trois étapes :

- Prescrire et réaliser des mesures sur le corps entier, les organes et/ou sur les échantillons biologiques dans le cadre de protocoles de surveillance en fonction du produit et des circonstances de l'exposition (thème B),
- Estimer l'activité incorporée et la dose efficace engagée en prenant en compte les éventuelles thérapeutiques administrées (thème C).

**L'ACTIVITÉ INCORPORÉE** ( $A_{j,\text{inhalé}}$ ) par inhalation du radionucléide j est exprimée en Bq.

Elle est estimée à partir des résultats des mesures. Les annexes de la publication N°78 de la CIPR fournissent les fonctions de rétention ou d'excrétion dans le temps (t) suite à l'incorporation d'1 Bq au temps  $t_0$ .

**LA DOSE EFFICACE ENGAGÉE** résultant de l'exposition interne  $E_{\text{INTERNE}}$  (**E50**) est estimée à partir de la valeur retenue pour l'activité incorporée. Elle est exprimée en Sv.

Les annexes de l'arrêté du 1er septembre 2003 [1-2] fournissent les coefficients de Dose efficace engagée Par Unité d'Incorporation (h(g) ou DPUI), suite à inhalation par un individu du groupe d'âge g d'un radionucléide j, exprimés en Sv par Bq.

**En cas de passage systémique à travers la peau saine ou une plaie**, les fonctions de rétention ou d'excrétion ainsi que les coefficients de dose, sont fournis dans les Publications de la CIPR, et rapports du NCRP et de l'AIEA (Thème C-3-3 – R 59).

### R. 5 | Quels résultats communiquer ? À qui ? Sous quelles formes ?

#### (ACCORD PROFESSIONNEL)

La dose efficace, bien qu'engagée sur 50 ans, est enregistrée et cumulée à la dose efficace du mois (exposition unique) ou de l'année glissante (exposition chronique) où s'est produit l'évènement.

Le médecin du travail s'assure du respect des limites d'exposition réglementaires lors de l'intégration de la dose efficace engagée à la dose des 12 mois consécutifs.

#### (ACCORD PROFESSIONNEL)

Après un évènement donnant lieu à une estimation de dose, le résultat est communiqué par le médecin

du travail au travailleur concerné. En complément, un document écrit et signé par le médecin du travail attestant de la dose estimée doit être remis au travailleur dont il assure la surveillance médicale. Cf annexe 6 de l'argumentaire.

Il est souhaitable que la transmission du résultat à l'intéressé s'effectue lors d'un entretien afin que le médecin du travail puisse répondre aux questions du travailleur concerné.

#### (ACCORD PROFESSIONNEL)

Après un évènement donnant lieu à une estimation



**THIÉ-**

**ME -**

**B.**

---

## **PROGRAMMES DE SURVEILLANCE**

---

### **B-1 | FINALITÉS ET MÉTHODES DE MISE EN ŒUVRE**

---

#### **R. 7 | Quelles sont les finalités d'un programme de surveillance? (GRADE A)**

On distingue 3 types de surveillance répondant chacun à une finalité particulière au regard des objectifs définis :

- la **surveillance à visée collective** par la surveillance aux postes de travail (moyens de la radioprotection),
- la **surveillance à visée individuelle** basée sur les examens de surveillance individuelle,
- et la **surveillance individuelle à visée collective** qui repose sur le principe que les examens de surveillance individuelle servent à évaluer l'exposition de l'intervenant pour qui une analyse est prescrite

mais également celle des autres intervenants travaillant dans les mêmes conditions d'exposition. Ce principe de surveillance individuelle à visée collective peut être renforcé par l'étalement des examens de surveillance tout au long de l'année chez les intervenants surveillés, chacun servant à tour de rôle de « témoin d'exposition » pour les autres.

Ces trois types de surveillance sont complémentaires et souvent associés au sein d'un **programme de surveillance**.

---

#### **R. 8 | Quels sont les principes pour mettre en œuvre un programme de surveillance individuelle? (Accord professionnel)**

L'établissement de tout programme de surveillance repose sur :

1. les références réglementaires, normatives, et les recommandations scientifiques permettant d'expliquer les objectifs du programme de surveillance,
2. la connaissance des éléments d'évaluation du risque d'exposition (étape 1),
3. l'évaluation du risque potentiel suite à l'analyse du danger et de l'exposition (étape 2),
4. la mise en place du protocole de surveillance en fonction des examens de laboratoires disponibles selon le radionucléide en prenant en compte leur limite de détection (sensibilité), leur spécificité, le délai de rendu des résultats, mais aussi en prenant en compte l'acceptation socio-économique des modalités de la surveillance (étape 3),
5. la validation de la pertinence et de la cohérence du programme (étape 4).

Il est nécessaire de bien distinguer :  
– le terme de programme qui s'applique à l'ensemble de la démarche depuis l'analyse de risque jusqu'à la validation du programme de surveillance défini,

– le terme de protocole qui s'applique plus particulièrement à la prescription relevant de la responsabilité médicale.

Un protocole de surveillance doit définir :

- la nature du ou des examens,
- le calendrier des examens (examen immédiat et/ou examen complémentaire à distance),
- leurs conditions de réalisation (ex : avec ou sans exclusion de zone à risque de contamination... ),
- les travailleurs directement concernés et ceux susceptibles d'être impliqués après enquête.

R. 9 | Quelles catégories de programme de surveillance distinguer ? (Accord professionnel)

On distingue deux catégories de programmes de surveillance selon les circonstances de mise en œuvre :

1. le **programme de surveillance de routine** qui concerne la surveillance des expositions habituelles aux différents postes de travail.

Le schéma n°2 (R10) formalise la démarche pour établir un programme de surveillance de routine

2. le **programme de surveillance spéciale** mis en place dans deux situations :

- soit suite à un évènement avéré,
  - soit suite à la découverte d'un prélèvement positif lors du programme de surveillance de routine.
- Le schéma n°4 (R16) formalise la démarche pour établir un programme de surveillance spéciale.

**CAS PARTICULIERS DE LA SURVEILLANCE DE ROUTINE**

Occasionnellement, un programme de surveillance de contrôle peut permettre l'évaluation périodique du niveau d'exposition, dans des situations de risques évalués négligeables (R 13). Cette évaluation valide et justifie la non-mise en œuvre ou l'absence d'un programme de surveillance de routine. Le protocole de surveillance repose sur les mêmes examens que ceux prescrits pour la surveillance de routine.

La surveillance de chantier est un cas particulier de la surveillance de routine, mis en place lorsque le

chantier est de durée limitée, et que la surveillance systématique ne peut être efficacement appliquée. De fait, les intervalles de surveillance sont généralement plus courts que ceux de la surveillance de routine car dépendant de la durée de chantier. L'intérêt est de pouvoir adapter le programme de surveillance à la durée du chantier, et de tenir compte des spécificités d'exposition. Les principes énoncés pour la surveillance de routine s'appliquent à la surveillance de chantier.

**B-2 | SURVEILLANCE DE ROUTINE**

R. 10 | Quelle démarche pour établir un programme de surveillance de routine ? (Accord professionnel)

(page de droite)

**ÉTAPE 1 : ÉLÉMENTS D'ÉVALUATION DU RISQUE D'EXPOSITION**

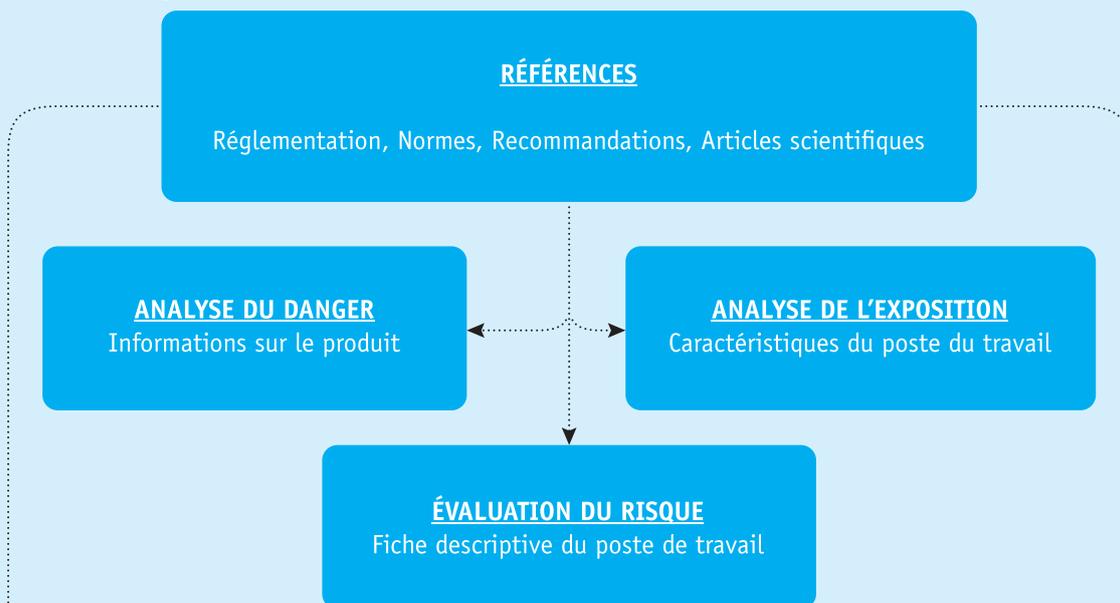
R. 11 | Quels sont les éléments nécessaires pour réaliser l'analyse de risque d'exposition au poste de travail ? (GRADE B)

Le GT a repris sous la forme d'une fiche descriptive du poste de travail (cf R12), l'ensemble des éléments qu'il est nécessaire de recueillir au poste de travail pour chaque forme chimique de chaque radio-isotope, afin de pouvoir :

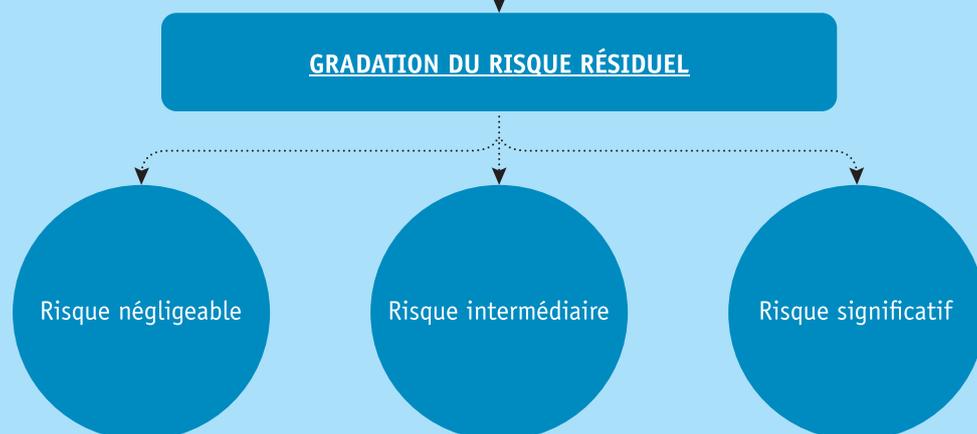
1. évaluer le risque d'exposition (pondération du risque) (cf R13),
2. définir la nature et la fréquence des examens à prescrire pour les travailleurs exposés (cf R14).

Cette fiche regroupe les informations sur le produit contaminant et sur les caractéristiques du poste de travail. En l'absence d'information et lorsque cela est pertinent, une valeur par défaut est utilisée.

## ÉTAPE 1 | ÉVALUATION DU RISQUE



## ÉTAPE 2 | PONDÉRATION DE L'EXPOSITION



## ÉTAPE 3 | PROCOLES



## ÉTAPE 4 | VALIDATION DU PROGRAMME



R. 12 | Fiche descriptive au poste de travail (Accord professionnel)

LES INFORMATIONS SUR LE PRODUIT			
NATURE DES INFORMATIONS	ORIGINE	RECUEIL	VALEUR PAR DÉFAUT *
Radionucléides ou mélange avec composition isotopique	PCR	Recommandé	Sans objet
Forme physique (liquide – solide – gaz)		Recommandé	Sans objet
Forme chimique (oxyde, nitrate... )		Complémentaire	Composés non spécifiés (arrêté 01/09/2003) Tableau 3.3
Granulométrie	Étude de poste	Complémentaire	5 micro-mètres (norme NF ISO 27048)
LES CARACTÉRISTIQUES DU POSTE DE TRAVAIL			
NATURE DES INFORMATIONS	ORIGINE	RECUEIL	VALEUR PAR DÉFAUT *
Quantités mises en œuvre spectre en activité totale	PCR	Recommandé	Sans objet
Fréquence et durée d'exposition	Employeur	Recommandé	Sans objet
Données atmosphériques (continu + incidents... )	PCR	Complémentaire	Zonage
Portes d'entrée possibles : inhalation, cutanée,	Étude de poste	Complémentaire	Inhalation
Moyens de protection collective (vase clos, boîte à gants, sorbonne, paillasse... ),	Étude de poste	Recommandé	Aucune protection
Moyens de protection individuelle (masque, tenues étanches, ventilées... ).	Étude de poste	Recommandé	Aucune protection
Retour d'Expérience des résultats radiotoxicologiques et des doses reçues	Médecin du travail	Complémentaire	Sans objet
Nombre d'intervenants exposés	Employeur	Recommandé	Sans objet

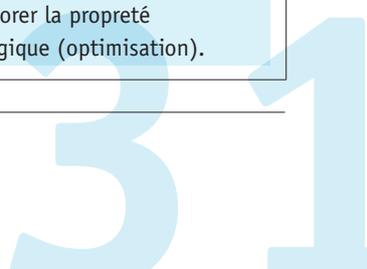
\* en cas d'absence de l'information

ÉTAPE 2 :  
PONDÉRATION DU  
RISQUE D'EXPOSITION  
POUR DÉCIDER  
LA NÉCESSITÉ  
DE MISE EN PLACE  
D'UN PROTOCOLE  
DE SURVEILLANCE

R. 13 | [Comment pondérer le risque d'exposition et à partir de quel niveau d'exposition mettre en place un protocole de surveillance? \(Accord professionnel\)](#)

Trois niveaux de risque potentiel d'exposition : négligeable, intermédiaire et significatif, sont définis. Ils correspondent à des valeurs indicatives qui sont à préciser en fonction des possibilités techniques d'analyse. Ces niveaux guident le type de protocole à mettre en place.

