

Directive

Mise en décharge de
déchets radioactifs

V1.1 17.06.2023

[www.bag.admin.ch/
rad-directives](http://www.bag.admin.ch/rad-directives)

Contact

Tel.: 058 462 96 14

E-Mail: str@bag.admin.ch

Mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité

1 Contexte

La présente directive a été rédigée par l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) en collaboration avec les autorités de surveillance que constituent la Suva (Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents) et l'IFSN (Inspection fédérale de la sécurité nucléaire), l'OFEV (Office fédéral de l'environnement) ainsi qu'avec une délégation des autorités cantonales et des exploitants de décharges.

La directive constitue une aide à l'exécution de l'OFSP et de l'IFSN, qui sont les autorités délivrant les autorisations dans le domaine de la radioprotection. Elle s'adresse avant tout aux autorités d'exécution de la législation en matière de radioprotection et de protection de l'environnement ainsi qu'aux exploitants de décharges. Elle règle la procédure et la collaboration

entre les autorités (OFSP, IFSN, Suva, OFEV et services cantonaux de protection de l'environnement) concernant la mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité. La directive concrétise les exigences de la législation en matière de radioprotection et est conforme à l'état actuel de la science et de la technique.

Sommaire

1	Contexte	1
1.1	Objet et champ d'application	4
1.2	Élimination de déchets radioactifs : réglementation	4
1.3	Bases juridiques et compétences	4
1.4	Responsabilité	5
2	Principes concernant la mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité	5
3	Mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité provenant de situations d'exposition existante (héritages radiologiques)	6
3.1	Critères relatifs à l'accord pour une mise en décharge d'héritages radiologiques (< 100 LL)	6
3.2	Critères relatifs à l'accord pour une mise en décharge de déchets radioactifs de faible	6
4	Mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité provenant de situations d'exposition planifiée	7
4.1	Demande d'autorisation de rejet en vue de la mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité provenant de situations d'exposition planifiée	7
4.2	Critères concernant l'autorisation de rejet délivrée pour la mise en décharge déchets radioactifs de faible activité	7
4.3	Critères relatifs à l'accord pour une mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité	7
5	Acceptation et mise en décharge de déchets	8
6	Acceptation et mise en décharge de déchets	8

Annexe 1	10
<hr/>	
Procédure pour la mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité provenant de situations d'exposition existante (héritages radiologiques)	
Annexe 2	11
<hr/>	
Procédure pour la mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité provenant de situations d'exposition planifiée	
Annexe 3	12
<hr/>	
Calcul de la dose lors de la mise en décharge de déchets contenant du ²²⁶ Ra issus de situations d'exposition existante (héritages radiologiques)	
Annexe 4	14
<hr/>	
Limite supérieure de stockage (LSS) pour les déchets radioactifs de faible activité provenant de situations d'exposition planifiée	
Annexe 5	15
<hr/>	
Surveillance de l'environnement	
Annexe 6	16
<hr/>	
Prise en charge des coûts et responsabilité	

1.1 Objet et champ d'application

La présente directive décrit la procédure et le déroulement pour une mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité (annexes 1 et 2 de la présente directive). Elle précise les critères concernant l'octroi de l'autorisation, par l'OFSP ou par l'IFSN, que le producteur de déchets doit solliciter pour rejeter les déchets concernés. En outre, les critères relatifs à l'accord délivré aux exploitants par l'OFSP pour une mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité et la procédure pour une acceptation et la réception des déchets par la décharge y sont aussi fixés. La présente directive ne porte pas sur l'élimination de matières radioactives naturelles (NORM).

1.2 Élimination de déchets radioactifs : réglementation

Les déchets radioactifs doivent être éliminés par les voies spécialement prévues à cet effet. En règle générale, ces déchets sont livrés au centre fédéral de ramassage (BZL) ou, quand les déchets proviennent d'installations nucléaires, au dépôt intermédiaire de la société Zwischenlager Würenlingen (Zwilag). Les déchets y sont conditionnés et entreposés temporairement avant de pouvoir être stockés dans un dépôt en couches géologiques profondes.

Les déchets radioactifs de faible activité peuvent être rejetés dans l'environnement sous certaines conditions au sens de l'art. 26 de la loi sur la radioprotection (LRaP) [1]. Les principes de base du rejet dans l'environnement sont précisés à l'art. 111 et les conditions de mise en décharge de déchets radioactifs présentant une activité supérieure à la limite de libération à l'art. 114 de l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP) [2].

Conformément à l'art. 105, let. a, ORaP, les matières respectivement les déchets qui ont été rejetés dans l'environnement conformément à l'art. 114 ne sont plus soumis à autorisation et à l'obligation de surveillance. Cela signifie que les matières respectivement les déchets, après leur mise en décharge, c'est-à-dire lorsque l'action de mise en décharge est terminée, ne sont plus considérés comme radioactifs au sens de la législation sur la radioprotection. Ceci implique que lors de la mise en décharge au sens de l'art. 114 ORaP, aucun déchet radioactif n'est déposé dans la décharge.

1.3 Bases juridiques et compétences

L'art. 114 ORaP établit la base juridique pour la mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité :

Art. 114 Mise en décharge avec l'accord de l'autorité délivrant les autorisations

¹ Les déchets radioactifs peuvent, au cas par cas et avec l'accord de l'autorité délivrant les autorisations, être mis en décharge pour stockage définitif lorsque :

- en tenant compte des autres matières présentes dans la décharge, la limite de libération n'est dans l'ensemble pas dépassée, ou que
- suite à ce rejet, une dose efficace de 10 μ Sv par année civile ne peut être accumulée à aucun moment.

² L'OFSP surveille le respect des limites de la dose efficace dans le cadre du programme de prélèvement et de mesure visé à l'art. 193.

³ L'activité spécifique des déchets radioactifs lors du rejet ne doit pas dépasser 100 fois la limite de libération et pour les déchets contenant du radium d'origine artificielle, 1000 fois cette limite.

⁴ Le rejet de déchets radioactifs contenant du radium d'origine artificielle est subordonné aux conditions supplémentaires suivantes :

- les déchets ont été produits avant le 1er octobre 1994 ;
- une élimination par les canaux habituels est impossible ou requiert des moyens disproportionnés ;
- une mise en décharge constitue une solution nettement meilleure, pour l'être humain et pour l'environnement, qu'un maintien en l'état.

