



## **Activité professionnelle mettant en jeu des sources naturelles de rayonnement : note explicative sur le contenu du dossier de déclaration**

### **a) Introduction**

Certaines substances radioactives se retrouvent à l'état naturel dans l'environnement : c'est le cas du potassium 40 et des radionucléides de la famille de l'uranium et du thorium. Un certain nombre de matériaux présentent des niveaux de radioactivité naturelle significativement supérieurs aux valeurs moyennes rencontrées dans l'environnement : on parlera de *Naturally Occuring Radioactive Materials* (NORM) ou de radioactivité naturelle renforcée; cette radioactivité naturelle peut également se renforcer par l'intermédiaire des processus physico-chimiques mis en œuvre dans les processus de transformation industriels : on utilise alors le terme *Technologically Enhanced Naturally Occuring Radioactive Material* (TENORM). Dans la suite de cette note, le terme « NORM » sera utilisé de façon générique et désignera à la fois les matériaux NORM et TENORM.

Cette problématique "NORM" touche un certain nombre de secteurs industriels: par exemple, l'industrie des phosphates et les industries qui utilisent des sables ou oxydes de zircon.

Les prescriptions réglementaires relatives aux industries NORM sont définies dans l'Arrêté royal du 20 juillet 2001 portant règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants (RGPRI), articles 4, 9 et 20.3. L'annexe 1 fournit une copie de ces articles.

L'article 4 énumère les secteurs d'activités soumis à obligation de déclaration; ces secteurs sont appelés dans la réglementation les *activités professionnelles mettant en jeu des sources naturelles de rayonnement*; cette liste d'activités professionnelles a été mise à jour par la publication d'un arrêté de l'AFCN au Moniteur Belge le 30 mars 2012. Une copie de cette liste se trouve également à l'annexe 1.

L'article 4 du RGPRI donne à l'AFCN la possibilité d'effectuer une nouvelle mise à jour chaque fois que cela est nécessaire.

L'article 9 prescrit aux activités professionnelles visées à l'article 4 d'envoyer à l'AFCN un dossier de déclaration et décrit la nature des informations contenues dans ce dossier.

Cette note a pour but de clarifier les données que doit fournir à l'Agence l'exploitant d'une activité professionnelle visée à l'article 4, point 2, du RGPRI, en conformité avec les dispositions de l'article 9.

Les données fournies dans ce dossier doivent permettre d'effectuer une première analyse des risques *radiologiques* potentiels pour les travailleurs de l'entreprise (propre personnel et sous-traitants), la population et l'environnement. Seuls doivent être mentionnés les matériaux et processus de production (y compris les processus d'entretien) qui sont susceptibles d'avoir un impact radiologique sur les travailleurs, la population ou l'environnement, directement ou indirectement. Il n'est donc pas nécessaire de décrire en détails les processus de production.

Les données doivent permettre à l'Agence d'évaluer si les limites de dose de l'article 20.3 (la limite d'exposition du public de 1 milliSievert/an) sont susceptibles d'être dépassées.

Les pièces centrales du dossier sont les flowcharts (section b.2) décrivant succinctement les processus de production et une grille de données (section b.4) associée à chaque flowchart.

La présentation des processus de production sous forme de flowchart ainsi que la grille de données de la section (b.4) permettent de standardiser la présentation des dossiers de déclaration. L'Agence peut ainsi en effectuer une évaluation rapide, identifier les points-critiques d'exposition et déterminer si des analyses complémentaires sont nécessaires pour évaluer le risque radiologique.

Le site internet de l'AFCN<sup>1</sup> fournit pour chacun des secteurs industriels concernés des fiches techniques qui décrivent sommairement et de façon non exhaustive les points d'attention principaux.

## b) **Contenu du dossier de déclaration**

### *b.1) Données administratives*

L'exploitant transmet ses données administratives en remplissant le formulaire fourni en annexe 2. Ce formulaire reprend les données mentionnées à l'article 9.1 – premier alinéa.

L'exploitant indique également sur ce formulaire si l'exploitation est soumise à un permis d'environnement ou à un autre type d'autorisation à caractère environnemental délivrée par les autorités régionales ou toute autre autorité.