SURVEILLANCE DU POSTE DE TRAVAIL	VALEUR INDICATIVE DU RISQUE RÉSIDUEL D'AMBIANCE	PROTOCOLE DE SURVEILLANCE
<p>La protection collective assure une protection efficace et complète (vase clos) contre le risque d'incorporation :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– mesures de radioprotection atmosphérique et surfacique adaptées constamment en dessous des limites de détection,</li> <li>– absence d'évènements radiologiques.</li> </ul>	<p><b>NÉGLIGEABLE</b> &lt; 0,1 mSv</p>	<p><b>Pas de surveillance de routine.</b></p> <p>Surveillance de contrôle épisodique pour vérifier l'absence d'incorporation supérieure à 1 mSv.</p>
<p>La protection collective ne suffit pas à assurer une absence complète d'exposition interne :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– la protection collective n'est pas complète : paillasse, sorbonne</li> <li>– des ruptures de confinement se produisent fréquemment. (ex. : boîte à gants)</li> <li>– des protections individuelles doivent régulièrement compléter la protection collective. (masque, tenue étanche... )</li> </ul>	<p><b>SIGNIFICATIF</b> &gt; 1 mSv</p>	<p>Mise en place d'une <b>surveillance de routine à visée dosimétrique</b> en respectant les intervalles maximaux de surveillance (R 14), examens si possible avec exclusion de zone préalable.</p> <p>Les examens des intervenants concernés seront répartis dans l'année.</p> <p>En cas de résultat supérieur au NED (R43) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– examen de contrôle pour l'intervenant et ses collègues de travail</li> <li>– enquête radioprotection.</li> </ul>
<p>Situation intermédiaire entre les deux précédentes</p>	<p><b>INTERMÉDIAIRE</b> 0,1 &lt; &lt; 1mSv</p>	<p>Il est licite de s'affranchir d'une surveillance individuelle s'il est possible de s'appuyer sur une <b>surveillance individuelle à visée collective</b> chez les travailleurs à risque d'exposition significatif.</p> <p>Si cette surveillance n'est pas possible (échantillonnage de sujet à risque significatif insuffisant), il est conseillé de mettre en place une surveillance de routine pour valider l'absence d'incorporations et contribuer à améliorer la propreté radiologique (optimisation).</p>



---

## ÉTAPE 3 : PROTOCOLES DE SURVEILLANCE DE ROUTINE

### R. 14 | Quel protocole de surveillance de routine ? Nature des examens ? (GRADE A)

Les examens prescrits en fonction du produit contaminant sont ceux indiqués par la norme NF EN ISO 20553 (R33-34).

---

### Fréquence des examens ? (Accord professionnel)

Les intervalles maximaux de surveillance en fonction du produit contaminant sont ceux indiqués par la norme NF EN ISO 20553 (R43).

Lorsque la mesure prescrite a une limite de détection différente de celle indiquée par la norme NF EN ISO 20553, il est possible de recalculer l'intervalle de surveillance (sans qu'il puisse excéder un an).  
Lorsque les données d'exposition pour un radionucléide sont non spécifiées (mode d'incorporation et/ou caractéristiques des radionucléides), il est recommandé d'utiliser l'intervalle le plus court.

Les examens prévus dans le cadre d'un protocole de surveillance de routine devront être réalisés :

- au moins une fois par an que ce soit un examen radiotoxicologique *in vivo* et/ou *in vitro*,
- et également, avant tout début d'exposition pour constituer le point zéro et afin de garantir l'absence de contamination résiduelle liée à une exposition antérieure, susceptible de fausser l'évaluation dosimétrique lors d'une exposition ultérieure,
- en fin de période d'exposition, indépendamment de la date du dernier examen.

Pour assurer la surveillance en continu d'un poste de travail donné, les examens des différents intervenants seront répartis pour chacun à des moments différents tout au long de la période d'exposition en respectant pour chacun l'intervalle de surveillance. Cette surveillance permet de réaliser une surveillance collective par un principe d'échantillonnage.

Lorsque la surveillance d'un poste de travail est effectuée en continu dans les conditions citées, il n'est pas nécessaire de réaliser une surveillance pour les intervenants moins exposés (risque résiduel négligeable).

---

### Intérêt d'une exclusion de poste exposé avant prélèvement ? (Accord professionnel)

Dans le cadre d'une surveillance de routine, la décision d'exclusion avant prélèvement dépend de la population exposée (nombre et niveau de risque) et des résultats antérieurs :

- Si les résultats sont régulièrement positifs, il est souhaitable de procéder à une exclusion préalable,
- Si les résultats sont régulièrement négatifs, il est souhaitable de procéder à des prélèvements sans exclusion au profit de la mise en place d'une surveillance en continu étalée sur l'année.

R. 15 | Comment vérifier la pertinence du programme de surveillance ? Que faire si le protocole n'est pas respecté ? (Accord professionnel)

Lorsque l'évaluation de risque aboutit à une pondération « négligeable » et donc à l'absence de surveillance de routine, une surveillance de contrôle sur l'ensemble des intervenants ou sur un échantillonnage représentatif, peut être prescrite pour confirmer l'absence d'incorporation pouvant conduire à une dose supérieure à 1 mSv cumulé sur 12 mois consécutifs.

Les éléments nécessaires à sa mise en place sont identiques à ceux d'un programme de surveillance de routine.

Le programme est limité dans le temps et fait l'objet d'une évaluation à son terme pour déterminer s'il est justifié :

- de l'interrompre (validation qu'une surveillance de routine n'est pas à instaurer),
- ou au contraire de le pérenniser sous forme d'un programme de surveillance de routine.

Lorsque l'évaluation de risque aboutit à une pondération « intermédiaire » ou « significative » et donc à la mise en place d'une surveillance de routine, la pertinence de ce programme de surveillance est à examiner périodiquement au vu du bilan des examens prescrits.

- Si les résultats sont toujours inférieurs à la limite de détection chez les intervenants, cela doit amener à une remise en question des critères d'évaluation des risques d'exposition et à une ré-évaluation de la fiche descriptive du poste de travail.

- En cas de découverte confirmée d'un résultat supérieur à limite de détection sans dose retenue (inférieur au NE), au cours d'une surveillance de routine, le protocole de surveillance n'est pas remis en cause. Dans le but de l'optimisation, des investigations au niveau du poste de travail sont engagées.

- En cas de découverte confirmée d'un résultat supérieur à limite de détection avec une dose retenue (supérieure au NE), au cours d'une surveillance de routine, cela doit entraîner des investigations afin d'améliorer la protection du poste de travail.

Parallèlement, les postes de travail sont régulièrement étudiés et les pondérations de risque réexaminées, ce afin de valider le maintien du protocole de la surveillance mis en place.

Toute modification du poste de travail ou des techniques analytiques utilisées nécessite une révision du protocole.

Enfin, lorsque le protocole de surveillance n'a pas été respecté :

- le non respect est à tracer dans le dossier médical,
- l'impact dosimétrique est à estimer, ce qui peut remettre en cause l'aptitude médicale au poste de travail.

## ÉTAPE 1 | ÉVALUATION DU RISQUE

### RÉFÉRENCES

Réglementation, Normes, Recommandations, Articles scientifiques

### ANALYSE DU DANGER

Informations sur le produit

### ANALYSE DE L'EXPOSITION

Circonstances d'exposition

### ÉVALUATION DU RISQUE

Fiche d'événement radiologique

## ÉTAPE 2 | PRISE EN CHARGE ET GRADATION INITIALE

### EXAMENS DE LABORATOIRE

Types d'analyses  
Conditions de réalisation  
Périodicité  
Précautions de recueil  
Limites d'interprétation

### PRISE EN CHARGE INITIALE

Enquête sur les indicateurs d'exposition  
Prescription des analyses à réponse rapide

Indication pour la prise en charge  
*Décontamination, Thérapeutique immédiate, Exclusion de zone...*

### ACCEPTATION SOCIO-ÉCONOMIQUE

### GRADATION INITIALE DE L'ÉVÉNEMENT

Niveau négligeable  
< 0,1 mSv

Niveau intermédiaire  
0,1 à 1 mSv

Niveau significatif  
> 1 mSv

Possible dépassement  
Limites réglementaires

## ÉTAPE 3 | PROTOCOLES

### PROTOCOLES DE SURVEILLANCE SPÉCIALE

Examens à visée dosimétrique  
Prise en charge médicale  
*Thérapeutique, Exclusion de zone...*

## ÉTAPE 4 | VALIDATION DU PROGRAMME

### VALIDATION DU PROTOCOLE

Incertitude sur l'évaluation de la dose

## B-3 | SURVEILLANCE SPÉCIALE (POST-ÉVÉNEMENTIELLE)

R. 16 | **Quelle démarche pour établir un programme de surveillance spéciale suite à événement radiologique ? (Accord professionnel)**

(Page de gauche)

### ÉTAPE 1 : ÉLÉMENTS D'ANALYSE DE L'ÉVÉNEMENT

R. 17 | **Quels sont les éléments nécessaires pour réaliser l'analyse de l'événement dans le cadre de la surveillance spéciale ? (Accord professionnel)**

Les éléments nécessaires à la mise en place d'un programme de surveillance spéciale suite à un événement de contamination sont formalisés dans un document élaboré en concertation entre la Personne Compétente en Radioprotection et le Service de Santé au Travail.

Ce document nommé ici « fiche d'évènement radiologique » doit reposer sur l'analyse de scénarii réalistes de survenue des événements radiologiques aux postes de travail et permet de :

- Établir une gradation du risque d'exposition au cours d'un événement particulier,
- Répondre aux objectifs de la surveillance individuelle définis en R1,
- Collecter les données pour l'évaluation de la dose efficace engagée.

En cas d'événement identifié, le programme de surveillance spéciale repose sur les informations

contenues dans la fiche d'évènement radiologique qui déterminent les deux étapes suivantes :

- la prescription d'examens initiaux d'évaluation rapide pour situer un niveau potentiel d'exposition (gradation),
- la prescription d'examens à visée dosimétrique selon le niveau opérationnel ainsi retenu.

En cas d'événement non identifié, suite à la découverte d'un prélèvement positif lors du programme de surveillance de routine, le programme de la surveillance spéciale repose sur le résultat des premières mesures individuelles.

Si ce résultat est supérieur au niveau d'enregistrement dérivé (R 43), un examen de confirmation est réalisé.

Si le résultat est confirmé, un programme de surveillance spéciale est alors à instaurer.

R. 18 | **Fiche d'événement radiologique (GRADE A)**

LES INFORMATIONS SUR LE PRODUIT			
Nature des informations	Origine	Recueil	Valeur par défaut *
Radionucléides ou mélange avec composition isotopique	Fiche d'incident	Recommandé	Type d'émetteurs
Forme physique (liquide – solide – gaz)		Recommandé	La plus pénalisante en fonction des valeurs en DPUi
Forme chimique (oxyde, nitrate... )		Complémentaire	tableau 3.3 - arrêté du 1/9/2003 [1.3]
Granulométrie		Complémentaire	5 micro-mètres (norme NF ISO 27048)

\* en cas d'absence de l'information

LES CIRCONSTANCES D'EXPOSITION			
Nature des informations	Origine	Recueil	Valeur par défaut *
Niveaux de contamination surfacique (localisation et niveaux)	PCR	Recommandé	
Données atmosphériques	PCR	Recommandé	« élevé »
Niveaux de contamination externe (cutanée et/ou vestimentaire)	PCR + SST	Recommandé	
Dosimétrie opérationnelle	PCR	Recommandé	
Portes d'entrées possibles : inhalation, ingestion, per ou transcutanée	PCR	Complémentaire	Inhalation
Moyens de protection collective (vase clos, boîte à gants, sorbonne, paillasse...).	PCR	Recommandé	Aucune protection
Moyens de protection individuelle (masque, tenues étanches, ventilées...).	PCR + intervenant	Recommandé	Aucune protection
Retour d'expérience des résultats radiotoxicologiques et des doses reçues	PCR + SST	Complémentaire	

**ÉTAPE 2 : PROTOCOLE DE SURVEILLANCE SPÉCIALE INITIAL POUR ESTIMER LE RISQUE D'EXPOSITION (GRADATION INITIALE)**  
**R. 19 | Quels niveaux de gradation du risque d'exposition retenir? (gradation initiale) (Accord professionnel)**

Les données nécessaires pour estimer la gradation prévisionnelle initiale de l'évènement et guider la prise en charge sont basées sur :

- les résultats de l'enquête sur les données d'exposition (fiche d'évènement radiologique),
- les hypothèses les plus réalistes concernant la date et l'heure de l'évènement et à défaut en prenant la durée maximale d'exposition qui en découle,
- les résultats des indicateurs d'exposition (analyses individuelles avec délai de réponse rapide inférieure à 24h).