L'octroi, aux producteurs de déchets, d'autorisations de rejeter des déchets issus de situations d'exposition planifiée¹ est du ressort de l'IFSN pour les installations nucléaires et de l'OFSP dans tous les autres domaines (art. 9, let. c, en lien avec l'art. 11 ORaP). L'octroi, aux décharges, d'un accord d'acceptation de déchets radioactifs de faible activité au sens de l'art. 114 ORaP et la surveillance de l'environnement à cet égard incombent à l'OFSP. Conformément à l'annexe 3 ORaP, la règle d'addition s'applique pour la détermination de l'activité autorisée des mélanges de nucléides pouvant être mis en décharge.

¹ Situation d'exposition qui résulte de l'exploitation planifiée d'une source de rayonnement ou d'une activité humaine qui modifie les voies d'exposition, de manière à causer l'exposition ou l'exposition potentielle de personnes ou de l'environnement (art. 2 ORaP).

1.4 Responsabilité

Dans le domaine de la mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité, selon la situation, différentes questions se posent quant à la responsabilité de tous les services impliqués (producteurs de déchets, si connus, exploitant de la décharge, cantons

et Confédération). Si certains principes sont expliqués dans l'annexe 6 de la présente directive, il faut souligner que le droit en matière de responsabilité civile dépend fortement du cas d'espèce et que les explications évoquées ne peuvent servir que d'orientations.

2 Principes concernant la mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité

Fondamentalement, il est prévu que ces déchets soient examinés au cas par cas et ne puissent être stockés que dans une poignée de décharges en Suisse. En règle générale, seuls les compartiments de type E conviennent au stockage éventuel de déchets radioactifs de faible activité. En stockant les déchets toujours dans les mêmes compartiments ou dans les mêmes secteurs de compartiments, une localisation ultérieure de ces déchets ainsi qu'une exposition négligeable du personnel de la décharge peuvent être assurées. De plus, dans les décharges de type E, les eaux de percolation sont captées et, pendant l'exploitation, elles ne sont déversées dans un exutoire qu'après traitement dans une station d'épuration communale, ce qui permet de surveiller la concentration d'activité à plusieurs endroits.

Situations d'exposition existante

La mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité constitue avant tout une voie d'élimination possible pour les déchets issus de situations d'exposition existante², ce qu'on appelle les héritages radiologiques (dans la présente directive, le terme « héritage radiologique » se réfère à l'art. 149 ORaP). Des critères clairs

s'appliquent, qui prennent en compte les bénéfices pour la société et exigent qu'une élimination à titre de déchet radioactif soit impossible par la voie d'élimination habituelle ou requière des moyens disproportionnés (cf. tableau 1). Les héritages radiologiques sont des matières ou des objets radioactifs provenant d'activités antérieures à l'entrée en vigueur de la législation sur la radioprotection, des objets dont l'autorisation portant sur un emploi général ou limité a expiré ainsi que des biens-fonds contaminés suite à des activités antérieures.

Situations d'exposition planifiée

La mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité provenant d'une situation d'exposition planifiée (déchets issus de l'arrêt des centrales nucléaires, de la médecine, de l'industrie et de la recherche) n'est pas, selon le rapport explicatif de l'ORaP, adéquate pour l'élimination de grandes quantités de déchets. La mise en décharge de tels déchets dans les décharges de type E n'est admise qu'à des conditions spécifiques fixées au chapitre 4 afin de garantir le respect des critères de protection précisés à l'art. 114 ORaP.

Tableau 1 : critères détaillés pour une éventuelle mise en décharge

Concentration d'activité des déchets	Situation d'exposition existante (héritages radiologiques)	Situation d'exposition planifiée (autorisation)
$\leq LL$	Pas de restrictions	
$\leq 100 \cdot LL$	Examen au cas par cas héritages au sens de l'art. 149 ORaP si : a) pas d'alternative impliquant des moyens proportionnés ; b) meilleure solution qu'un maintien en l'état (3.1).	Examen au cas par cas justification détaillée (4.1–4.3)
²²⁶ Ra $\leq 1000 \cdot LL$	Examen au cas par cas uniquement pour les héritages contenant du radium si : a) produits avant 1994 ; b) pas d'alternative impliquant des moyens proportionnés ; c) meilleure solution qu'un maintien en l'état (3.2).	Non applicable

² Situation d'exposition qui existe déjà lorsqu'une décision doit être prise quant à son contrôle et qui n'exige pas ou n'exige plus de mesures immédiates ; il s'agit notamment de la gestion des héritages radiologiques, du radium, du radon, des matières radioactives naturelles ainsi que de la contamination durable après un cas d'urgence (art. 2 ORaP).

L'examen au cas par cas qui est effectué avant que l'OFSP ne donne son accord pour la mise en décharge permet de garantir que le rejet ne représente à aucun moment un danger pour les employés, la population

et l'environnement. L'OFSP tient une liste des accords qui ont été octroyés pour stocker des déchets radioactifs de faible activité.

3 Mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité provenant de situations d'exposition existante (héritages radiologiques)

La mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité provenant de situations d'exposition existante (héritages radiologiques) constitue une des méthodes pour éliminer ce type de déchets. Si l'exploitant de la décharge et le canton compétent sont d'accord d'accepter les déchets, l'OFSP vérifie au cas par cas que les critères au sens des sections 3.1 et 3.2 sont respectés. Si les autorités cantonales ont approuvé l'élimination (décision d'approbation d'élimination), le cas échéant, l'OFSP donne son accord à la décharge pour que celle-ci accepte les déchets (procédure présentée dans l'annexe 1 de la présente directive). Étant donné que, dans le cas de situations d'exposition existante, le producteur de déchets n'est la plupart du temps pas connu ou ne dispose pas des compétences nécessaires en radioprotection ni d'une autorisation d'utilisation de matières radioactives, l'OFSP assume la responsabilité pour la spécification des héritages radiologiques et pour le respect des aspects de radioprotection lors du transport et de la mise en décharge des déchets. L'exploitant de la décharge est cependant responsable des aspects techniques de la mise en décharge.

3.1 Critères relatifs à l'accord pour une mise en décharge d'héritages radiologiques (< 100 LL)

- une élimination par les canaux habituels est impossible ou requiert des moyens disproportionnés ;
- une mise en décharge constitue une solution nettement meilleure, pour l'être humain et pour l'environnement, qu'un maintien en l'état ;
- l'activité spécifique des matières mises en décharge au cas par cas ne peut dépasser au maximum 100 fois la limite de libération (LL) ;
- l'activité spécifique autorisée de toutes les matières mises en décharge reste, considérée sur l'ensemble de la décharge, inférieure à la limite de libération (LL) ;
- l'ensemble des matières mises en décharge provenant de situations d'exposition planifiée et existante ne représente globalement pas plus de 1 % du volume final du compartiment de type E de la décharge ;

- l'exposition aux radiations du personnel de la décharge pendant la mise en décharge des déchets est limitée au maximum de sorte que ce personnel n'a pas à être considéré comme professionnellement exposé aux radiations (dose efficace inférieure à 1 mSv/an).