---

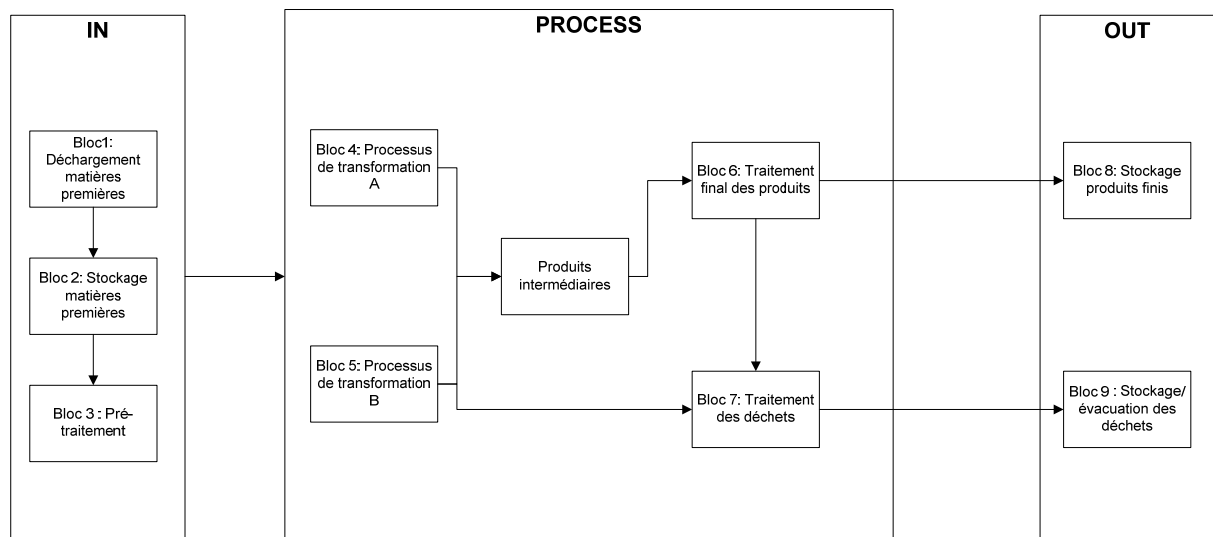
<sup>1</sup> <http://www.afcn.be>

Si oui, fournir la référence et décrire la nature de l'autorisation. L'AFCN peut, le cas échéant et dans le cadre de ses compétences, en demander une copie.

### *b.2) Diagramme du processus de production*

Décrire le processus de production au moyen d'un flowchart, en s'inspirant de l'exemple ci-dessous. Le diagramme fait la distinction entre les opérations (« blocs ») liées à la manipulation des produits entrants (« IN »), les opérations de transformation (« PROCESS ») et les opérations sur les produits sortants (« OUT »), y compris les filières d'évacuation des déchets.

Si l'exploitation comporte plusieurs processus de production, décrire chacun de ces processus séparément.



### *b.3) Description du processus de production par bloc*

Décrire brièvement chaque bloc du processus de production. Ne mentionner que les éléments **pertinents pour l'évaluation de l'impact radiologique** (par exemple, dégagement de poussières, etc.).

Mentionner les opérations de **maintenance** relative à chaque bloc et susceptible d'avoir un impact radiologique (par exemple : enlèvement de 'scaling', enlèvement des poussières, démontage de tuyaux,...).

### *b.4) Grille de données*

Cette grille fournit, pour chaque bloc du/des processus de production les données utiles pour évaluer l'impact radiologique. Les cases qui ne sont pas d'application peuvent être laissées vides. Ne mentionner que les données liées à l'évaluation de l'impact radiologique : par exemple, si différentes sortes de produits sont entreposés dans un local de stockage, ne mentionner que les produits pertinents pour l'évaluation de l'impact radiologique (c'est-à-dire les produits à radioactivité

naturelle renforcée et, éventuellement, certains produits dangereux tels que des explosifs ou des produits hautement inflammables).