Cette estimation initiale permet d'établir 3 niveaux opérationnels :

- Niveau « significatif » : l'estimation initiale de l'ordre de grandeur de la dose efficace engagée est supérieure au Niveau d'Enregistrement (> 1 mSv). Il nécessite des examens à visée dosimétrique,

- Niveau « négligeable » : l'estimation initiale de l'ordre de grandeur de la dose efficace engagée est inférieure au 1/10ème du Niveau d'Enregistrement (< 0,1 mSv). Il ne nécessite aucun examen,
- Niveau intermédiaire : on prescrit l'examen le plus sensible, pour confirmer que l'estimation initiale de l'ordre de grandeur de la dose efficace engagée est inférieure au Niveau d'Enregistrement (comprise entre 0,1 et 1 mSv).

En l'absence d'une des données permettant la gradation de l'évènement, ou en cas de doute sur les circonstances, le niveau sera considéré par principe comme « significatif ».

R. 20 | Quels indicateurs d'exposition pertinents et comment interpréter leurs résultats pour définir la gradation initiale suite à une exposition par « inhalation » (Accord professionnel)

SELON LES ÉMETTEURS, LES CRITÈRES DÉCISIONNELS DE CLASSEMENT DU NIVEAU SONT LES SUIVANTS			
Pour les ALPHA	Niveau		
	« négligeable »	« intermédiaire »	« significatif »
contamination externe décelable localisée à la tête	Absente	Absente	Présente *
mesure alpha sur prélèvement de mucus nasal	< limite d'interprétation	< limite d'interprétation	> limite d'interprétation *
Repère de Concentration Atmosphérique en l'absence de moyen de protection des voies respiratoires	< 4 Bq/m <sup>3</sup>	Entre 4 et 40 Bq/m <sup>3</sup> *	> 40 Bq/m <sup>3</sup> *
anthroporadiométrie X	< LD	< LD	> LD *
± complété par les résultats de mesures : – de miction immédiate (composés transférables de l'uranium) – des selles (couche épaisse)	< limite d'interprétation	> limite d'interprétation *	> limite d'interprétation *
Pour les GAMMA	Niveau		
	« négligeable »	« intermédiaire »	« significatif »
Mesure anthropogammamétrique	< LD	Entre LD et NED *	> NED *
résultat urinaire (miction immédiate)	< LD	Entre LD et NED *	> NED *
mesure beta/gamma sur prélèvement de mucus nasal	< limite d'interprétation	< limite d'interprétation	> limite d'interprétation *
± complété par les résultats de mesures des selles sans calcination	< LD	Entre LD et NED *	> NED *
Pour le TRITIUM **	Niveau		
	« négligeable »	« intermédiaire »	« significatif »
prélèvement de salive	< limite d'interprétation	< limite d'interprétation	> limite d'interprétation *
résultat urinaire (miction immédiate)	< LD	Entre LD et NED *	> NED *

\* si au moins un des critères est présent, le niveau est atteint  
 \*\* possibilité de contamination associée par voie transcutanée  
 Pour les valeurs de LD cf R33 – R 34 et NED, cf R 43 – R44



R. 21 | Quels indicateurs d'exposition pertinents et comment interpréter leurs résultats pour définir la gradation initiale suite à une exposition par plaie ou projection sur peau saine (Accord professionnel)

Nature des informations	Origine	Recueil	Niveau par défaut *
Activité mesurée sur objet contondant	PCR	Recommandé	Significatif
Mesures locales	SST/LBM		
Mesures sur pansements et compresse			
± complété par Mesures sur tissus excisés (si geste chirurgical)			
Résultats des mesures	Niveau		
	« négligeable »	« intermédiaire »	« significatif » **
Toutes les mesures sur l'individu	< LD	-	> LD **
Mesures sur l'objet contondant	< LD	-	> LD **

ÉTAPE 3 : PROTOCOLES DE SURVEILLANCE SPÉCIALE À VISÉE DOSIMÉTRIQUE  
 R. 22 | Quel protocole de surveillance spéciale à visée dosimétrique (Accord professionnel)

Les protocoles de surveillance (nature et périodicité des examens) tiennent compte de la gradation initiale du niveau d'incorporation.

Aucune suite n'est donnée si la gradation initiale est au niveau négligeable.

Si les paramètres initiaux d'exposition se situent à des niveaux significatifs, la fréquence et la nature des contrôles seront plus importants pour affiner l'estimation de l'activité incorporée.

Les examens de surveillance spéciale sont poursuivis jusqu'à ce que les résultats soient inférieurs aux limites de détection ou jusqu'à leur stabilisation (activités stables en plateau).

R. 23 | **Protocole**  
si la gradation initiale  
de l'événement est au  
niveau intermédiaire  
(Accord professionnel)

CONTAMINANT	NIVEAU DE GRAVITÉ INTERMÉDIAIRE
Tritium	Échantillon d'urines
Émetteur bêta	Urines de 24 h
Émetteur gamma Composé F	Anthroporadiométrie gamma Organisme entier Complétée par des Urines, en fonction du radionucléide
Émetteur gamma Composé M	Anthroporadiométrie gamma Organisme entier Complétée par des Urines et/ou des Selles, en fonction du radionucléide
Émetteur gamma Composé S	Anthroporadiométrie gamma Organisme entier Complétée par des Urines et/ou des Selles, en fonction du radionucléide
Iode	Anthroporadiométrie gamma Thyroïde Complétée par des Urines si nécessaire
U type F	Urines de 24 h
U type M	Urines de 24 h
U type S	Selles de J1, J2 et J3
Pu type S	Selles de J1, J2 et J3

Pour les radionucléides non cités, il est possible de prendre le tableau 7 de la norme NF ISO 20553. [3-1]  
Cf R 33- R 34

**R. 24 | Protocole si la gradation initiale de l'évènement est au niveau significatif (Accord professionnel)**

CONTAMINANT	NIVEAU DE GRAVITÉ SIGNIFICATIF
Tritium	Urines (miction ou de 24h) à poursuivre en fonction de l'évolution des résultats
Émetteur bêta	Urines / 24 h + J3 + J10 avec Exclusion de risque
Émetteur gamma Composé F	Urines + Anthroporadiométrie gamma Organisme entier jusqu'à négatation
Émetteur gamma Composé M	Urines + Selles+ Anthroporadiométrie gamma Organisme entier Prescrites d'emblée à J3 + J10 si inhalation confirmée et avec Exclusion de risque
Émetteur gamma Composé S	Urines + Selles+ Anthroporadiométrie gamma Organisme entier Prescrites d'emblée à J3 + J10 si inhalation confirmée et avec Exclusion de risque
Iode	Urines + Anthroporadiométrie gamma Thyroïde jusqu'à négatation
U type F	Urines + Anthroporadiométrie X Prescrites d'emblée à J3 + J10 avec Exclusion de risque
U type M	Selles /72 h + Urines + Anthroporadiométrie X Urines de 24h complétées d'emblée à J10 avec Exclusion de risque
U type S	Selles /72 h + Urines + Anthroporadiométrie X Selles de J1, J2 et J3 complétées d'emblée à J10 avec Exclusion de risque
Pu type S	Selles /72 h + Urines + Anthroporadiométrie X Selles de J1, J2 et J3 complétées d'emblée à J10 avec Exclusion de risque

Pour les radionucléides non cités, il est possible de prendre le tableau 7 de la norme NF ISO 20553. [3-1]  
Cf R 33- R 34

**R. 25 | Cas particulier de la plaie et de la projection sur muqueuse ou peau saine (Accord professionnel)**

Si la gradation initiale de l'évènement est au niveau significatif :

- Mesures locales répétées,
- Recherche d'un passage systémique : analyses à déterminer en fonction du radionucléide cf R 34.

Néanmoins en fonction du contexte du poste de travail (émetteurs alpha), l'absence de détection de contamination à la mesure locale n'exclut pas la possibilité d'un passage systémique, notamment en cas de plaie profonde et/ou de projection sur les muqueuses (œil) ou sur peau saine.

Si la gradation initiale de l'évènement est au niveau négligeable, aucune suite n'est donnée.

**ÉTAPE 4 : VALIDATION DU PROGRAMME DE SURVEILLANCE SPÉCIALE**

**R. 26 | Sur quels critères valider la pertinence du programme de surveillance spéciale? (Accord professionnel)**

Lorsque la gradation initiale du risque aboutit à une estimation « intermédiaire » ou « significative » et donc à la mise en place d'une surveillance spéciale, la pertinence de ce programme de surveillance est à examiner après l'estimation dosimétrique finale.

2°) la gradation initiale de l'évènement est-elle cohérente avec l'estimation finale de la dose?

3°) les examens radiotoxicologiques prescrits ont-ils été pertinents pour l'évaluation dosimétrique? Une réponse négative à au moins une de ces trois questions doit entraîner une réflexion sur la pertinence et la suffisance des actions mises en œuvre et proposer, si possible, des actions pour l'améliorer, le réviser.

Trois questions se posent :

1°) les données collectées à la suite de l'évènement ont-elle été suffisantes pour effectuer le calcul de dose?

En l'absence de réponse négative, le programme est validé.

Lorsque la gradation initiale du risque aboutit à une estimation « négligeable » et donc à l'absence de surveillance spéciale, une surveillance de contrôle peut être prescrite afin de confirmer la pertinence de la gradation initiale.

Les éléments nécessaires à la mise en place de cette surveillance sont identiques à ceux d'un programme de surveillance spéciale.

## B-4 | LES EXAMENS DE LABORATOIRE

### R. 27 | Comment choisir un examen parmi ceux disponibles ? (Accord professionnel)

Le choix des examens prescrits dépend :

- de l'objectif poursuivi : indicateur d'exposition ou à visée dosimétrique,
- du type de rayonnement émis par le radionucléide,
- de la possibilité de le détecter par un détecteur approprié,
- de l'organe où il s'accumule : mesures *in vivo*,
- des excréta dans lesquels il s'élimine : mesures *in vitro*,
- du délai de réalisation de l'examen,
- de la sensibilité (limite de détection – limite d'interprétation) de l'examen,
- d'une éventuelle thérapeutique.

Lorsque les radionucléides sont connus, on utilise les examens tels que définis précédemment.

En cas de méconnaissance sur le radionucléide, il est recommandé de prescrire dans l'ordre :

1. une spectrométrie corps entier ou organe
2. et sur les excréta :
  - une spectrométrie X-gamma,
  - un examen bêta,
  - un examen alpha.

Ce choix sera affiné par une investigation au poste de travail.

Le laboratoire de référence est en première intention le laboratoire du site où a lieu la contamination.

En cas d'impossibilité du laboratoire de référence à réaliser les analyses prescrites, la liste des laboratoires agréés pour la surveillance de l'exposition interne en application de l'Art. R 4451-64 du code du travail est disponible sur le site de l'Autorité de Sécurité Nucléaire. Celle des Services de Santé au Travail accrédités est disponible sur le site du Cofrac.

En cas de difficulté métrologique, le laboratoire du site fera appel à un autre laboratoire agréé ou prendra avis auprès de l'IRSN ou d'autres structures d'expertise, et le cas échéant pourra transmettre des échantillons pour analyse.

### R. 28 | Analyse de prélèvement de mucus nasal (GRADE B) 1. Qu'apporte l'examen ? 2. Quels sont les critères de conformité des prélèvements ? 3. Quelles sont les limites d'interprétation des résultats ?

Le prélèvement de mucus nasal est un indicateur d'exposition adapté pour les émetteurs alpha, bêta et accessoirement gamma.

C'est un examen rapide qui n'a pas de visée dosimétrique.

Le prélèvement doit être réalisé le plus tôt possible après exposition.

Le résultat en activité doit préciser s'il se rapporte à la date de mesure ou à celle du prélèvement et est exprimé en Bq par échantillon.

Un résultat supérieur à la limite d'interprétation (R20-R33) fournit une bonne indication du risque d'inhalation.

Un résultat inférieur à la limite d'interprétation ne permet pas d'exclure une incorporation par inhalation, bien que la probabilité d'occurrence soit faible.

Des « fausses positivités », non représentatives d'une inhalation, peuvent s'expliquer par une contamination contingente (externe, etc.).

---

**R. 29 | Analyse de prélèvement de salive (Accord professionnel)**  
1. Qu'apporte l'examen?  
2. Quels sont les critères de conformité des prélèvements?  
3. Quelles sont les limites d'interprétation des résultats?

Le prélèvement de salive est un indicateur d'exposition adapté pour le tritium gazeux ou l'eau tritiée. C'est un examen rapide qui n'a pas de visée dosimétrique.

Le prélèvement peut être réalisé immédiatement après exposition.

Le résultat en activité doit préciser s'il se rapporte à la date de mesure ou à celle du prélèvement et est exprimé en Bq par échantillon.

En cas de positivité, cette analyse doit être complétée par une analyse radiotoxicologique des urines pour l'estimation de la dose.