3.2 Critères relatifs à l'accord pour une mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité contenant du radium d'origine artificielle jusqu'à 1000 LL

- les déchets ont été produits avant le 1^{er} octobre 1994 ;
- une élimination par les canaux habituels est impossible ou requiert des moyens disproportionnés ;
- une mise en décharge constitue une solution nettement meilleure, pour l'être humain et pour l'environnement, qu'un maintien en l'état (par exemple, lorsqu'un jardin contaminé est assaini) ;
- l'activité spécifique des matières mises en décharge au cas par cas ne peut dépasser au maximum 1000 fois la limite de libération (LL). La dose qui en résulte pour la population est calculée dans l'annexe 3 de la présente directive ;
- la concentration d'activité autorisée de toutes les matières mises en décharge reste, considérée sur l'ensemble de la décharge, inférieure à la limite de libération (LL) ;
- l'ensemble des matières mises en décharge provenant de situations d'exposition planifiée et existante ne dépasse pas globalement 1 % du volume final du compartiment de type E de la décharge ;
- l'exposition aux radiations du personnel de la décharge pendant la mise en décharge des déchets est limitée au maximum de sorte que ce personnel n'a pas à être considéré comme professionnellement exposé aux radiations (dose efficace inférieure à 1 mSv/an).

Cette voie d'élimination des déchets a déjà été utilisée par le passé lorsque tous les critères évoqués étaient remplis. Exemple : afin d'évacuer de la terre contaminée dans les jardins dans le cadre du Plan d'action radium. Entre 2015 et 2018, environ 450 t de terre en moyenne annuellement ont été mis dans différentes décharges de type E.

4 Mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité provenant de situations d'exposition planifiée

La mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité provenant de situations d'exposition planifiée¹ au sens de la législation sur la radioprotection actuellement en vigueur n'est envisageable qu'exceptionnellement, lorsque celui qui a produit les déchets peut prouver que cette voie d'élimination représente la meilleure solution pour l'être humain et pour l'environnement dans l'optique d'optimiser la radioprotection. En outre, un motif valable doit justifier pourquoi l'élimination par les canaux habituels au sens de la législation en matière de radioprotection et d'énergie nucléaire requerrait des moyens disproportionnés.

Avant d'autoriser le rejet de déchets radioactifs de faible activité au sens de l'art. 9, let. c, ORaP, l'autorité compétente pour délivrer les autorisations procède à un examen détaillé au cas par cas puis décide si les critères concernant l'autorisation au sens de la section 4.2 sont remplis. De plus, une autorisation de rejet et de mise en décharge ne peut être délivrée que si l'exploitant de la décharge et le canton compétent sont d'accord d'accepter les matières. Les déchets ne peuvent être livrés dans une décharge que lorsqu'une autorisation de rejet et de mise en décharge a été octroyée, que l'OFSP a donné son accord pour la mise en décharge des matières après avoir examiné les critères visés à la section 4.3 et que les autorités cantonales responsables ont délivré l'approbation d'élimination correspondante. Pour ces raisons, la mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité nécessite une étroite collaboration entre les autorités impliquées (procédure illustrée dans l'annexe 2 de la présente directive).

4.1 Demande d'autorisation de rejet en vue de la mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité provenant de situations d'exposition planifiée

Une autorisation doit être demandée pour rejeter des déchets radioactifs de faible activité dans une décharge. Le producteur de déchets doit soumettre les documents suivants à l'autorité délivrant les autorisations, à savoir l'OFSP ou l'IFSN :

- description des déchets, origine ;
- motif valable et compréhensible indiquant pourquoi les déchets ne doivent pas être éliminés par les canaux habituels d'élimination des déchets radioactifs (optimisation de la radioprotection, proportionnalité ; aspects techniques et ayant trait à la sécurité) ;

- examen de voies d'élimination alternatives ;
- spécifications des déchets radioactifs (activité spécifique, volume, poids) ;
- informations sur les matières dangereuses également présentes ;
- indication sur la manière dont les déchets radioactifs de faible activité sont sous le contrôle de leur producteur jusqu'à leur remise à la décharge (art. 111, al. 3, ORaP).

4.2 Critères concernant l'autorisation de rejet délivrée pour la mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité

Avant d'octroyer une autorisation pour le rejet de déchets radioactifs de faible activité, l'autorité compétente pour délivrer les autorisations, à savoir l'OFSP (en collaboration avec la Suva, l'autorité de surveillance) ou l'IFSN, examine au cas par cas :

- s'il existe un motif valable et compréhensible montrant qu'une élimination par les voies habituelles requerrait des moyens disproportionnés et que, compte tenu de toutes les autres options envisageables, la mise en décharge constitue la meilleure solution, pour l'être humain et pour l'environnement ;
- si les limites supérieures de stockage (LSS), qui sont calculées conformément à l'annexe 4 de la présente directive et qui sont de 100 LL au maximum, sont respectées ;
- si les déchets radioactifs ne contiennent que des nucléides dont la période est relativement courte de sorte que les déchets respecteraient les critères de libération au sens de l'art. 106, al. 1, ORaP après 100 ans ;
- si les déchets radioactifs de faible activité restent sous le contrôle de leur producteur/titulaire de l'autorisation jusqu'à leur remise à la décharge (art. 111, al. 3, ORaP).

4.3 Critères relatifs à l'accord pour une mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité

Si l'exploitant de la décharge et le canton compétent sont d'accord d'accepter les déchets et qu'une autorisation pour un rejet dans l'environnement des déchets radioactifs de faible activité a été octroyée, l'OFSP, en tant qu'autorité responsable, examine au cas par cas si les critères et mesures suivants sont remplis pour donner son accord, permettant ainsi à la décharge d'accepter les déchets :

- la proportion de l'ensemble des matières mises en décharge provenant de situations d'exposition planifiée ne peut dépasser 0,5 % du volume final du compartiment de type E d'une décharge afin de conserver des capacités suffisantes pour les déchets conventionnels ;
- la concentration radioactive autorisée de toutes les matières stockées reste, calculée sur l'ensemble de la décharge, inférieure à la limite de libération (LL) ;
- l'exposition aux radiations du personnel de la décharge pendant la mise en décharge est limitée au maximum de sorte que le personnel n'a ainsi pas à être considéré comme professionnellement exposé aux radiations (dose efficace inférieure à 1 mSv/an).