Pour déterminer le nombre de personnes potentiellement exposées, il faut également tenir compte des opérations de maintenance. Si le nombre de personnes potentiellement exposées est nul (processus de production sans intervention humaine), il n'est pas nécessaire de préciser les autres données.

		(1) Emplacements / Locaux	Données physiques sur les matériaux				Données radiologiques				Mesures de protection et de surveillance						
			(2) Dénomination des produits	(3) Etat physique	(4) Quantité totale	(5) Granulométrie	(6) Concentration de poussière dans l'air (mg/m3)	(7) Radionucléides et activité spécifique	(8) Durée d'exposition de l'opérateur	(9) Nombre de personnes exposées	(10) Débit de dose maximum et concentration en Rn-222	(11) Mesures de protection collectives	(12) Mesures de protection individuelles	(13) Influence à l'extérieur du site	(14) Mesures de surveillance	(15) Accessibilité	
IN	Bloc 1	Location 1	Matériau a														
			Matériau b														
		...															
		Location 2															
	Location 3																
		...															
	Bloc 2																
	...																
PROCESS	Bloc 4																
	...																
	Bloc 7																
OUT	Bloc 8																
	...																

- (1) Liste des différents emplacements / locaux de travail associés au bloc du processus de production
- (2) Liste des produits, substances, présents sur l'emplacement / local de travail correspondant. Ne mentionner que les produits pertinents pour l'évaluation de l'impact radiologique (c'est-à-dire les produits à radioactivité naturelle renforcée et, éventuellement, certains produits dangereux tels que des explosifs ou des produits hautement inflammables).
- (3) Etat physique = (a) solide (b) poussière (c) liquide (d) gazeux (e) suspension
- (4) Quantité totale : il s'agit de la quantité totale instantanée maximale (quantité totale maximale dans les locaux de stockage, flux instantané maximal dans le processus de transformation, etc.)
- (5) Granulométrie : une description qualitative est suffisante (poussière volatile ou non)
- (7) Radionucléides : mentionner l'activité spécifique en Bq/g
- (8) Durée d'exposition de l'opérateur = (a) aucune exposition (b) occasionnelle (< 20% du temps de travail de l'opérateur le plus exposé) (c) régulière (d) continue (> 80 % temps de travail de l'opérateur le plus exposé). NB : L'opérateur est ici la personne susceptible d'être la plus exposée : il peut s'agir d'un membre du personnel de l'entreprise ou d'un sous-traitant (service d'entretien,...). Pour déterminer la personne la plus exposée, il ne faut pas seulement prendre en compte les opérations de production mais également les opérations de maintenance.
- (10) Débit de dose maximum et concentration en radon (si d'application): débit de dose (en µSv/h) / concentration (en Bq/m<sup>3</sup>) au niveau de l'opérateur
- (11) Mesures de protection collectives = (a) ventilation (b) blindage (c) mesures de contrôle (d) autres (à préciser en annexe)
- (12) Mesures de protection individuelles = (a) port du masque anti-poussière (b) port d'un overal (c) autres (à préciser en annexe)
- (13) Influence à l'extérieur du site : (a) rejets liquides (b) effluents gazeux (c) produits utilisés comme matière première / bien de consommation à l'extérieur du site (d) déchets évacués / traités vers un autre site (e) autres (à préciser en annexe)
- (14) Mesures de surveillance : (a) mesure du taux de poussière (b) mesure du débit de dose (c) échantillonnage des rejets liquides (d) échantillonnage des effluents gazeux (e) mesures du radon (f) autres (à préciser en annexe)
- (15) Accessibilité : (a) accès libre (b) accès uniquement en période d'entretien (c) accès exceptionnel

Alternativement, si le nombre de données est grand, les données relatives à chaque bloc peuvent être présentées sur des grilles séparées dans le format suivant :