---

**R. 30 | Examen anthroporadiométrique (GRADE B)**  
1. Qu'apporte l'examen?  
2. Quels sont les critères de conformité des prélèvements?  
3. Quelles sont les limites d'interprétation des résultats?

L'examen anthroporadiométrique est un indicateur d'exposition adapté pour les émetteurs gamma et X.

C'est un examen à réponse rapide et à visée dosimétrique. La mesure concerne soit l'organisme entier, soit un organe particulier : thyroïde, poumon...

L'examen doit être réalisé le plus tôt possible après exposition.

Le résultat en activité se rapporte à la date de mesure et est exprimé en Bq.

De fausses positivités, non représentatives d'une incorporation, peuvent s'expliquer par une contamination externe résiduelle de la peau ou des vêtements.

Un résultat positif pour les mesures des trois premiers jours peut être représentatif d'une ingestion ou d'une inhalation (fraction respiratoire éliminée par le tube digestif en particulier dans le cas des grosses particules).

---

**R. 31 | Examen radiotoxicologique sur prélèvement de selles**  
1. Qu'apporte l'examen?  
2. Quels sont les critères de conformité des prélèvements?  
3. Quelles sont les limites d'interprétation des résultats?

**GRADE B**

L'analyse radiotoxicologique des selles est un indicateur d'exposition adapté aux émetteurs alpha et gamma.

C'est un examen à réponse différée et à visée dosimétrique.

En cas d'évènement, le prélèvement doit être réalisé rapidement et de préférence sur 3 jours consécutifs.

Le résultat en activité se rapporte à la date de fin de prélèvement et est exprimé en Bq par échantillon.

Tout résultat supérieur au niveau d'enregistrement dérivé (NED; R 43-44) fait l'objet d'un contrôle après exclusion.

**ACCORD PROFESSIONNEL**

Le critère de conformité d'un prélèvement des selles de 24 heures est basé sur un poids de cendres qui doit être a minima de 1 g / 24 h.

## R. 32 | Examen radiotoxicologique sur prélèvement des urines (GRADE B)

1. Qu'apporte l'examen ?
2. Quels sont les critères de conformité des prélèvements ?
3. Quelles sont les limites d'interprétation des résultats ?

L'analyse radiotoxicologique des urines est un indicateur d'exposition adapté aux émetteurs alpha, bêta et gamma.

C'est un examen à réponse différée et à visée dosimétrique.

Le prélèvement est effectué soit sur 24 heures, soit sur une miction unique dans les cas particuliers suivants :

- pour le tritium : vidange préalable de la vessie, puis recueil à minima 2 heures après l'exposition,
- pour les composés transférables de l'uranium, recueil des urines immédiates.

Le résultat en activité se rapporte à la date de fin de prélèvement et est exprimé en Bq par échantillon ou en Bq par litre.

Le traitement reçu par le travailleur devra être spécifié sur la prescription d'analyse, car il peut conditionner la technique à utiliser par le laboratoire.

Les critères de conformité d'un prélèvement des urines de 24 heures sont :

- un volume urinaire minimum de 500 mL,
- une créatininurie supérieure ou égale à 0,5 g/L.

La positivité des résultats d'analyses radiotoxicologiques sur les urines peut être liée à une contamination contingente de l'échantillon (transfert d'une contamination externe des mains en particulier).

Tout résultat supérieur au niveau d'enregistrement dérivé (NED; R 43-44) fait l'objet d'un contrôle après exclusion.

## R. 33 | Indicateurs d'exposition avec leurs caractéristiques analytiques (Accord professionnel)

TYPE D'ANALYSE	SUBSTRAT	TECHNIQUE ANALYTIQUE	DÉLAI INDICATIF DE RÉALISATION	LIMITES D'INTERPRÉTATION
Émetteurs alpha, bêta, gamma	mucus nasal PN ou drapeau	Comptage global direct	15 mn -1h	alpha 0.7 Bq bêta 7 Bq gamma 2 Bq
Émetteurs alpha, bêta, gamma	mucus nasal mouchoir	Calcination + Comptage global direct	2h	100 mBq / échantillon
Émetteurs alpha	Selles couche épaisse	Calcination + Comptage global direct	< 24h	0,2 Bq par g de cendres
Tritium	Salive salivettes	Méthode directe Scintillation liquide	< 6 h	0,3 kBq
Émetteurs X ou gamma	Spectrométrie localisée	Méthode directe	< 1 h	

## R. 34 | Examens de surveillance individuelle avec leurs caractéristiques analytiques (Accord Professionnel)

TYPE D'ANALYSE	SUBSTRAT	TECHNIQUE ANALYTIQUE	DÉLAI INDICATIF DE RÉALISATION APRÈS RECUEIL	LIMITE DE DÉTECTION <sup>1</sup>
Émetteurs alpha Pu / Am / Cm	Selles de 24h	Méthode séparative avec traceur + spectrométrie alpha	1 semaine à 10 jours	1 mBq
	Urines de 24h <sup>2</sup>			0,2 à 0,5 mBq
Émetteurs alpha U / Th	Selles de 24h	Méthode séparative avec traceur + spectrométrie alpha	1 semaine à 10 jours	1 mBq
	Urines de 24h			0,2 à 0,5 mBq
Uranium	Urines (miction ou 24h)	Mesure pondérale	3h	0,1 – 4 micro-g/L <sup>3</sup>
Émetteurs bêta Type H-3, C-14, Ni-63	Urines (miction ou 24h)	Méthode directe Scintillation liquide	2h	50 Bq/L
Émetteurs bêta Type P-32, S-35, CI-36, Ca-45		Méthode séparative + scintillation liquide	24/48h	5 Bq/L
Émetteurs bêta Type Sr-90		Méthode séparative + scintillation liquide ou compteur proportionnel	48h	0,2 – 0,8 Bq/L
P-32	Phanères	Méthode séparative Mesure directe + scintillation liquide	24h	0,1 Bq/g
Émetteur bêta Type Pu-241	Selles de 24h	Scintillation liquide	24h	10 Bq
Émetteurs gamma > 200 KeV	Corps entier	Spectrométrie in vivo	< 1h	Cs-137 : 50-150 Bq
	Urines de 24h Sang	Spectrométrie directe	< 3h	Cs-137 : 0,2-2 Bq/L
Émetteurs gamma Toutes énergies	Selles de 24h	Calcination Spectrométrie directe	24 h	1 Bq/échantillon
Émetteurs gamma -X ≤ 200 keV	Corps entier	Spectrométrie in vivo	< 1h	I-125, I-129 10-20 Bq
	Urines de 24h	Spectrométrie directe	< 3h	I-125, I-129 1-2 Bq/L
	Poumons	Spectrométrie localisée in vivo	< 1h	Am-241 : 8-20 Bq Pu-239 > 3000 Bq U-235 : 3-27 Bq <sup>4</sup>
	Thyroïde	Spectrométrie localisée in vivo	< 1h	I-131 : 3-10 Bq

<sup>1</sup> LD analytique – valeurs approchées ou fourchettes de valeurs données par les laboratoires.

<sup>2</sup> En cas de traitement par le DTPA, la technique recommandée est la minéralisation par voie humide pour détruire le complexe Pu-DTPA ou Am-DTPA.

<sup>3</sup> La conversion du résultat massique en activité (Bq) dépend de la composition isotopique du produit.

<sup>4</sup> Variable selon l'épaisseur thoracique du sujet.

## B-5 | LES ÉLÉMENTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

### R. 35 | Quel impact des éléments socio-économiques sur le programme de surveillance? (Accord professionnel)

Un programme de surveillance doit trouver le juste équilibre entre le bénéfice sanitaire attendu et l'acceptabilité à la fois pour les travailleurs et pour l'employeur.

L'acceptabilité pour l'employeur est étroitement liée à la justification du coût, qui comprend les aspects suivants :

- la pertinence de la surveillance,
- la nature et la fréquence des examens,
- les répercussions de ces examens dans l'organisation du travail, en particulier s'il y a une exclusion du risque du travailleur.

L'acceptabilité pour les intervenants, et donc l'observance des examens dépend :

- de la nature du ou des examens :
  - les recueils des selles sont *a priori* moins faciles à faire accepter que le recueil des urines,
  - le matériel de prélèvement devra être pratique à utiliser,
- de leur fréquence : plus les examens sont fréquents, plus grand est le risque que les intervenants refusent ou négligent de s'y soumettre,

- des contraintes générées par le dépôt des prélèvements d'excreta : l'accessibilité du lieu de collecte, les horaires de possibilités de dépôts (en particulier pour les travailleurs postés),
- leur organisation et leur planification, dans les cas où les travailleurs sont en missions longue durée, en déplacement à l'étranger, ou lorsqu'ils sont itinérants.

Pour obtenir une meilleure adhésion de l'intervenant, le programme de surveillance doit privilégier :

- l'analyse ayant l'intervalle de surveillance le plus espacé afin d'en limiter le nombre. À intervalle équivalent, l'analyse la mieux acceptée sera choisie.
- une communication appropriée sur la justification de la surveillance et l'importance de s'y soumettre. Celle-ci devra être périodiquement renouvelée.

Exceptionnellement, en absence de tout élément objectif permettant de remettre en question le programme de surveillance défini, certains examens peuvent être prescrits en dehors des programmes afin de rassurer un travailleur.

**THÉ-**  
**ME -**  
**C.**

## **ESTIMATION DOSIMÉTRIQUE** **À PARTIR DES RÉSULTATS**

### **C-1 | QUELS MODÈLES ET VALEURS DE PARAMÈTRES PAR DÉFAUT UTILISER ?**

**R. 36 | Quel modèle utiliser par défaut ? (GRADE A)**

Les modèles à utiliser par défaut sont ceux publiés par la CIPR.

<b>LISTE DE MODÈLES</b>	Publications de la CIPR	30 (gastro-intestinal et systémiques), 53 (radiopharmaceutiques), 66 (respiratoire), 67 (systémiques), 69 (systémiques), 71 (systémiques), 80 (radiopharmaceutiques), 100 (alimentaire) et/ou 106 (radiopharmaceutiques)
	Rapports NCRP 156	(plaie)

Pour les principaux radionucléides présents en INB, la Publication 78 de la CIPR décrit les fonctions d'excrétion ou de rétention permettant de passer des résultats des mesures radiotoxicologiques à l'estimation de l'activité incorporée, puis de la dose efficace engagée.

Conditions d'utilisation des modèles :

- Expression des quantités mesurées ou estimées en activités globales : Bq (désintégration par seconde)
- Expression du temps en jour, d'où l'expression des quantités excrétées en Bq/24h

**R. 37 | Quelles modalités d'incorporation retenir par défaut ? (GRADE A)**

En première intention, quelles que soient les circonstances de découverte de la contamination, l'hypothèse d'un événement unique est à privilégier.

Parmi les quatre voies d'incorporation retenues par la CIPR (inhalation, ingestion, passage percutané, passage systémique), la voie d'incorporation la plus fréquente en ce qui concerne les travailleurs est l'inhalation :

- suite à événement identifié, lorsqu'aucune indication n'oriente vers un mode d'incorporation, l'inhalation est prise par défaut dans un premier temps,

- en l'absence d'événement identifié (découverte d'une contamination par un examen de surveillance de routine), l'inhalation est le mode d'incorporation pris par défaut.

**R. 38 | Quelle date d'incorporation retenir par défaut ? (Accord professionnel)**

Si l'événement est identifié, la date d'incorporation est la date de l'événement.

Si l'événement est non identifié :

– En **première approximation**, pour décider de la prescription d'examens de contrôle à partir des premiers résultats, la date d'incorporation retenue est le premier jour du début de l'intervalle de surveillance,

– Ensuite, pour l'estimation de la dose, en fonction des résultats des mesures et de l'enquête :

- la date d'incorporation retenue sera la **date la plus plausible**,
- si aucune information ne permet de conclure, la date retenue sera celle du **milieu de l'intervalle** en cohérence avec les recommandations internationales.

**R. 39 | Quel type d'absorption et quelle granulométrie retenir par défaut ? (GRADE A)**

**LE TYPE D'ABSORPTION** dépend de la forme chimique. Lorsque la forme chimique est connue, on utilise les valeurs indiquées dans les tableaux 3.2 et 3.3 de l'annexe de l'arrêté du 1/9/2003 :

- type d'absorption pulmonaire F, M ou S en cas d'inhalation
  - valeur du facteur d'absorption gastro-intestinale  $f_1$  (prochainement dénommé  $f_A$ ) en cas d'ingestion
- Ces valeurs interviennent dans le choix du coefficient de calcul des doses efficaces à utiliser.

Lorsque la forme chimique est inconnue, on utilise les valeurs correspondant à « composé non spécifique » dans les tableaux 3.2 et 3.3 de l'annexe de l'arrêté du 1/9/2003.

**LA GRANULOMÉTRIE** retenue par défaut en cas d'inhalation au poste de travail est de 5 micromètres (CIPR).

**R. 40 | Que faire en cas de mélange de radio-isotopes et/ou radionucléides ? (GRADE A)**

En cas de mélange de radionucléides, il est nécessaire d'obtenir la composition isotopique du mélange auprès de l'exploitant.

La composition isotopique généralement exprimée en pourcentage de masse devra être transformée en pourcentage d'activité. Pour ce faire, on utilisera les coefficients d'activité spécifique (en Bq / g).