Si ces conditions sont remplies, l'OFSP donne son accord à l'exploitant de la décharge pour que celui-ci accepte les déchets et informe les producteurs de déchets et les autorités cantonales compétentes de sa décision. Au préalable, les producteurs de déchets doivent effectuer une demande d'approbation de l'élimination auprès des autorités cantonales compétentes. Une autorisation de transport de l'Office fédéral de l'Energie l'OFEN est également requise pour transporter les déchets radioactifs depuis des installations nucléaires vers une décharge.

5 Acceptation et mise en décharge de déchets

Pour accepter des déchets radioactifs de faible activité, l'exploitant de la décharge doit disposer de l'accord de l'OFSP ainsi qu'une approbation d'élimination des autorités cantonales. L'OFSP effectue des mesures initiales du débit de dose sur le lieu de stockage et prélève/analyse un échantillon initial d'eaux de percolation du compartiment concerné. Conjointement l'OFSP donne des instructions à l'exploitant de la décharge sur la procédure de mise en place des déchets dans la décharge et sur la protection du personnel de la décharge impliqué contre d'éventuelles incorporations et contaminations.

Les déchets doivent être mis en décharge immédiatement après la livraison sans être mélangés puis recouverts de matériaux inactifs. L'exploitant de la décharge

veille à ce que le lieu de stockage puisse être retrouvé pendant la durée d'exploitation de la décharge. En fonction de la situation, l'OFSP peut exiger que d'autres mesures soient prises.

Après l'accord de l'OFSP pour l'acceptation et la mise en décharge des déchets, l'exploitant de la décharge n'est pas soumis à l'obligation d'autorisation conformément à l'art. 9, let. a, ORaP car cet accord, avec ses conditions touchant à la radioprotection, couvre toutes ces activités particulières et l'OFSP assure en outre la surveillance de la décharge en question. De plus, après leur mise en décharge, les déchets ne sont plus soumis à autorisation, conformément à l'art. 105, let. a, ORaP.

6 Prélèvement d'échantillons et programme de surveillance

L'OFSP surveille la radioactivité dans l'environnement dans le cadre du programme de prélèvement d'échantillons et de mesures (art. 193 ORaP). Il calcule et contrôle la dose de rayonnements pour la population (art. 194 ORaP). Les décharges qui ont pris en charge des déchets radioactifs de faible activité sont intégrées au plan de prélèvement d'échantillons sans conséquences directes en termes de coût pendant la phase d'exploitation et de gestion après fermeture au

sens de l'art. 43 OLED [3]. Elles sont surveillées et évaluées conformément à l'annexe 5 de la présente directive. L'échantillon d'eaux de percolation prélevé avant la mise en décharge fait office d'échantillon de référence. Les résultats sont publiés chaque année dans le rapport intitulé « Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse » (art. 194 ORaP).

7 Coordonnées des autorités assurant la surveillance et délivrant les autorisations dans le domaine de la radioprotection

Office fédéral de la sante publique (OFSP)

Division Radioprotection
3003 Berne
Téléphone : 058 462 96 14
Courriel : str@bag.admin.ch

Suva

Secteur Chimie, Physique et Ergonomie
6002 Lucerne
Téléphone : 041 419 61 33
Courriel : physik@suva.ch

Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN)

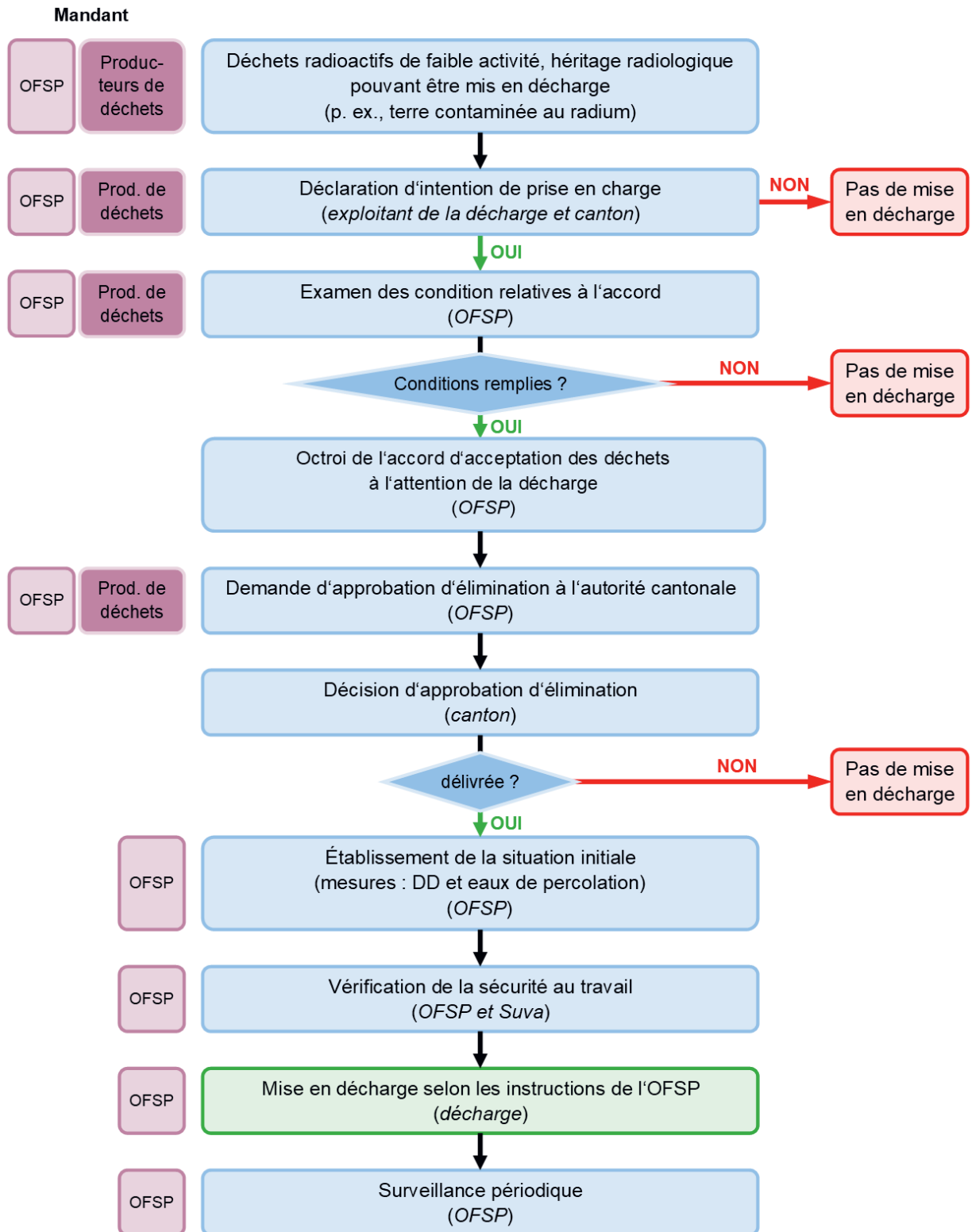
Industriestrasse 19
5200 Brugg
Téléphone : 056 460 84 00
Courriel : info@ensi.ch

8 Références

- [1] Loi du 22 mars 1991 sur la radioprotection (LRaP, RS 841.50).
- [2] Ordonnance du 26 avril 2017 sur la radioprotection (ORaP, RS 814.501).
- [3] Ordonnance du 4 décembre 2015 sur la limitation et l'élimination des déchets (ordonnance sur les déchets, OLED ; RS 814.600).