### **Bloc 1**

	(1) Emplacements/locaux	Location 1			Location 2	Location 3	...
	(2) Dénomination des produits	Matériau a	Matériau b	...			
<b>Données physiques sur les matériaux</b>	(3) Etat physique						
	(4) Quantité totale						
	(5) Granulométrie						
	(6) Concentration de poussière dans l'air						
<b>Données radiologiques</b>	(7) Radionucléides et activité spécifique						
	(8) Durée d'exposition de l'opérateur						
	(9) Nombres de personnes exposées						
	(10) Débit de dose maximum et concentration en Rn-222						
<b>Mesures de protection et de surveillance</b>	(11) Mesures de protection collectives						
	(12) Mesures de protection individuelles						
	(13) Influence à l'extérieur du site						
	(14) Mesures de surveillance						
	(15) Accessibilité						

### **c) Evaluation du risque radiologique**

Sur base des données fournies dans le dossier de déclaration, l'AFCN évalue l'exposition de l'opérateur. L'exploitant peut, s'il le souhaite, réaliser lui-même cette évaluation et l'annexer à son dossier de déclaration. Dans cette évaluation, il est important de tenir compte des différents blocs des processus de production :

si le même opérateur est impliqué dans différents blocs, il faut bien sûr en tenir compte pour l'évaluation de la dose.

Cette évaluation doit tenir compte des voies d'exposition suivantes :

- irradiation externe
- inhalation
- ingestion
- exposition au radon

Les paramètres nécessaires au calcul de la dose par inhalation et par ingestion peuvent être tirés du document de la commission européenne « *Radiation Protection 122 Part II, application of the concepts of exemption and clearance to natural radiation sources* »<sup>2</sup>. La méthode de calcul est décrite en annexe.

Le facteur radon est évalué indépendamment (détermination de la concentration en Bq/m<sup>3</sup> + le temps d'exposition de l'opérateur le plus exposé).

Les critères de dose sont ceux mentionnés à l'article 20.3 du RGPRI : les activités professionnelles peuvent être soumises en tout ou en partie aux dispositions relatives aux pratiques si l'exposition des travailleurs ou des personnes du public est susceptible de dépasser 1 mSv/an.

Pour l'évaluation de l'exposition au radon sur le lieu de travail, le facteur de conversion entre la concentration en radon et la dose s'élève à 7,8 (nSv/h)/(Bq/m<sup>3</sup>). Pour un facteur d'équilibre standard<sup>3</sup> F=0,4 et pour un travailleur temps plein (1600 heures d'exposition), une concentration en radon de 200 Bq/m<sup>3</sup> correspondra à une dose de :

$$0,4 \cdot 1600 \text{ h} \cdot 200 \text{ Bq/m}^3 \cdot 7,8 \text{ (nSv/h)/(Bq/m}^3) \sim 1 \text{ mSv/an}$$

Une concentration en radon de **200 Bq/m<sup>3</sup>** correspond donc, dans des hypothèses standard, à une exposition de 1 mSv/an et peut être considérée comme valeur de référence.

Il convient de faire une distinction entre le radon qui a son origine dans l'activité professionnelle proprement dite et le radon d'origine naturelle et de comparer la valeur mesurée dans l'entreprise aux valeurs moyennes de la région où cette entreprise est située.

#### **d) Procédure administrative**

La déclaration doit être envoyée :

---

<sup>2</sup> Ce document est téléchargeable sur

[http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/122\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/122_en.htm)

<sup>3</sup> Les descendants du radon ont tendance à se fixer aux surfaces: murs, meubles, particules en suspension. Ils ne sont alors plus susceptibles d'être inhalés. Le facteur d'équilibre est le rapport entre la concentration effective des descendants du radon en suspension dans l'air et la concentration théorique.

- à l'Agence fédérale de Contrôle nucléaire (AFCN)  
Service « Surveillance du territoire et rayonnement naturel »  
A l'attention de M. Michel Sonck, chef de service  
Rue Ravenstein, 36  
1000 BRUXELLES

## **Annexe 1 : Cadre réglementaire**

### a) *Extrait du RGPRI :*

#### *Art. 4. - Activités professionnelles mettant en jeu des sources naturelles de rayonnement*

Les activités professionnelles visées à l'alinéa 2 de l'article 1er sont les suivantes:

...