En cas de présence de radionucléides différents,

$$\text{Dose} = [ A_{i \text{ RN mesurés}} \times \text{Coeff de dose}_{\text{RN mesurés}} ] + [ ( \frac{\% \text{ en } A_{\text{RN non mesurés}}}{\% \text{ en } A_{\text{RN mesurés}}} ) \times A_{i \text{ RN mesurés}} \times \text{Coeff de dose}_{\text{RN non mesurés}} ]$$

$A_i$  activité incorporée

A activité

RN Radionucléide

Dans le cas particulier d'un mélange d'isotopes (RI) d'uranium ou de plutonium, dont les périodes radioactives sont du même ordre de grandeur et les comportements biocinétiques considérés comme identiques :

- les calculs peuvent être faits en prenant en

chaque radionucléide doit faire l'objet d'un suivi et d'une estimation dosimétrique spécifique en utilisant le modèle spécifique.

Si un des radionucléides du mélange n'est pas mesuré sur les analyses individuelles, sa contribution à la dose est prise en compte en fonction de la composition isotopique.

compte la somme des activités des isotopes du même radioélément (RI 1 à n),

- le calcul final de dose se fera alors en utilisant un coefficient de dose du mélange,
- le calcul du coefficient de dose d'un mélange s'obtient par la formule :

$$\text{Coeff de dose mélange} = [\text{Coeff de dose RI 1} \times \% \text{ en activité RI 1}] + [\text{Coeff de dose RI 2} \times \% \text{ en activité RI 2}] + \dots + [\text{Coeff de dose RI n} \times \% \text{ en activité RI n}]$$

Le Pu-241, émetteur bêta, décroît en Am-241 avec une période relativement courte (14,4 ans) et n'est en général pas mesuré dans les analyses radiotoxicologiques. Sa contribution à la dose devra donc être estimée à partir d'une information indirecte sur son activité dans un mélange contaminant d'isotopes du plutonium. De plus l'interprétation d'éventuelles mesures d'Am-241 plus de quelques mois après un

incident de contamination devra tenir compte de la contribution de la transformation du Pu-241, ce qui peut nécessiter un appel à l'expertise.

En cas de mélange composé d'oxyde de plutonium avec de l'américium, le mélange présente une cinétique intermédiaire entre celle du plutonium et celle de l'américium.

Une attention particulière est à porter aux événements survenant dans le cadre d'opérations de démantèlement car les caractéristiques physico-chimiques des mélanges (paramètres de dissolution) évoluent avec le vieillissement. Ce cas particulier est du ressort de l'expertise.

**R. 41 | Quelles valeurs de paramètres utiliser par défaut? (GRADE A)**

En l'absence de toute information, on utilise les modèles de la CIPR avec les valeurs de paramètres par défaut :

	VALEUR À UTILISER EN L'ABSENCE DE TOUTE INFORMATION
<b>MODALITÉS D'INCORPORATION</b>	Incorporation unique par inhalation
<b>DATE D'INCORPORATION</b>	milieu de l'intervalle de surveillance
<b>TYPE D'ABSORPTION OU <math>f_1</math></b>	suivant tableaux 3.2 et 3.3 de l'annexe III de l'arrêté du 01/09/03
<b>GRANULOMÉTRIE (DAMA)</b>	5 micro-mètres DAMA : Diamètre Aérodynamique Médian en Activité
<b>TYPE DE COMPOSÉ</b>	non spécifié suivant tableaux 3.2 et 3.3 de l'annexe III de l'arrêté du 01/09/03
<b>COEFFICIENT DE DOSE h(g) (anciennement noté DPUI ou e(50) pour la CIPR)</b>	$h(g)$ = coefficient de dose efficace engagée par unité d'incorporation suivant tableau 3.1 de l'annexe III de l'arrêté du 01/09/03 en fonction du mode d'incorporation, du type d'absorption $f_1$ et de la granulométrie. Cf utilisation en R 48

Les hypothèses concernant le choix des valeurs sont à confirmer en vérifiant la cohérence des estimations à partir de chaque résultat.

Lorsqu'on dispose d'une caractérisation des paramètres physico-chimiques (granulométrie, densité, dissolution...), un modèle spécifique est utilisé mais cela nécessite en général l'utilisation des

logiciels de calcul. Cette approche doit être validée par l'expertise.

L'annexe 4 de l'argumentaire donne des exemples de calculs d'estimations à partir des mesures radiotoxicologiques pour le Co-60 et le Pu-239.

**C-2 | QUELLE MÉTHODE POUR L'INTERPRÉTATION RAPIDE DES PREMIERS RÉSULTATS D'EXAMEN ?**

**R. 42 | Pourquoi définir et utiliser des niveaux d'enregistrement dérivés (NED)? (GRADE A)**

Des valeurs opérationnelles dérivées du NE [publications 54 et 78 de la CIPR], dénommées Niveaux d'Enregistrement Dérivés (NED) permettent une interprétation directe (sans calcul) et rapide des premiers résultats d'examens

Les NED correspondent aux valeurs d'activité exprimées, à un temps  $t$  donné, en Bq pour la rétention et en Bq par jour pour les excrétions, suite à l'incorporation d'une activité au temps  $t_0$  entraînant une dose efficace engagée égale :

– à la valeur du Niveau d'Enregistrement en cas d'incident unique suite à évènement,

– à la valeur du Niveau d'Enregistrement divisé par le nombre d'intervalles de surveillance (ou examens) sur 12 mois consécutifs pour la surveillance de routine.

Les résultats des premières mesures peuvent être comparés aux valeurs de NED (R43-R44), pour la surveillance de routine et la surveillance spéciale, suite à une incorporation par inhalation.

Pour la surveillance de routine (R43), les NED sont calculés pour permettre le respect du non dépassement du NE fixé à 1 mSv sur 12 mois consécutifs.

R. 43 | Surveillance  
de routine : quelles  
valeurs des NED  
suite à inhalation ?  
(Accord Professionnel)

A	B	C	D	E	F	G
RADIONUCLÉIDE	TYPE D'ABSORPTION	SUBSTRAT	LIMITE DE DÉTECTION	INTERVALLE DE SURVEILLANCE IS EN JOURS	DÉBUT DE L'IS	MILIEU DE L'IS
<b>Émetteurs bêta</b>					<b>NED en Bq/L</b>	
Tritium	Eau tritiée	Urines	50 Bq/L	30	1,5 E+04	3,7 E+04
P-32	Composé F	Urines	~ 5 Bq/L	30	4,0 E+01	1,7 E+03
Ni-63	Composé M	Urines		15	2,5 E+01	2,5 E+01
Sr-90	Composé F	Urines	0,2 à 0,8 Bq/L	30	3,0 E+00	9,0 E+01
<b>Émetteurs gamma</b>					<b>NED en Bq/24h</b>	
Co-58	Composé S	Urines	0,2 à 2 Bq/L	90	1,0 E+00	4,0 E+00
		Selles	1 Bq/échantillon	90	6,0 E+00	2,6 E+01
		Anthropo OE	50 à 150 Bq	180	1,7 E+03	5,0 E+03
Co-60	Composé S	Urines	0,2 à 2 Bq/L	180	2,0 E-01	1,0 E+00
		Selles	1 Bq/échantillon	180	1,0 E+00	6,0 E+00
		Anthropo OE	50 à 150 Bq	180	1,0 E+03	2,2 E+03
Ag-110m	Composé S	Urines	0,2 à 2 Bq/L	180	1,0 E-01	4,0 E-01
		Selles	1 Bq/échantillon	180	3,0 E+00	2,0 E+01
		Anthropo OE	50 à 150 Bq	180	1,5 E+03	2,4 E+03
Cs-137	Composé F	Urines	0,2 à 2 Bq/L	180	5,0 E+01	2,0 E+02
		Anthropo OE	50 à 150 Bq	180	1,0 E+04	3,7 E+04
I-131	Composé F	Urines	1 à 2 Bq/L	15	4,0 E-01	9,0 E+00
		Anthropo Thyroïde	3 à 10 Bq	15	1,0 E+02	7,0 E+03

50

A	B	C	D	E	F	G
RADIONUCLÉIDE	TYPE D'ABSORPTION	SUBSTRAT	LIMITE DE DÉTECTION	INTERVALLE DE SURVEILLANCE IS EN JOURS	DÉBUT DE L'IS	MILIEU DE L'IS
<b>Émetteurs gamma – <math>X \leq 200</math> keV et alpha</b>					<b>NED en Bq/24h</b>	
Th-232	Composé M	Selles	1,0 E-03 Bq	180	3,0 E-04	1,0 E-03
	Composé S	Selles	1,0 E-03 Bq	180	1,0 E-05	2,0 E-05
Uranium naturel UF <sub>6</sub>	Composé F	Urines <sup>1</sup>	2,0 E-04 à 5,0 E-04 Bq	90	5,0 E-02	6,0 E-01
Uranium naturel UO <sub>2</sub>	Composé S	Urines <sup>1</sup>	2,0 E-04 à 5,0 E-04 Bq	90	2,0 E-04	1,0 E-03
		Selles <sup>1</sup>	1,0 E-03 Bq	180	3,0 E-03	2,0 E-03
		Anthropo poumons <sup>2</sup>	3 à 27 Bq	180	3	7
Pu-238 Nitrate	Composé M	Urines	2,0 E-04 à 5,0 E-04 Bq	180	1,0 E-04	3,0 E-04
		Selles	1,0 E-03 Bq	365	2,0 E-04	2,0 E-02
		Anthropo poumons	> 3 000 Bq	365	1,0 E-01	7
Pu-238 Oxyde	Composé S	Urines	2,0 E-04 à 5,0 E-04 Bq	180	1,0 E-05	5,0 E-05
		Selles	1,0 E-03 Bq	360	2,0 E-03	1,0 E-02
		Anthropo poumons	> 3 000 Bq	360	2	4
Am-241	Composé M	Urines	2,0 E-04 à 5,0 E-04 Bq	180	2,0 E-04	6,0 E-04
		Selles	1,0 E-03 Bq	360	2,0 E-04	3,0 E-03
		Anthropo poumons	8 à 20 Bq	180	2,0 E-01	1

<sup>1</sup> pour l'uranium, pour les excréctions urinaires et fécales, les valeurs des NED du tableau sont exprimées pour une composition isotopique naturelle ou faiblement enrichie inférieure à 3% (somme des trois isotopes U-234, U-235 et U-238)

<sup>2</sup> pour la rétention pulmonaire, la valeur du NED est exprimée en U-235.

A : radionucléides fréquemment rencontrés en INB

B : hypothèses les plus pénalisantes privilégiées, dans le cadre des situations normales de travail

C : Nature du substrat (OE : organisme entier)

D : Limite de détection LD figurant dans les tableaux R33-34, pour orienter le choix de l'examen le plus pertinent.

Une LD supérieure au NED ne permet pas de garantir de façon certaine la détection d'une incorporation conduisant à une dose efficace de plus de 1 mSv.

E : intervalle de surveillance (IS) en jours, à respecter dans le cadre d'une surveillance de routine.

F : calcul du NED pour une incorporation survenue le jour du début de l'intervalle de surveillance

G : calcul du NED pour une incorporation survenue au milieu de l'intervalle de surveillance

R. 44 | Surveillance  
spéciale : quelles  
valeurs des NED  
suite à inhalation ?  
(Accord Professionnel)

A	B	C	D	E	F
RADIONUCLÉIDE	TYPE D'ABSORPTION	SUBSTRAT	LIMITE DE DÉTECTION	MESURES PRÉCOCES	MESURES À J10
<b>Émetteurs bêta</b>				<b>NED en Bq/L</b>	
Tritium	Eau tritiée	Urines	50 Bq/L	1,0 E+06	6,4 E+04
P-32	Composé F	Urines	~ 5 Bq/L	2,5 E+04	3,0 E+03
Sr-90	Composé F	Urines	0,2 à 0,8 Bq/L	9,0 E+02	1,4 E+02
<b>Émetteurs gamma</b>				<b>MOYENNE J1+J2+J3</b>	<b>MESURES À J10</b>
				<b>NED en Bq/24h</b>	
Co-58	Composé S	Urines	0,2 à 2 Bq/L	1,6 E+03	1,5 E+02
		Selles	1 Bq/échantillon	6,4 E+04	3,6 E+02
		Anthropo OE	50 à 150 Bq	1,5 E+05	3,5 E+04
Co-60	Composé S	Urines	0,2 à 2 Bq/L	1,6 E+02	1,6 E+01
		Selles	1 Bq/échantillon	6,5 E+03	4,0 E+01
		Anthropo OE	50 à 150 Bq	1,53 E+04	3,8 E+03
Ag-110m	Composé S	Urines	0,2 à 2 Bq/L	3	2
		Selles	1 Bq/échantillon	1,5 E+04	1,3 E+02
		Anthropo OE	50 à 150 Bq	3,5 E+04	1,0 E+04
Cs-137	Composé F	Urines	0,2 à 2 Bq/L	1,5 E+03	4,0 E+02
		Anthropo OE	50 à 150 Bq	8,0 E+04	6,3 E+04
I-131	Composé F	Urines	1 à 2 Bq/L	5,0 E+02	1,0 E+01
		Anthropo Thyroïde	3 à 10 Bq	1,16 E+04	5,0 E+03

A	B	C	D	E	F
RADIONUCLÉIDE	TYPE D'ABSORPTION	SUBSTRAT	LIMITE DE DÉTECTION	MESURES PRÉCOCES	MESURES À J10
<b>Émetteurs gamma – X ≤ 200 keV et alpha</b>				<b>NED en Bq/24h</b>	
Uranium naturel UF <sub>6</sub>	Composé F	Urines <sup>1</sup>	2,0 E-04 à 5,0 E-04 Bq	1,5 E+01	4,8
Uranium naturel UO <sub>2</sub>	Composé S	Urines <sup>1</sup>	2,0 E-04 à 5,0 E-04 Bq	8,0 E-03	5,0 E-03
		Selles <sup>1</sup>	1,0 E-03 Bq	2,0 E+01	1,1 E-01
		Anthropo poumons <sup>2</sup>	3 à 27 Bq	1,1 E+01	1,0 E+01
Pu-238 Nitrate	Composé M	Urines	2,0 E-04 à 5,0 E-04 Bq	5,0 E-03	5,0 E-04
		Selles	1,0 E-03 Bq	4	2,0 E-02
		Anthropo poumons	> 3 000 Bq	2	1,7
Pu-238 Oxyde	Composé S	Urines	2,0 E-04 à 5,0 E-04 Bq	1,0 E-04	2,0 E-05
		Selles	1,0 E-03 Bq	1,0 E+01	6,0 E-02
		Anthropo poumons	> 3 000 Bq	6	5
Am-241	Composé M	Urines	2,0 E-04 à 5,0 E-04 Bq	9,0 E-3	2,0 E-03

<sup>1</sup> pour l'uranium, pour les excréments urinaires et fécales, les valeurs des NED du tableau sont exprimées pour une composition isotopique naturelle ou faiblement enrichie inférieure à 3% (somme des trois isotopes U-234, U-235 et U-238).