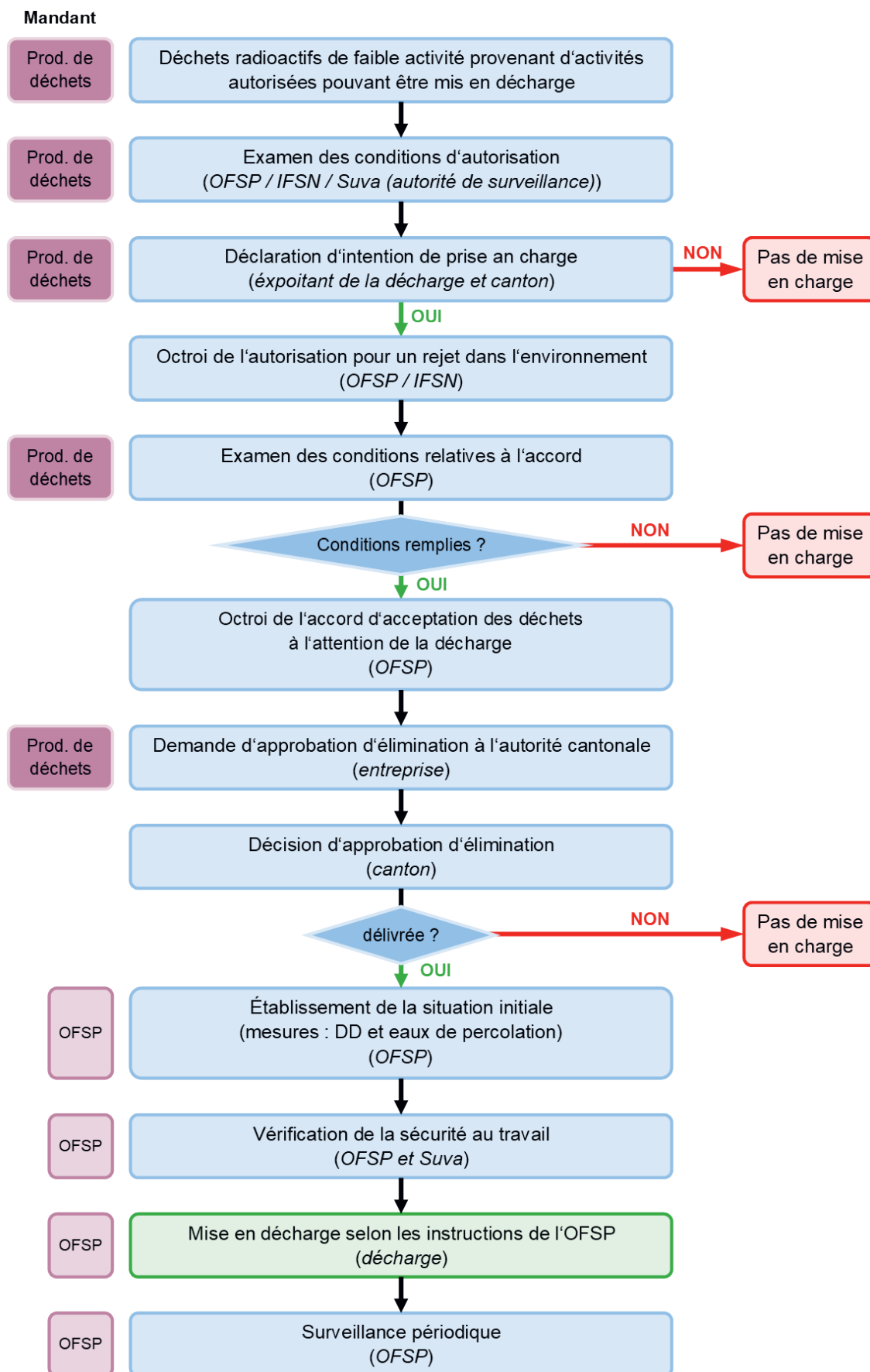
Annexe 1

Procédure pour la mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité provenant de situations d'exposition existante (héritages radiologiques)



Annexe 2

Procédure pour la mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité provenant de situations d'exposition planifiée



Annexe 3

Calcul de la dose lors de la mise en décharge de déchets contenant du ^{226}Ra issus de situations d'exposition existante (héritages radiologiques)

Contexte

Les déchets contaminés au ^{226}Ra proviennent d'héritages radiologiques liés à l'utilisation de peintures luminescentes au radium dans l'industrie horlogère avant 1960. Au sens de l'ORaP, ces héritages radiologiques correspondent à des « situations d'exposition existante » auxquelles s'applique un niveau de référence pour la population de 1 mSv par an (art. 148 ORaP). Dans le cadre du Plan d'action radium de l'OFSP, les biensfonds actuellement concernés sont assainis lorsque l'activité du ^{226}Ra dépasse 1000 Bq/kg dans les sols des jardins. Conformément à l'art. 114 ORaP, les sols dont la contamination va jusqu'à 10 000 Bq/kg ^{226}Ra (cela correspond à 1000 LL) peuvent être stockés dans une décharge de type E dans le respect des principaux critères.