2. en ce qui concerne les activités professionnelles comprenant un risque d'exposition externe, d'ingestion ou d'inhalation de substances radioactives naturelles (dans des locaux existants ou à construire, lors de circonstances de travail ou d'occupation normale ou pendant l'entretien, y compris au niveau de la filière des résidus ou déchets):

- production de phosphates;
- mise en oeuvre de sables au zircon;
- fonderie d'étain;
- extraction de terres rares;
- fabrication d'électrodes au thorium pour travaux de soudure;
- toute autre activité professionnelle définie par l'Agence et apparaissant sur une liste publiée au Moniteur belge;

...

#### *Art. 9. - Régime applicable aux activités professionnelles mettant en jeu des sources naturelles de rayonnement*

9.1. Les activités professionnelles visées à l'article 4 doivent faire l'objet d'une déclaration à l'Agence. Cette déclaration est adressée, en trois exemplaires, à l'Agence et comprend:

1° les noms, prénom, qualité et domicile de la personne effectuant la déclaration et, éventuellement, la dénomination sociale de l'entreprise, ses sièges social, administratif et d'exploitation, les nom et prénom des administrateurs ou gérants, l'identité de l'exploitant, les nom et prénom du chef d'établissement;

2° ...

3° en ce qui concerne les activités professionnelles visées à l'article 4, point 2:

- la nature et l'objet de l'établissement;
- le genre et les caractéristiques des sources naturelles de rayonnement ionisant présentes ou mises en oeuvre;
- la description des processus qui peuvent conduire à un enrichissement des radionucléides présents (flow chart);
- le nombre de personnes concernées dans les différents secteurs de l'établissement;
- les mesures de protection actuellement mises en oeuvre ou préconisées et, le cas échéant, l'état physique de ces sources naturelles de rayonnement, les quantités en jeu, leur niveau de radioactivité, leur destination, les lieux de détention, de mise en oeuvre ou de stockage;
- les mesures prises en ce qui concerne la caractérisation, le traitement, l'entreposage et l'élimination des déchets produits;

4° ...

9.2. Dans les cas prévus à l'article 37 du traité Euratom, l'Agence sollicite l'avis de la Commission européenne.



L'Agence peut exiger des analyses ou des mesures complémentaires permettant de mieux caractériser les sources naturelles de rayonnement ionisant présentes ou les expositions qui peuvent en résulter. L'Agence peut également exiger que l'établissement lui fasse connaître l'avis d'un expert sur les aspects généraux ou particuliers de la sécurité ou de la salubrité de l'établissement ou de ses incidences sur l'environnement; elle peut également solliciter directement ce même avis.

9.3. Si les niveaux de dose définis à l'article 20.3 pour les personnes du public ou les personnes professionnellement exposées sont dépassés ou susceptibles de l'être, l'Agence peut imposer des mesures correctives. Si, malgré ces mesures correctives, les niveaux de dose définis à l'article 20.3 pour les personnes du public ou les personnes professionnellement exposées sont toujours dépassés ou susceptibles de l'être, l'Agence impose que tout ou partie des prescriptions réglementaires applicables aux pratiques en vertu du présent règlement seront d'application pour l'établissement en question.

...

#### 9.4. Décision de l'Agence

Si l'Agence estime que, conformément l'article 9.3, premier alinéa, certaines dispositions du présent règlement doivent être respectées, elle en informe au préalable le déclarant en précisant qu'il a le droit d'être entendu dans les trente jours calendrier à partir de la notification.

La décision est prise sous forme d'une autorisation et peut comporter des conditions particulières d'autorisation non prévues au présent règlement, que l'Agence estime nécessaire d'imposer en vue d'assurer la sécurité et la salubrité ou d'assurer la protection de l'environnement.

#### 9.5. Notification de la décision

L'Agence transmet copie de l'autorisation:

1. au déclarant, par pli recommandé à la poste;
2. au gouverneur de la province;
3. au bourgmestre de la commune du siège de l'exploitation;
4. au médecin-directeur de l'Inspection médicale du travail du ressort;
5. à l'inspecteur d'hygiène du ressort;
6. le cas échéant, au directeur général de l'Administration de la Qualité et de la Sécurité pour les établissements surveillés par cette administration;
7. le cas échéant, au directeur général de l'ONDRAF.