<sup>2</sup> pour la rétention pulmonaire, la valeur du NED est exprimée pour l' U-235.

A : radionucléides fréquemment rencontrés en INB

B : hypothèses les plus pénalisantes privilégiées, dans le cadre des situations normales de travail

C : Nature du substrat (OE : organisme entier)

D : Limite de détection LD figurant dans les tableaux R 33-34, pour orienter le choix de l'examen le plus pertinent.

E : calcul du NED pour les prélèvements réalisés pendant les 3 premiers jours

F : calcul du NED pour les prélèvements réalisés au 10ème jour

R. 45 | Comment interpréter rapidement les résultats en surveillance de routine? (GRADE A)

**ESTIMATION INITIALE RAPIDE**

**EXAMEN DE ROUTINE**  
RÉSULTAT MESURE > LIMITE DE DÉTECTION

Tableau des NED

Résultat mesure > NED  
Hypothèse « début de l'intervalle »



**VALIDATION DES HYPOTHÈSES + ENQUÊTE**

**EXAMEN DE CONTRÔLE**  
**PASSAGE EN SURVEILLANCE SPÉCIALE**  
*Plusieurs types*  
*Plusieurs analyses*

Résultat mesure > NED



**ESTIMATION DE LA DOSE EFFICACE ENGAGÉE**  
R50 - Schéma n°8

Arrêt des investigations

R. 46 | Comment interpréter rapidement les résultats en surveillance spéciale ? (GRADE A)

**ESTIMATION INITIALE RAPIDE**

**EXAMEN DE SURVEILLANCE SPÉCIALE**  
RÉSULTAT MESURE > LIMITE DE DÉTECTION

Tableau des NED

**GRADATION INITIALE DE L'ÉVÉNEMENT**

Niveau négligeable  
< 0,1 mSv

Niveau intermédiaire  
0,1 à 1 mSv

Niveau significatif  
> 1 mSv

**SUIVI À VISÉE DOSIMÉTRIQUE**

**AUTRES EXAMENS**  
*Pour confirmation et validation*  
*1 examen plus « sensible »*

**AUTRES EXAMENS**  
*Plusieurs types*  
*Plusieurs analyses*

Arrêt des investigations

Résultat mesure > NED  
Hypothèse « début de l'intervalle »

**ESTIMATION DE LA DOSE EFFICACE ENGAGÉE**  
R50 - Schéma n°8



### C-3 | ESTIMATION DE L'ACTIVITE INCORPORÉE ET DE LA DOSE EFFICACE ENGAGÉE

R. 47 | Comment estimer l'activité incorporée à partir des résultats de mesures ? (GRADE A)

L'estimation de l'activité incorporée ( $A_i$ ) exprimée en Bq est calculée avec la formule suivante :

$$\text{Activité incorporé } A_i \text{ en Bq} = \frac{m(t)_{[Bq]}}{f(t)_{[Bq/Bq]}}$$

$$A_i = \frac{m(t)}{f(t)} = \frac{\text{activité mesurée sur le corps entier ou l'organe ou l'échantillon biologique, à un temps } t \text{ (depuis l'incorporation)}}{\text{valeur de la fonction de rétention ou d'excrétion pour un temps } t \text{ (depuis l'incorporation), en fonction du modèle retenu}}$$

Les valeurs de  $f(t)$  sont les valeurs de la fonction de rétention ou d'excrétion qui correspond à la quantité mesurée au temps  $t$  suite à l'incorporation d'1 Bq au temps  $t_0$ .

Elles sont publiées dans les publications de la CIPR, et les rapports de l'AIEA (Safety report 37).

[http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1190/Pub1190\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1190/Pub1190_web.pdf)

Les valeurs de  $m(t)$  correspondent aux valeurs des résultats des examens et analyses réalisées sur le corps entier, les organes et/ou sur les échantillons biologiques par le laboratoire. Ces valeurs sont à utiliser en l'état, sauf cas particulier (influence de thérapeutiques par exemple) et/ou mise en évidence d'incohérences dans les différentes estimations.

Ce résultat d'activité incorporée [ $A_i$ ] est ensuite utilisé pour estimer la dose.

R. 48 | Comment estimer la dose efficace engagée ? (GRADE A)

Le calcul de la dose efficace engagée  $E_{\text{interne}} (E_{50})$ , exprimée en Sv, est donné par la formule :

$$E_{\text{interne}} = \sum_j A_{j,\text{inh}} \times h(g)_{j,\text{inh}} + \sum_j A_{j,\text{ing}} \times h(g)_{j,\text{ing}}$$

où :

$E_{\text{interne}}$  : dose efficace engagée résultant de l'exposition interne (sur 50 ans  $E_{50}$ )

$A_{j,\text{inhalé}}$  ou  $A_{j,\text{ingéré}}$  : activité incorporée par inhalation ou ingestion du radionucléide  $j$  exprimée en Bq

$h(g)_{j,\text{inhalé}}$  ou  $h(g)_{j,\text{ingéré}}$  : dose efficace engagée par unité d'incorporation du radionucléide  $j$  exprimée en Sv.Bq<sup>-1</sup> inhalé ou ingéré par un individu du groupe d'âge  $g$  (dénommée DPUI Dose Par Unité d'Incorporation dans la CIPR).

La valeur de  $h(g)$  à retenir se trouve dans les annexes de l'arrêté du 1<sup>er</sup> septembre 2003 [1-2].

Elle dépend du modèle retenu en fonction des paramètres suivants :

- isotope
- mode d'incorporation dans l'organisme (inhalation, ingestion)
- type d'absorption selon la forme chimique pour l'inhalation (type F, M, S)
- granulométrie (1 ou 5 micromètres) pour l'inhalation.

Les coefficients de dose, en cas de passage systémique à travers la peau saine ou une plaie, sont donnés dans les publications de la CIPR, et les rapports du NCRP et de l'AIEA (cf R 59).

R. 49 | Quand acter l'estimation de la dose efficace engagée ? (Accord professionnel)

La validité du calcul de la dose efficace engagée sur 50 ans résultant de l'exposition interne  $E_{\text{interne}} (E_{50})$  est étroitement liée à la validité de l'estimation de l'activité incorporée par inhalation.

La valeur finale de l'estimation dosimétrique peut être actée lorsque les contrôles d'examens sont :

- soit devenus inférieurs à la limite de détection,
- soit stables (plateau de la courbe du modèle ou

constant sur trois mesures successives) cf R 61, - et que les estimations de l'activité incorporée à partir de chaque résultat d'examen sont cohérentes entre elles (R 61).

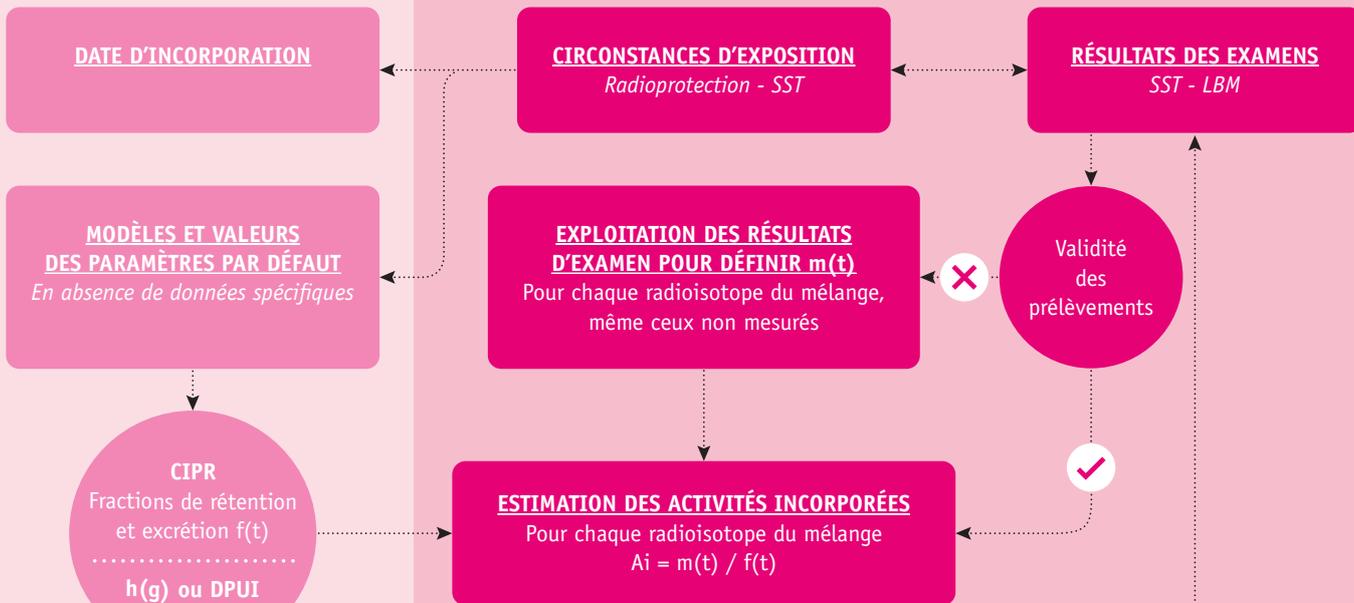
Il est recommandé au médecin du travail de valider toute estimation de dose efficace engagée avec un pair et lorsque l'estimation aboutit à une dose supérieure au quart de la limite réglementaire (5 mSv) de la valider avec un expert.

R. 50 | Quelle démarche pour estimer la dose efficace engagée ? (Accord professionnel)

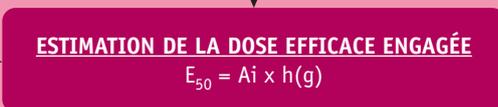
(Page de droite).