Calcul de la dose annuelle efficace pour la population lors de la mise en décharge de déchets contenant du ^{226}Ra jusqu'à 1000 LL selon deux scénarios

Scénario conservateur

L'accord pour la mise en décharge de déchets contenant du ^{226}Ra issus de situations d'exposition existante est conditionné au respect des conditions visées à l'art. 114 ORaP. L'al. 1, let. a, de l'article exige que la limite de libération soit respectée à l'échelle de la décharge. Le volume de déchets contenant du ^{226}Ra dans une décharge peut donc représenter au maximum 1 millième du volume total de la décharge (davantage si les 1000 LL ne sont pas épuisés par les déchets contenant du ^{226}Ra). Afin d'établir la dose annuelle efficace pour la population, un modèle est calculé de manière conservatrice en prenant en compte le parcours de l'eau (« Scénario conservateur », tableau A3-1). Le scénario se base sur une très grande solubilité du radium et sur une dilution faible dans l'exutoire. Ce « scénario conservateur » correspond à la situation à la fin de la phase de gestion après fermeture, lorsqu'on ne peut plus partir du principe que les séparations entre les compartiments et l'étanchéification du fond sont entièrement intactes. Les résultats du scénario présenté dans le tableau A3-1 confirment que la dose annuelle efficace pour la population de 10 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ est respectée (art. 114, al. 1, let. b, ORaP).

Scénario réaliste

Cela dit, les déchets contenant du $^{226}\text{Radium}$ ne peuvent pas être stockés n'importe où dans une décharge : ils ne peuvent être placés que dans des compartiments de type E. Localement, dans le compartiment concerné, la proportion de déchets contenant du Ra peut ainsi être plus élevée même si, à l'échelle de la décharge, les déchets contenant du Ra ne représentent pas plus de 1 millième des déchets et que la condition visée à l'art. 114, al. 1, let. a ORaP est donc respectée. Dans le « scénario réaliste » (tableau A3-2), on a calculé la dose pour la population lors du stockage de déchets contenant du Ra dans un compartiment de type E. Ce scénario reflète la situation pendant l'exploitation de la décharge. Par rapport au « scénario conservateur » illustré dans le tableau A3-1, le calcul du « scénario réaliste » pour les compartiments de type E se base sur :

- une solubilité du radium plausible et moins importante (mais toujours élevée par rapport aux valeurs reportées dans la littérature ; cf. plus bas),
- une dilution réaliste et plus élevée dans l'exutoire, même si les eaux de percolation sont en plus dirigées vers une station d'épuration (STEP) et ne sont pas déversées directement dans l'exutoire, et
- une proportion de déchets contenant du ^{226}Ra qui constitue 1 % du volume du compartiment : on part donc du principe que le compartiment de type E utilisé représente au maximum 10 % du volume total de la décharge et que la proportion reste à 0,1 % du volume total de la décharge.

Le résultat obtenu pour le scénario réaliste montre que la dose annuelle pour la population reste dans le domaine de l'inoffensif. Les calculs réalisés pour les deux scénarios attestent du fait que le critère de 1000 LL pour la mise en décharge de déchets contenant du ^{226}Ra est compatible avec l'objectif de protection de 10 μSv par an.

Explications concernant les paramètres de calcul d'une émission de radium depuis une décharge via le parcours de l'eau

Les modèles de calcul de la dose de rayonnements prennent en compte la solubilité du radium dans les eaux de percolation par le biais du coefficient de distribution K_d , la dilution des eaux de percolation après qu'elles se sont déversées hors de la décharge ainsi que la radiotoxicité du ^{226}Ra et de ses isotopes filles lorsque les eaux de percolation diluées sont utilisées pour l'eau potable.

a) Solubilité du radium

On utilise le coefficient de distribution K_d pour déterminer la solubilité des métaux (K_d = concentration dans la phase particulaire / concentration dans la phase dissoute ; plus la valeur est basse, plus la solubilité est élevée). Dans le « scénario conservateur », le K_d de 100 l/kg choisi pour le radium, élément alcalino-terreux lourd, correspond à une estimation basée sur les K_d de l'AIEA (SRS 44, 2005³) donnés dans la catégorie « loamy soil » (sol argileux) pour les éléments alcalino-terreux lourds que sont le baryum (K_d = 154 l/kg) et le strontium (K_d = 810 l/kg). Des publications plus récentes⁴ donnent des valeurs nettement plus élevées pour le radium, c'est-à-dire une solubilité plus basse, qui se situe dans une fourchette de 800 à 38'000 l/kg. Le K_d de 1000 l/kg choisi pour le « scénario réaliste » se situe à l'extrême le plus « soluble » de cette fourchette.

b) Dilution dans l'exutoire

Selon l'aide à l'exécution relative à l'OLED (OFEV 2019⁵), la dilution dans l'exutoire est au moins d'un facteur 10. Cette valeur a été reprise dans le « scénario conservateur ». Pour le « scénario réaliste » avec déversement des eaux de percolation dans une STEP, une valeur légèrement plus haute de 30 a été choisie, même si la dilution réelle devrait être nettement plus élevée (facteur 100 ou davantage).

c) Radiotoxicité

Conformément à l'ordonnance sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche (OPBD⁶), on évalue la radioactivité de l'eau potable sur la base de la directive 2013/51/EURATOM fixant des exigences pour la protection de la santé de la population en ce qui concerne les substances radioactives dans les eaux destinées à la consommation humaine. Cette directive se fonde sur un adulte consommant 730 l d'eau potable par an. Outre la radiotoxicité du radium, l'effet des isotopes filles doit également être pris en compte. En raison de l'ancienneté des déchets contenant du radium (jusqu'à 100 ans) et de la durée du stockage dans la décharge, les deux isotopes filles ²¹⁰Pb et ²¹⁰Po sont présents à l'équilibre radioactif (le ²¹⁰Pb a une demivie de 22,2 ans). Toutefois, le plomb et en particulier le polonium sont beaucoup moins solubles que le radium. Une large étude menée en Allemagne (BfS, 2009⁷) donne les valeurs médianes suivantes pour la concentration des trois radioisotopes dans l'eau potable en mBq/l : 5,6 (²²⁶Ra), 2,3 (²¹⁰Pb) et 1,4 (²¹⁰Po). D'après l'étude, cela reflète les différences en termes de solubilité des trois éléments. L'estimation de la dose annuelle est donc basée sur une concentration de ²¹⁰Pb correspondant à 50 % de la concentration de ²²⁶Ra et sur une concentration de ²¹⁰Po correspondant à 25 % de la concentration de ²²⁶Ra.