#### 9.6. Recours

Un recours est ouvert contre la décision de l'Agence auprès du Ministre qui a l'intérieur dans ses attributions dans le délai de trente jours calendrier à dater de la notification de l'autorisation.

Ce recours est transmis à l'Agence. L'Agence notifie à l'exploitant l'existence d'un recours et qu'il a le droit d'être entendu par le Conseil Scientifique s'il le demande dans les trente jours calendrier à partir de la notification. L'Agence sollicite l'avis du Conseil scientifique qui émet un avis dans le délai de nonante jours calendrier à dater de la réception du dossier, après avoir entendu l'exploitant, sur la requête de celui-ci ou à l'initiative du Conseil. Si cet avis est favorable, il peut comporter des conditions particulières non prévues au présent règlement ou dans la décision attaquée.

Le Ministre qui a l'intérieur dans ses attributions statue sur le recours.

La décision est communiquée à l'Agence qui en transmet copie aux personnes citées à l'article 9.5 et, le cas échéant, aux personnes qui ont introduit le recours.

L'avis du Conseil scientifique est annexé à la décision.

#### *20.3. Niveaux de dose à utiliser pour l'application de l'article 9.3, dans le cadre des expositions aux sources naturelles de rayonnements ionisants*

Les activités professionnelles mettant en jeu des sources naturelles de rayonnement ionisant sont soumises en tout ou en partie aux dispositions applicables aux pratiques dans le cadre du présent règlement, conformément aux dispositions de l'article 9, si:

- en ce qui concerne les activités professionnelles pendant lesquelles les travailleurs et, le cas échéant, des personnes du public sont exposés au radon et à ses produits de filiation: les expositions des

travailleurs (pendant leur travail) ou des personnes du public (sur les lieux de travail) sont susceptibles d'entraîner des doses efficaces supérieures à 3 millisievert par an ou si l'exposition au radon annuelle dépasse le niveau de  $800 \text{ kBq.m}^{-3}.\text{h}$ ;

- en ce qui concerne les activités professionnelles pendant lesquelles ou suite auxquelles les travailleurs et/ou les personnes du public subissent une exposition suite à l'emploi ou au stockage de matières contenant naturellement des radionucléides ou à la production de résidus contenant naturellement des radionucléides: les expositions des travailleurs sont susceptibles d'entraîner des doses efficaces supérieures à 1 millisievert par an et/ou si les expositions des personnes du public sont susceptibles d'entraîner un dépassement des limites de dose fixées à l'article 20.1.4 pour les expositions provenant des pratiques;

...

*b) L'arrêté de l'AFCN du 1 mars 2012 (Moniteur Belge du 30 mars 2012).*

**Article 1.** Doivent être considérées comme des activités professionnelles comprenant un risque d'exposition externe, d'ingestion ou d'inhalation de substances radioactives naturelles:

1. stockage, manutention et traitement des minerais de phosphates et des produits et résidus de ces opérations;
2. stockage, manutention et utilisation des sables et oxydes de zircon;
3. le démantèlement, le remplacement et le recyclage des matériaux réfractaires à base de sables et oxydes de zircon;
4. production de dioxyde de titane;
5. installations de traitement des eaux souterraines ;
6. centrales au charbon;
7. production des métaux non ferreux;
8. production primaire d'acier;
9. la production, l'utilisation, le stockage et la manutention de matériaux à base de thorium et d'alliages au thorium;
10. raffinage du pétrole;
11. extraction et transport du gaz naturel et du gaz de schiste;
12. production primaire des terres rares;
13. stockage, manutention, utilisation et traitement des minerais de pyrochlore, columbite, tantalite, ilmenite, rutile, cassiterite, monazite, tourmaline, grenat et des fumées de silice;
14. stockage, manutention, utilisation et traitement de tous les matériaux pour lesquels sont dépassés les niveaux d'exemption d'application pour le transport des sources naturelles de rayonnement, lorsque les radionucléides naturels qu'elles contiennent ne sont pas et n'ont pas été traités en raison de leurs propriétés radioactives, fissiles ou fertiles; ces niveaux sont visés à l'article 56 du RGPRI;
15. la distribution de produits de consommation dont la concentration d'activité dépasse les niveaux définis en annexe.