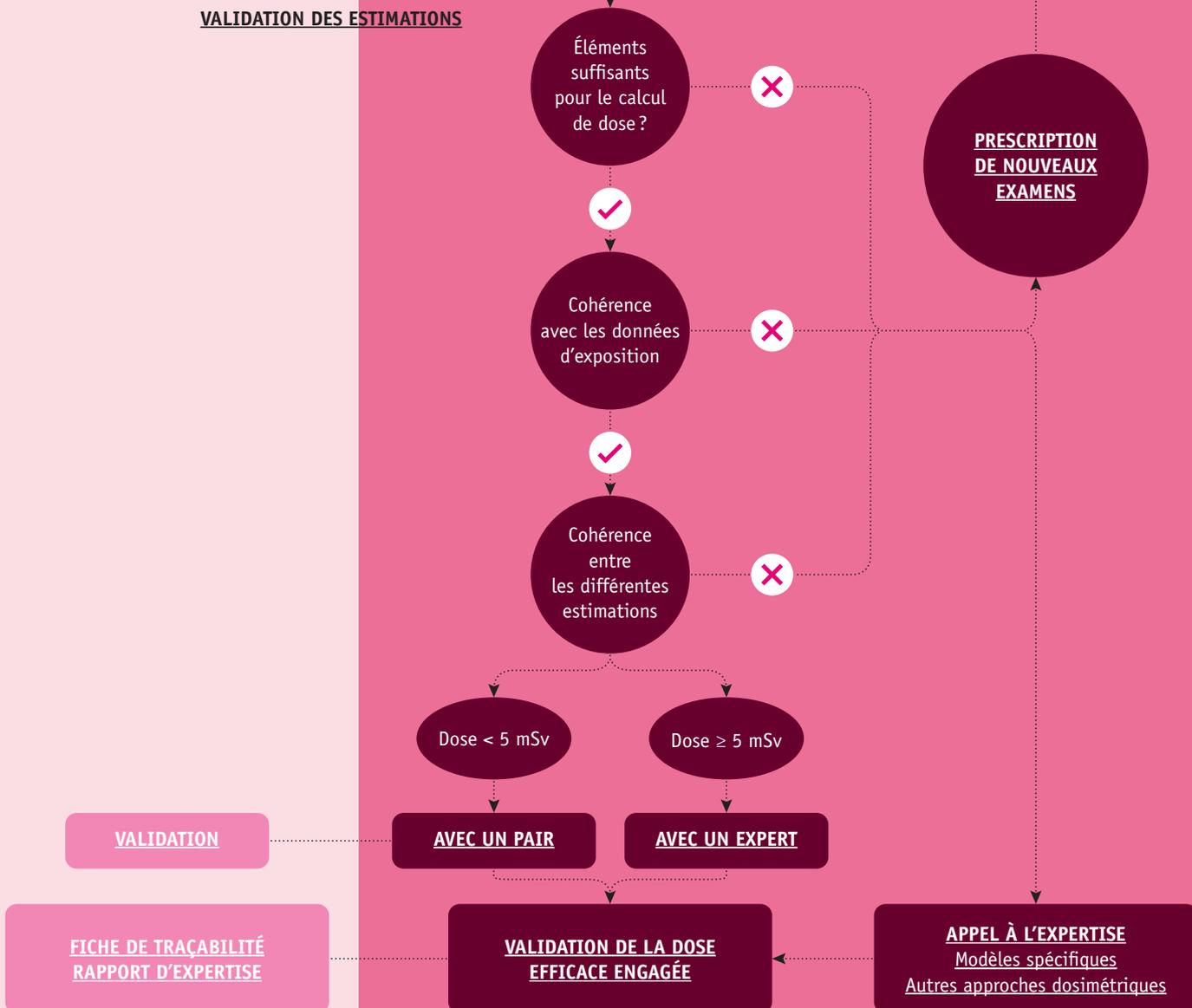
**ESTIMATION DE L'ACTIVITÉ INCORPORÉE**



**ESTIMATION DE LA DOSE EFFICACE ENGAGÉE**



**VALIDATION DES ESTIMATIONS**



<p><b>R. 51   Quelle valeur attribuer aux résultats inférieurs à la limite de détection ? (GRADE B)</b></p>	<p>Lorsque le résultat d'un examen inférieur à la limite de détection (LD) est utilisé pour les besoins dosimétriques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– s'il s'agit d'un examen isolé, il est recommandé de retenir la valeur de la LD pour estimer la valeur maximale de l'activité incorporée.</li> </ul>	<p>– lorsqu'il existe d'autres résultats « positifs » il est recommandé de retenir la moitié de la LD comme valeur pour le calcul de l'activité incorporée.</p>
<p><b>R. 52   Dans quelles conditions moyenner les résultats des estimations ponctuelles ? (GRADE B)</b></p>	<p>Pour un même évènement et pour l'ensemble des résultats associés, la valeur de l'activité incorporée est égale à la moyenne géométrique des activités incorporées (A) estimées à partir de chaque résultat d'examen.</p> <p>L'utilisation de la moyenne géométrique permet de réduire l'incertitude.</p> <p>[ moyenne géométrique = <math>\sqrt[n]{A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n}</math> ]</p>	
<p><b>R. 53   Comment prendre en compte les résultats d'évènements antérieurs ? (GRADE A)</b></p>	<p>En cas de contaminations successives par un même radionucléide, chaque évènement est à traiter de façon séparée.</p> <p>L'activité prise en compte pour l'estimation de dose liée à l'évènement, doit tenir compte du reliquat d'activité lié aux évènements antérieurs.</p>	<p>Ainsi, à chaque nouvel évènement, est déduite du résultat de la dernière mesure, l'activité retenue ou excrétée résultant des incorporations précédentes (le reliquat).</p> <p>Un recours à l'expertise peut s'avérer nécessaire.</p>
<p><b>R. 54   Comment prendre en compte la contribution de l'apport environnemental des nucléides (uranium et thorium) dans les résultats de mesures ? (GRADE B)</b></p>	<p>En cas d'exposition professionnelle aux radioéléments naturels (uranium et thorium), l'activité liée à l'apport environnemental doit être déduite de l'activité du résultat de la mesure.</p> <p>L'apport environnemental en uranium et thorium peut être estimé, soit à partir des données individuelles, soit en utilisant des valeurs moyennes par défaut.</p> <p>Si le laboratoire possède des valeurs moyennes de la population locale non exposée ou des valeurs individuelles antérieures à l'exposition, ces données sont utilisées à la place de valeurs par défaut ci-dessus.</p>	<p>En l'absence de valeurs individuelles, les valeurs suivantes sont à retrancher pour le calcul de dose :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Uranium dans les urines : 0,05 micro-g/L, soit 1,25 mBq/L (activité alpha) pour une isotopie naturelle</li> <li>– Uranium dans les selles : 45 mBq par jour pour une isotopie naturelle et rapport U-234/U-238 &lt; 2</li> <li>– Thorium dans les urines : 150 micro-Bq par jour pour le Th-232</li> <li>– Thorium dans les selles : 10 mBq par jour pour le Th-232</li> </ul>
<p><b>R. 55   Quels sont les effets de l'administration du Ca-DTPA sur les cinétiques d'excrétion ou de rétention ? (GRADE A)</b></p>	<p>En cas de traitement par du Ca-DTPA par injection intra-veineuse, suite à une contamination par le plutonium et/ou l'américium, l'excrétion urinaire est augmentée d'un facteur de 1 à 100.</p> <p>L'activité urinaire mesurée doit être divisée par ce facteur [appelé facteur d'action du DTPA]. Cette activité corrigée sera utilisée pour estimer l'incorporation en utilisant le modèle par défaut.</p> <p>En première intention, la valeur du facteur d'action est prise égale à 50.</p> $\text{Activité corrigée (t)} = \frac{\text{Activité urinaire}}{\text{facteur}}$ <p>Ce facteur s'applique à l'excrétion urinaire des 24 heures suivant l'injection.</p> <p>Il chute ensuite en 2 à 3 jours, puis diminue progressivement pour devenir négligeable après 1 mois. Il peut s'appliquer à chaque résultat d'analyse urinaire suite à injection de Ca-DTPA, à la condition</p>	<p>que les injections soient espacées de quelques jours (au moins 2 jours).</p> <p>Cet intervalle permet la recharge du compartiment plutonium accessible au Ca-DTPA.</p> <p>Le facteur d'action vrai du Ca-DTPA pourra être estimé au terme d'une fenêtre thérapeutique d'au moins 3 semaines en comparant les excrétions urinaires des 24 heures avant (<math>U_0</math>) et après (<math>U_1</math>) injection de Ca-DTPA</p> <p>Le gain dosimétrique est différent du facteur d'action et son estimation relève du domaine de l'expertise.</p>

<p>R. 56   <b>Quelle est l'influence du traitement par l'iode stable sur la rétention thyroïdienne et l'excrétion urinaire?</b> (GRADE A)</p>	<p>L'administration d'iode stable diminue la fixation d'iode radioactif au niveau de la thyroïde dans des proportions qui dépendent du délai entre la contamination et la prise d'iode et de l'apport alimentaire en iode stable.</p> <p>En conséquence, l'estimation dosimétrique se basera sur la mesure directe de l'activité effectivement fixée sur la thyroïde et non sur les résultats de l'excrétion urinaire.</p>	
<p>R. 57   <b>Comment prendre en compte le traitement par bleu de Prusse après contamination par les isotopes du césium?</b> (GRADE B)</p>	<p>En cas de traitement par le bleu de Prusse après contamination par le césium, l'estimation dosimétrique doit prendre en compte la période biologique de rétention à long terme chez le sujet considéré, évaluée partir des mesures anthropométriques.</p>	
<p>R. 58   <b>Comment estimer la dose locale après contamination externe sur peau saine ou lésée?</b> (GRADE A)</p>	<p>Une indication dosimétrique de l'irradiation locale de la peau est donnée par les facteurs de débit de dose. Les facteurs de débit de dose sont disponibles dans les recommandations internationales, normes ou rapport NCRP 156.</p> <p>La dose délivrée localement à la peau saine ou lésée est à valider avec l'aide des structures d'expertise, tant pour les mesures que pour les estimations de dose locale.</p>	<p>En cas de plaie, la dose locale n'entre pas dans le calcul de la dose efficace engagée en l'absence d'un facteur de pondération tissulaire (<math>W_T</math>) pour la plaie.</p>
<p></p>	<p>Elle fournit des indications utiles pour l'évaluation du risque sanitaire.</p>	
<p>R. 59   <b>Comment estimer le passage systémique et donc la dose efficace engagée à partir d'une plaie contaminée?</b> (Accord professionnel)</p>	<p>En cas de plaie contaminée, une estimation de la dose efficace engagée liée au passage systémique est à réaliser.</p> <p>Une indication dosimétrique est donnée en appliquant le modèle injection de la CIPR.</p> <p>Si les estimations de l'activité incorporée à partir de chaque résultat de mesure sont cohérentes, la dose efficace engagée retenue est égale à l'activité incorporée multipliée par le coefficient de dose du tableau 5.3 du rapport NCRP 156.</p>	<p>Si les estimations de l'activité incorporée à partir de chaque résultat de mesure ne sont pas cohérentes, d'autres hypothèses sur la catégorie du contaminant sont à étudier avec l'appui de l'expertise.</p> <p>Une surveillance à long terme est souvent nécessaire pour valider les hypothèses.</p>

#### **C-4 | COMMENT VALIDER UNE ESTIMATION DE DOSE ET QUE FAIRE EN CAS D'INCOHÉRENCE?**

<p>R. 60   <b>Pourquoi valider une estimation de dose?</b> (Accord professionnel)</p>	<p>Il est nécessaire de valider toute estimation dosimétrique du fait des nombreux facteurs d'incertitude associés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- incertitude métrologique de mesure,</li> <li>- connaissance partielle des conditions d'exposition, voire date d'exposition inconnue,</li> <li>- variabilités interindividuelles,</li> <li>- réalisme imparfait des modèles dosimétriques.</li> </ul>	
---	--	--

**R. 61 | Comment valider une estimation de dose et les hypothèses utilisées ? (Accord professionnel)**

**La cohérence des estimations est à valider à 3 niveaux :**

**1. Cohérence des estimations avec les valeurs des données d'exposition au poste de travail**

Le choix du modèle de calcul doit rester cohérent avec les données initiales de l'événement, notamment :

- l'isotopie,
- le type d'absorption selon la forme chimique,
- la granulométrie,
- le mode d'incorporation dans l'organisme.

La date prise en compte comme date de l'incorporation est à valider avec la réalité des périodes d'exposition.

L'activité incorporée estimée et la dose efficace engagée résultante doivent rester en cohérence avec le niveau estimé à partir des données initiales d'exposition au poste de travail, en particulier :

- le niveau de contamination atmosphérique en cas d'inhalation,
- le résultat des indicateurs initiaux d'incorporation.

Cette cohérence est estimée comme acceptable s'il n'existe pas plus d'un facteur 10 entre les niveaux d'exposition et l'incorporation réelle des intervenants.

**2. Cohérence de l'estimation de l'activité incorporée obtenue à partir chaque résultat d'analyse**

La validation du modèle biocinétique et dosimétrique utilisé est réalisée en vérifiant la cohérence des estimations d'incorporation à partir des valeurs des résultats de mesure individuelle.

Cette vérification se fait sur l'ensemble des résultats d'analyses de nature différente (anthroporadiométrie,

analyses radiotoxicologiques des urines et des selles) :

- au terme de leur stabilisation (plateau ou inférieures à la limite de détection),
- en comparant les rapports entre les résultats des différents types d'analyse au même temps avec la valeur attendue dans le modèle.

Les hypothèses sur les conditions d'incorporation peuvent être affinées ou validées par la cohérence des différentes estimations de l'activité incorporée à partir des résultats de plusieurs examens positifs.

Cette cohérence est estimée comme acceptable s'il n'existe pas plus d'un facteur 3 entre les différentes estimations obtenues à partir des différents résultats.

**3. Cohérence des estimations pour des travailleurs soumis aux mêmes conditions d'exposition**

Lorsque plusieurs travailleurs sont exposés à un même événement d'exposition interne, il est souhaitable de prescrire les mêmes examens à l'ensemble des travailleurs à la fois pour :

- valider les estimations de dose,
- mais aussi pour des raisons psychologiques et médico-légales.

En cas de résultats très différents et confirmés (écart supérieur à un facteur 10) entre plusieurs travailleurs exposés aux mêmes conditions, cela amène à s'interroger sur des facteurs individuels particuliers (physiologiques) mais aussi de comportement (absence de contrôle, mauvais port d'un équipement de protection individuel...).

**R. 62 | Quels paramètres examiner en priorité en cas d'incohérence lors de l'estimation d'une dose ? (Accord professionnel)**

Les facteurs de variabilité à examiner en priorité sont par ordre d'importance :

- la validité de chaque résultat d'analyse\* (cf. les critères de conformité R28 à R32),
- l'influence des thérapeutiques administrées (R 55-56-57),
- la date de l'incorporation lorsque celle-ci n'est pas connue (R38),
- la granulométrie et l'écart type de sa distribution,
- le type d'absorption.