Tableau A3-1 : scénario conservateur pour évaluer la dose annuelle efficace à la fin de la phase de gestion après fermeture de la décharge

Paramètre	Symbole	Valeur	Calcul	Remarque
Concentration de ²²⁶ Ra dans les déchets contenant du Ra	C_{s_tot}	10 000 Bq/kg		Art. 114, al. 3, ORaP, 1000 LL
Proportion de déchets contenant du Ra dans toute la décharge	X	0.1 %		Art. 114, al. 1, let. a, ORaP
Concentration de ²²⁶ Ra dans la décharge	C_s	10 Bq/kg	$C_{s_tot} \times X$	Concentration calculée sur le volume total de la décharge
Coefficient de distribution	K_d	100 l/kg		Beaucoup de valeurs sont plus élevées dans la littérature (facteur 10 ou plus ; voir texte pour la réf.)
Concentration de ²²⁶ Ra dans les eaux de percolation	C_w	0.1 Bq/l	C_s / K_d	
Dilution dans l'exutoire	Z	10		Facteur de dilution minimal conformément à l'aide à l'exécution de l'OFEV (note de bas de page 6)
Concentration de ²²⁶ Ra dans les eaux souterraines	C_{GW}	0.01 Bq/l	C_w / Z	
Dose annuelle de ²²⁶ Ra		2.0 µSv/a	2013/51/ EURATOM	Calcul conformément à la directive 2013/51/EURATOM, eaux destinées à la consommation humaine Solubilité Ra : Pb = 1.0 : 0.5 : 0.25
Dose annuelle de ²¹⁰ Pb		2.5 µSv/a		
Dose annuelle de ²¹⁰ Po		2.5 µSv/a		
Dose annuelle totale	H_{ing}	7 µSv/a	Somme	Parcours de l'eau potable

³ AIEA, 2005. *Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance* (en anglais). Safety Reports Series, No. 44

⁴ P. ex. : Maity S., Sahu S.K. and. Pandit G.G., 2015. *Estimation of distribution coefficient of radium around a uranium mining site* (en anglais). Radioprotection 50(2), 129-134 ; ou : Sartandel S. J., Jha S. K., and Tripathi R. M., 2016. *Distribution coefficients of cesium and radium in coastal region of India* (en anglais). Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 310 (2), 943-951.

Tableau A3-2 : scénario réaliste pour évaluer la dose annuelle efficace lors de la mise en décharge de manière concentrée de déchets contenant du ²²⁶Ra dans un compartiment de type E, pendant la phase d'exploitation

Paramètre	Symbole	Valeur	Calcul	Remarque
Concentration de ²²⁶ Ra dans les déchets contenant du Ra	C _{s_tot}	10 000 Bq/kg		Art. 114, al. 3, 1000 LL ORaP
Proportion de déchets contenant du Ra dans toute la décharge	X	0.1 %		Art. 114, al. 1, let. a, ORaP
Proportion de déchets contenant du Ra dans le compartiment	X _K	1 %		Autorisé si volume du compartiment ≤ 10 % volume total
Concentration de ²²⁶ Ra dans le compartiment	C _{s_K}	100 Bq/kg	C _{s_tot} × X _K	
Concentration de ²²⁶ Ra dans la décharge	C _s	10 Bq/kg	C _{s_tot} × X	Concentration calculée sur le volume total de la décharge
Coefficient de distribution	K _d	1000 l/kg		
Concentration de ²²⁶ Ra dans les eaux de percolation	C _w	0.1 Bq/l	C _{s_K} / K _d	
Dilution dans l'exutoire (réduction en STEP comprise)	Z	100		
Concentration de ²²⁶ Ra dans les eaux souterraines	C _{GW}	0.001 Bq/l	C _w / Z	
Dose annuelle de ²²⁶ Ra		0.2 µSv/a	2013/51/ EURATOM	Calcul conformément à la directive 2013/51/EURATOM, eaux destinées à la consommation humaine Solubilité Ra : Pb : Po = 1.0 : 0.5 : 0.25
Dose annuelle de ²¹⁰ Pb		0.3 µSv/a		
Dose annuelle de ²¹⁰ Po		0.3 µSv/a		
Dose annuelle totale	H _{ing}	1 µSv/a	Somme	Parcours de l'eau potable

Annexe 4

Limite supérieure de stockage (LSS) pour les déchets radioactifs de faible activité provenant de situations d'exposition planifiée

Conformément à la section 4.2, une limite supérieure (spécifique au nucléide) de la concentration d'activité doit être respecté pour les déchets radioactifs provenant de situations d'exposition planifiée et dont les concentrations d'activité sont faibles (comprises entre 1 et 100 LL). Cette limite LSS, est calculé comme suit pour le nucléide i :

$$LSS_i = \left\{ \left(\frac{LI_{\text{eaux},i}}{30} \right) \cdot VF_{\text{Mat-TW}} \right\}$$

où :

$LI_{\text{eaux},i}$: limite d'immission dans les eaux de surface au sens de l'annexe 7 ORaP, exprimée en Bq/l

$VF_{\text{Mat-TW}}$: facteur de dilution entre la matière et l'eau potable en l/kg

Facteur 30: pour tenir compte de la radiotoxicité, la limite d'immission LI_{eaux} de l'ORaP est utilisée et exprimée en 10 µSv/a dans la formule ci-dessus.

⁵ OFEV (Ed.) 2019 : *Estimation de la mise en danger. Fait partie du module « Décharges » de l'aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets*. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique no1826 : 62.

⁶ Ordonnance du DFI sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public du 16 décembre 2016 (RS 817.022.11)

⁷ Beyermann, M.Bünger, T.Gehrcke, K.Obrikat, D., 2009. *Strahlenexposition durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser in der Bundesrepublik Deutschland [Exposition aux rayonnements par les radionucléides naturels présents dans l'eau potable dans la République fédérale d'Allemagne, en allemand]*. Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) (Ed.)

En ce qui concerne les nucléides pour lesquels LSS_i serait inférieur à LL_i , conformément à la formule ci-dessus, on pose $LSS_i = LL_i$; si LSS_i s'avère supérieur à $100 LL_i$, selon la formule, on pose $LSS_i = 100 LL_i$.

La limite supérieure de stockage (LSS) se calcule avec un facteur VF_{Mat-TV} de 1000 l/kg pour les radionucléides du tableau ci-dessous. Cette valeur correspond à la dilution dans le scénario conservateur de l'annexe 3

de la présente directive (K_d de 100 l/kg multiplié par une dilution minimale de 10) et représente également une approche conservatrice pour les éléments du tableau. Pour les autres éléments, le facteur VF_{Mat-TV} doit être déduit au cas par cas en fonction de la solubilité de l'élément en question. Le tableau montre que le plafond de stockage constitue un critère plus strict que 100 fois la limite de libération LL au sens de l'annexe 3 ORaP pour les radionucléides considérés ici.