**Annexe 2 : Données administratives du dossier de déclaration****Dossier de déclaration d'une activité professionnelle mettant en jeu des sources naturelles de rayonnement : données administratives**

<b>1. <u>Personne effectuant la déclaration</u></b>	
Nom :	
Prénom :	
Qualité :	
Adresse :	
Téléphone :	
Fax :	
Email :	
<b>2. <u>Entreprise</u></b>	
Dénomination sociale :	
Adresse siège social :	
Adresse siège administratif :	
Adresse siège d'exploitation :	
Nom et prénom du chef d'établissement :	

L'exploitation est-elle soumise à un permis d'environnement ou à une autorisation des autorités régionales ou d'une autre autorité ?      oui       non

Si oui, fournir la date de délivrance et la référence de l'autorisation et en décrire la nature :

...

**Date:**

**Signature:**

### **Annexe 3 : Calcul de l'exposition annuelle de la personne la plus exposée**

#### a) Irradiation externe :

$$D_{\text{ext}} = N \cdot d_{\text{ext}}$$

N est la durée d'exposition de l'opérateur (nombre d'heures/an) (colonne 8 grille de données).

$d_{\text{ext}}$  est le débit de dose ambiant (colonne 10 grille de données)

#### b) Inhalation

Le calcul de la dose reçue par inhalation se calcule par la formule suivante :

$$D_{\text{inh}} = N \cdot c \cdot b \cdot \sum_i a_i \cdot h_i^{\text{inh}}$$

- La sommation s'effectue sur tous les radionucléides i présents.
- N est la durée d'exposition de l'opérateur (nombre d'heures/an) (colonne 8 grille de données).
- c, concentration de poussières ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) (cf. colonne 6 grille de données)
- b, débit respiratoire de l'opérateur ( $\text{m}^3/\text{h}$ ). La valeur typique pour un travailleur est de **1,2  $\text{m}^3/\text{h}$** .
- $a_i$ , la concentration d'activité du radionucléide i présent dans la poussière ( $\text{Bq}/\text{g}$ ) (cf. colonne 7 grille de données).
- $h_i^{\text{inh}}$ , les coefficients de dose efficace engagée par unité d'incorporation du radionucléide i. Ces coefficients sont repris dans la table 1 ci-dessous pour les radionucléides les plus courants (unité :  $\text{Sv}/\text{Bq}$ ). Ces coefficients se retrouvent également au Tableau B de l'annexe III du RGPRI ainsi que dans la table 23 du document RP122. Il faut noter que ces coefficients dépendent de l'âge de la personne : c'est la dernière colonne du tableau (« travailleur »/ > 17 ans) qu'il faut considérer ici. Dans le tableau du RP122, le coefficient tient déjà compte de la sommation sur tous les radionucléides-filles de la tête de chaîne (supposée en équilibre).

Dans les unités choisies ici pour les différents paramètres,  $D_{\text{inh}}$  s'exprimera en  $\text{mSv}/\text{an}$ .

#### c) ingestion

Le calcul de la dose reçue par ingestion se calcule par la formule suivante :

$$D_{\text{ing}} = N \cdot r \cdot \sum_i a_i \cdot h_i^{\text{ing}}$$

- La sommation s'effectue sur tous les radionucléides i présents.
- N est la durée d'exposition de l'opérateur (nombre d'heures/an) (colonne 8 grille de données).
- r, taux d'ingestion ( $\text{mg}/\text{h}$ ) (le document RP122 utilise comme valeur conservative 10  $\text{mg}/\text{h}$ ).

- $a_i$ , la concentration d'activité du radionucléide  $i$  présent dans la poussière (Bq/g) (colonne 7 grille de données).
- $h_i^{ing}$ , les coefficients de dose efficace engagée par unité d'incorporation du radionucléide  $i$ . Ces coefficients sont repris dans la table 1 ci-dessous pour les radionucléides les plus courants (unité : Sv/Bq). Ces coefficients se retrouvent également dans le Tableau C de l'annexe III de l'ARBIS ainsi que dans la table 25 du document RP122. Il faut noter que ces coefficients dépendent de l'âge de la personne : c'est la dernière colonne du tableau (« travailleur » / > 17 ans) qu'il faut considérer ici. Dans le tableau du RP122, le coefficient tient déjà compte de la sommation sur tous les radionucléides-filles de la tête de chaîne (supposée en équilibre).