\* Néanmoins, tout résultat même s'il ne répond pas aux critères de conformité d'échantillonnage ou métrologique, apporte une information sur la vraisemblance des hypothèses retenues.

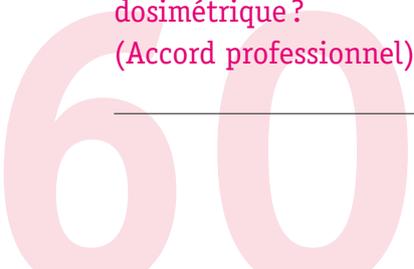
Un recours à l'expertise peut s'avérer nécessaire. Le choix de nouvelles hypothèses est alors examiné conjointement entre le praticien et l'expert.

**R. 63 | Que peut-on dire de l'incertitude sur le résultat de l'estimation dosimétrique ? (Accord professionnel)**

L'évaluation de l'incertitude associée à une estimation dosimétrique est complexe. L'état actuel des connaissances et des techniques ne permet pas d'effectuer cette évaluation dans la pratique courante.

En conséquence, les estimations de dose efficace engagée seront en général exprimées sans incertitude associée.

Lorsqu'une valeur de dose est susceptible d'être supérieure à 100 mSv, ou qu'une évaluation du risque individuel est nécessaire, l'évaluation éventuelle de l'incertitude sur l'estimation dosimétrique est du ressort de l'expertise.





THIÉ-

ME -

D.

---

## **RISQUE SANITAIRE ET PRISE EN CHARGE** **PAR LE MÉDECIN DU TRAVAIL**

---

### **D-1 | ESTIMATION DU RISQUE SANITAIRE**

---

**R. 66 | À partir de quelle dose efficace faut-il évaluer le risque sanitaire ? (GRADE A)**

L'évaluation du risque sanitaire concerne les effets déterministes et stochastiques susceptibles de survenir chez le travailleur exposé.

Il est pertinent d'évaluer le risque cancérigène ou les effets tissulaires lorsque la dose efficace engagée, estimée suite à un événement d'exposition interne, est supérieure à 100 mSv.

**R. 67 | Comment est évalué le risque des effets stochastiques ? (GRADE A)**

La dose efficace n'est pas appropriée pour évaluer de façon précise le risque sanitaire individuel et en particulier la probabilité de l'occurrence d'un cancer. Cependant, en première approximation, un excès de décès par cancer à 5 % par Sievert peut-être utilisé pour estimer le risque cancérigène global.

Pour évaluer de façon plus fine le risque stochastique aux différents organes, il est nécessaire d'évaluer les doses absorbées et/ou les doses équivalentes reçues par des organes et des tissus. Ces doses doivent être estimées spécifiquement pour le travailleur concerné en adaptant les hypothèses biocinétiques et dosimétriques.

L'évaluation individuelle du risque stochastique sera faite par l'expertise en appliquant les coefficients de risque établis à partir des connaissances

expérimentales et humaines. Ces coefficients de risque doivent être, si possibles, adaptés au genre et à l'âge de l'individu considéré.

En fonction de cas, d'autres facteurs sont également à considérer, en particulier les antécédents médicaux, l'existence d'une susceptibilité individuelle ou la présence de co-expositions (autres expositions aux cancérigènes environnementaux et professionnels).

**R. 68 | Comment est évalué le risque des effets déterministes ? (GRADE A)**

Pour les effets déterministes, le risque est évalué par l'expertise à partir de la dose absorbée dans l'organe/le tissu et en prenant en compte l'étalement dans le temps des doses reçues après contamination interne.

## D-2 | PRISE EN CHARGE PAR LE MÉDECIN DU TRAVAIL

### R. 69 | Comment répondre aux travailleurs quant à la signification sanitaire liée à la dose estimée? (Accord professionnel)

Lors de la transmission des résultats et de l'estimation de dose, le médecin du travail doit apprécier l'impact psychologique de cette annonce sur le travailleur.

Il est important de souligner/rappeler que le médecin est seul face à cette situation du fait de l'obligation de respect du secret professionnel.

La représentation générale du risque radiologique dépend du niveau de compréhension et de l'impact émotionnel lié à l'information préalable qui lui a été prodiguée.

En dehors de tout évènement, le niveau d'information doit être entretenu par :

- une formation et/ou information périodique des travailleurs sur la prévention au poste de travail, en association avec la PCR, et des effets biologiques des rayonnements, des traitements disponibles etc...
- une présentation des protocoles de surveillance systématique et spéciale à la direction, aux préventeurs, aux instances représentatives du personnel, et aux travailleurs,

- une présentation *a minima* annuelle des bilans dosimétriques en CHS-CT.

Suite à un évènement de contamination ou après la découverte d'une positivité d'une analyse systématique, il est nécessaire de :

- informer le travailleur au fil des résultats, lorsque des contrôles répétés sont prescrits,
- justifier la répétition des examens par la nécessité d'augmenter la précision du calcul plutôt que de parler d'incertitude (source d'anxiété),
- expliquer la démarche d'évaluation de la dose,
- distinguer les aspects réglementaires (dose efficace) du risque sanitaire (dose absorbée),
- voire proposer éventuellement un appui psychologique.

Toute l'équipe médicale du travail est, de ce fait, l'interlocuteur privilégié des travailleurs et parties prenantes pour répondre à leurs interrogations.



AN-  
NE-  
XES.

## PARTICIPANTS

### PROMOTEURS

#### PROMOTEUR PRINCIPAL

La Société Française de Médecine du Travail (SFMT)  
Président Pr Patrick Brochard jusqu'en 2010, Pr Catherine Nisse

#### CO-PROMOTEURS

Les médecins ayant la responsabilité de coordination des services de santé au travail des industries nucléaires :

Pour AREVA	Dr Alain Acker	Directeur médical
Pour le CEA	Dr François Pic	Coordonnateur médical
Pour EDF	Dr Dominique Folliot	Médecin coordonnateur
Pour le SPRA	Pr Pierre Laroche	Directeur adjoint du Service de Protection Radiologique des Armées

### GROUPE DE RÉDACTION

#### COORDINATION DU GROUPE

M. Philippe Bérard	CEA/Fontenay Aux Roses - Direction des Sciences du Vivant - Expert
Dr Nicolas Blanchin	CEA/Cadarache - Médecin du Travail
Dr Michèle Gonin	EDF Saint-Denis - Production Nucléaire - Conseiller en Santé au Travail
Dr Benoit Quesne	AREVA et CEA/Marcoule - Médecin du Travail

#### COMPOSITION DU GROUPE

Médecins du travail	Dr Anne-Laure Agrinier (CEA/Marcoule), Dr Laurent Bourgaut (CEA/Saclay)
Pharmacien biologiste Experts	M. Robert Fottorino (CEA / Cadarache) IRSN - Paris : Eric Blanchardon, Dr Cécile Challeton de Vathaire, Didier Franck CEA - Fontenay Aux Roses : Jean Piechowski CEA - DAM : Paul Fritsch, Jean-Luc Poncy

### COMPOSITION DU GROUPE DE LECTURE

Dr Jean Binder	Médecin du travail	AREVA Châlon
Dr Stéphane Henry	Médecin du travail	AREVA Paris
Philippe Corrèze	Pharmacien biologiste	AREVA La Hague
Bernadette Peleau	Pharmacien biologiste	AREVA La Hague
Jean-Jacques Radecki	Ingénieur Radioprotection	AREVA Pierrelatte

Dr Marie Luce Llaona	Médecin du travail	AREVA Pierrelatte
Dr Françoise André	Médecin du travail	CEA DAM
Dr Mario Annicchiarico	Médecin du travail	CEA Cadarache
Eric Ansoberlo	Ingénieur chimiste - Expert	CEA Marcoule
Didier Cavadore	Pharmacien biologiste	CEA Marcoule
Dr Philippe Donikian	Médecin du travail	AMT Marcoule
Dr Louise Grappin	Médecin du travail	CEA Cadarache
Gilles Hoffman	Représentant salarié	CEA Cadarache
Didier Kimmel	Directeur de centre d'essais nucléaires	CEA Cadarache
Dr Laurence Lebaron Jacobs	Médecin chercheur	CEA Cadarache
Maurice Mazière	Directeur de centre d'essais nucléaires	CEA Saclay
Dr Patrick Raynaud	Médecin du travail	CEA Marcoule
Dr Francis Salle	Médecin du travail	CEA FAR
Gonzague Abela	Ingénieur Radioprotection	EDF Saint-Denis
Dr Catherine Bailloeuil	Médecin du travail	EDF Tricastin
Dr Dider Chevalier	Médecin du travail	EDF Gravelines
Dr Thomas Ehret	Médecin du travail	EDF Cattenom
Dr Eric Laporte	Médecin du travail	EDF Saint-Alban
Dr Isabelle Le Couteulx	Médecin du travail	EDF Paluel
Dr Frédérique Levray	Médecin du travail	EDF Dampierre
Dr Marie Laure Renouard	Médecin du travail	EDF Nogent
Dr Jean-Christophe Amabile	Médecin du travail, Médecin en chef de la division médicale du SPRA	
Sandra Bohand	Pharmacien militaire	
Dr Xavier Castagnet	Médecin du travail, Médecin en chef de l'escadrille des sous marins d'attaque	Service de Protection Radiologique des Armées (SPRA)
Alain Cazoulat	Pharmacien militaire	
Dr Xavier Michel	Médecins du travail, Adjoints au chef du bureau de radioprotection médicale du SPRA	
Dr Franck Rivière		
Patrice Boisson	Pharmacien biologiste	Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire
Alain Biau	Directeur d'évaluation scientifique	Retraité IRSN
François Paquet	Coordonnateur programme	IRSN Cadarache
Laurent Kueny	Ingénieur chef de service	Autorité de Sécurité Nucléaire
Dr Christine Gauron	Médecin expert	Institut National de Recherche Scientifique

---

Christian Hurtgen	Responsable de Laboratoire	Belgique
Pr Jean Claude Artus Pr Dominique Choudat	Professeur en Médecine nucléaire Professeur en Médecine du Travail - Agrégé de pneumologie	CHU de Nîmes CHU de Cochin - Paris
Dr Denis Jean Gambini	Coordinateur de la radioprotection à l'AP-HP	Hôpital Européen Georges Pompidou - Paris

#### REMERCIEMENTS

---

Les participants du groupe de rédaction tiennent à remercier l'ensemble des participants cités ci-dessus pour leur implication particulière dans l'élaboration de ce rapport.

Ils remercient également Madame Karine Petitprez, chef de projet HAS, pour le suivi attentif qu'elle leur a apporté tout au long de ce travail.

Enfin, ils remercient le Dr Alain Miele, médecin du travail, aujourd'hui retraité, qui est à l'origine de ce projet et fut le premier animateur du groupe de travail.

## FICHE DESCRIPTIVE

<b>TITRE</b>	Surveillance médico-professionnelle de l'exposition interne aux radionucléides en Installations Nucléaires de Base
-	-
<b>Méthode de travail</b>	Recommandations pour la pratique clinique
-	-
<b>Date de mise en ligne</b>	Janvier 2012
-	-
<b>Disponibilité d'édition</b>	Téléchargeable gratuitement sur le site de la SFMT <a href="http://www.chu-rouen.fr/sfmt/pages/Recommandations.php">www.chu-rouen.fr/sfmt/pages/Recommandations.php</a>
-	-
<b>Objectifs</b>	Améliorer les protocoles de surveillance, préciser la méthode d'évaluation de la dose efficace engagée et disposer d'éléments d'estimation du risque sanitaire lié à la dose.
-	-
<b>Professionnels concernés</b>	Équipes pluridisciplinaires en santé au travail, Médecins urgentistes et hospitaliers
-	-
<b>Promoteur</b>	Société Française de Médecine du travail (SFMT)
-	-
<b>Groupe de travail</b>	Dr Anne-Laure Agrinier (CEA/Marcoule - Médecin du Travail), M. Philippe Bérard (CEA/Fontenay Aux Roses - expert) M. Eric Blanchardon (IRSN/Paris - expert) Dr Nicolas Blanchin (CEA/ Cadarache - Médecin du Travail), Dr Laurent Bourgaut (CEA/Saclay - Médecin du Travail) Dr Cécile Challeton de Vathaire (IRSN/Paris - expert) M. Robert Fottorino (CEA/Cadarache - Pharmacien biologiste) M. Didier Franck (IRSN/Paris - expert) M. Paul Fritsch (CEA/DAM - expert) Dr Michèle Gonin (EDF Saint-Denis - Production Nucléaire - Conseiller en Santé au Travail) M. Jean Piechowski (CEA/Fontenay Aux Roses - expert) M. Jean-Luc Poncy (CEA/DAM - expert) Dr Benoit Quesne (AREVA et CEA/Marcoule - Médecin du Travail),
-	-
<b>Groupe de lecture</b>	Cf participants dans l'argumentaire
-	-
<b>Recherche documentaire</b>	De janvier 2005 à décembre 2010, hors publications de la CIPR Cf recherche documentaire dans l'argumentaire
-	-
<b>Validation</b>	Attribution du label HAS en Juillet 2011
-	-
<b>Fiches d'information</b>	Fiche d'information : - Pour le travailleur exposé aux radionucléides en INB - Document d'aide à destination des urgentistes
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-





Direction artistique et conception graphique :  
Nicolas Gonin  
[contact@nicolasgonin.com](mailto:contact@nicolasgonin.com)