Dans les unités choisies ici pour les différents paramètres,  $D_{ing}$  s'exprimera en mSv/an.

**Table 1 : Tableau récapitulatif des coefficients de dose efficace (inhalation et ingestion) pour les radionucléides les plus courants**

Radionucléide	Coefficients de dose – inhalation [Sv/Bq]	Coefficients de dose – ingestion [Sv/Bq]
U-238sec	2,91 E-05	2,57 E-06
Ra-226+	2,23 E-06	2,80 E-07
Pb-210+	1,16 E-06	6,91 E-07
Po-210	2,20 E-06	1,20 E-06
Th-232sec	4,82 E-05	1,06 E-06

**Table 2 : Liste des radionucléides en équilibre séculaire**

Radionucléide-parent	Radionucléides-filles
U-238sec	U 238, Th 234, Pa 234m, Pa 234 (0.3%), U 234, Th 230, Ra 226, Rn 222, Po 218, Pb 214, Bi 214, Po 214, Pb 210, Bi 210, Po 210
Ra-226+	Ra 226, Rn 222, Po 218, Pb 214, Bi 214, Po 214
Pb-210+	Pb 210, Bi 210
Po-210	Po-210
Th-232sec	Th 232, Ra 228, Ac 228, Th 228, Ra 224, Rn 220, Po 216, Pb 212, Bi 212, Po 212 (64.1%), Tl 208 (35.9%)

**Exemple :**

Dans un local de travail, on mesure un débit de dose ambiant de 1  $\mu$ Sv/h et une concentration de poussière de 1 mg/m<sup>3</sup>. La poussière contient une concentration d'activité de 3 Bq/g en U-238 (supposé en équilibre) et de 0,5 Bq/g en Th-232 (en

équilibre). L'opérateur travaille un quart de son temps dans ce local (~ 500 heures/an). A quelle dose est-il exposé annuellement ?

i) irradiation externe

$$D_{\text{ext}} = 500 \text{ h} \times 1 \text{ } \mu\text{Sv/h} = 0,5 \text{ mSv/an}$$

ii) inhalation

$$\begin{aligned} D_{\text{inh}} &= D_{\text{inh, U-238}} + D_{\text{inh, Th-232}} \\ &= 500 \text{ h} \times 1 \text{ mg/m}^3 \times 1,2 \text{ m}^3/\text{h} \times 3 \text{ Bq/g} \times 2,91 \cdot 10^{-5} \text{ (Sv/Bq)} \\ &\quad + 500 \text{ h} \times 1 \text{ mg/m}^3 \times 1,2 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,5 \text{ Bq/g} \times 4,82 \cdot 10^{-5} \text{ (Sv/Bq)} \\ &= 52 \text{ } \mu\text{Sv/an} + 15 \text{ } \mu\text{Sv/an} = 67 \text{ } \mu\text{Sv/an} \end{aligned}$$

iii) ingestion

$$\begin{aligned} D_{\text{ing}} &= D_{\text{ing, U-238}} + D_{\text{ing, Th-232}} \\ &= 500 \text{ h} \times 10 \text{ mg/h} \times 3 \text{ Bq/g} \times 2,57 \cdot 10^{-6} \text{ (Sv/Bq)} \\ &\quad + 500 \text{ h} \times 10 \text{ mg/h} \times 0,5 \text{ Bq/g} \times 1,06 \cdot 10^{-6} \text{ (Sv/Bq)} \\ &= 39 \text{ } \mu\text{Sv/an} + 3 \text{ } \mu\text{Sv/an} = 42 \text{ } \mu\text{Sv/an} \end{aligned}$$

iv) dose totale

$$D_{\text{tot}} = (500 + 67 + 42) \text{ } \mu\text{Sv/an} = 609 \text{ } \mu\text{Sv/an}$$