Tableau A4-1 : LSS pour différents radionucléides

Nucléide	LL [Bq/kg]	LSS [Bq/kg]	LSS/LL
Mn-54	100	10 000	100
Co-58	1 000	9 000	9
Co-60	100	1 000	10
Cs-134	100	800	8
Cs-137	100	1 000	10
Ba-133	100	3 000	30
Eu-152	100	5 000	50
Eu-154	100	3 000	30

Pour les déchets radioactifs qui contiennent des mélanges de nucléides avec les concentrations d'activité a_i , la règle d'addition au sens de l'ORaP s'applique en plus par analogie, selon la formule suivante :

$$\frac{a_1}{LSS_1} + \frac{a_2}{LSS_2} + \dots + \frac{a_n}{LSS_n} \leq 1$$

Annexe 5

Surveillance de l'environnement

La surveillance des décharges contenant des déchets radioactifs de faible activité passe avant tout par la réalisation de mesures dans les eaux de percolation du compartiment pertinent. S'agissant des polluants non radioactifs, les exigences fixées dans l'ordonnance sur la protection des eaux (OEaux⁸) s'appliquent lorsque les eaux de percolation d'une décharge sont déversées dans les eaux.

Pour ce qui est des substances radioactives, la limite d'immission LI_{eaux} (ORaP) est déterminante pour le déversement dans les eaux accessibles au public.

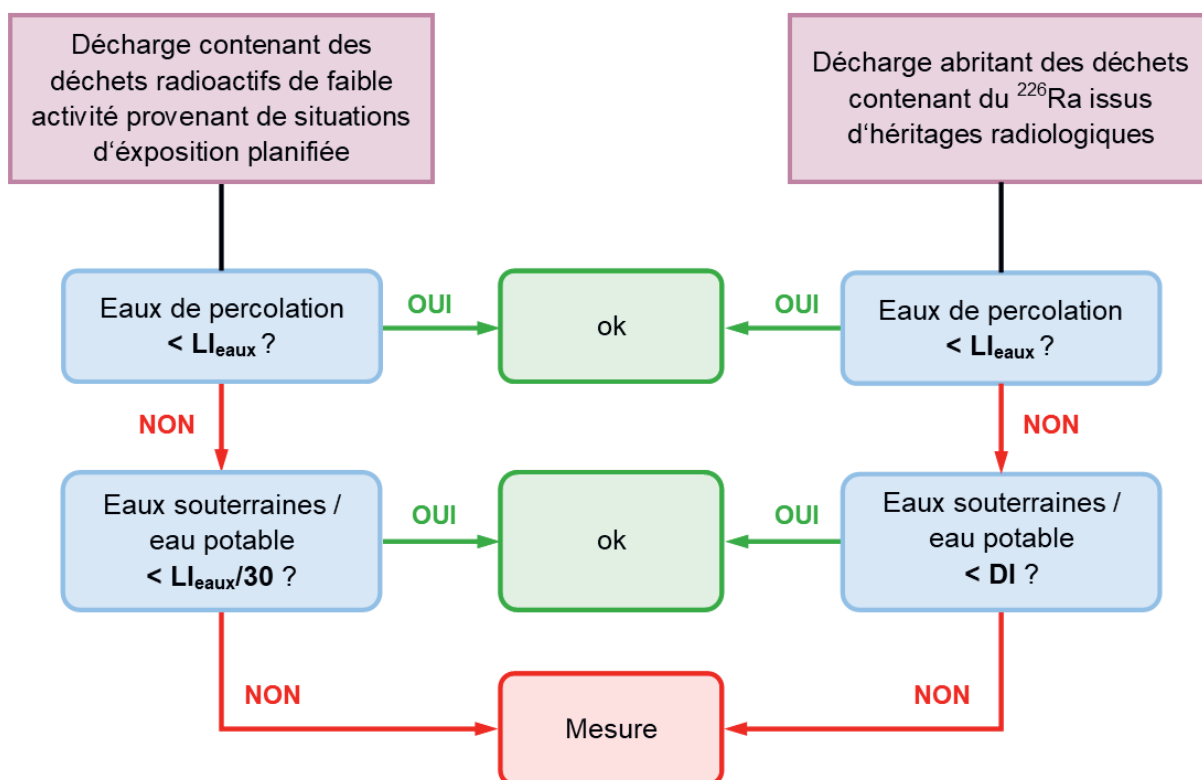
À titre conservateur, la LI_{eaux} est déjà contrôlée dans les eaux de percolation afin de mesurer la radioactivité. La LI_{eaux} se base sur une dose de 0,3 mSv/an, un niveau qui est donc 30 fois plus élevé que l'objectif de protection ou le seuil d'investigation au sens de l'art. 195 ORaP, fixé à 10 µSv par an. Il y a un facteur comparable entre l'exigence s'appliquant au déversement d'eaux de percolation dans les eaux (annexe 3.2 OEaux) et l'objectif de protection (valeur maximale dans l'eau potable au sens de l'OPBD) pour les polluants non radioactifs (p. ex., Pb : facteur 50, Cd : facteur 33, ou As : facteur 10).

⁸ Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (OEaux, RS 814.201)

Si les limites d'immission sont dépassées dans les échantillons d'eaux de percolation, des mesures doivent être effectuées dans les eaux et les captages qui pourraient être affectés et il faut veiller à ce que les limites d'immission dans les eaux accessibles au public et la dose maximale autorisée au sens de l'art. 114 ORaP soient respectées. Cette compétence revient à l'OFSP.

Dans les décharges qui abritent des déchets contenant du ^{226}Ra issus d'héritages radiologiques, il faut tenir

compte du fait que les eaux souterraines et l'eau potable contiennent également du ^{226}Ra provenant de sources naturelles. Si des échantillons d'eau potable doivent être analysés concernant une décharge contenant du ^{226}Ra , la « valeur directrice de la dose globale » (DI) doit être utilisée. Si la DI se rapporte à une dose annuelle autorisée légèrement plus élevée, elle englobe l'effet de tous les radionucléides, qu'ils soient naturels ou artificiels (à l'exception du radon, du potassium et du tritium). La procédure est résumée dans le schéma ci-dessous.



Annexe 6

Prise en charge des coûts et responsabilité

Pour ce qui est de la mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité, selon la situation, des problématiques émergent quant à la prise en charge des coûts de mise en décharge par celui qui a produit les déchets ou, lorsqu'on n'est pas en mesure d'identifier le producteur des déchets, quant à la question de savoir qui doit les assumer. Des questions analogues se posent aussi en cas d'éventuel dépassement de la limite d'immission.

La présente section présente dans les grandes lignes les principales situations et leurs conséquences légales, même s'il faut relever que la situation dépend fortement du cas d'espèce et que les explications évoquées ci-après ne peuvent constituer que des orientations grossières. Les aspects de responsabilité, qui se basent sur la loi sur la protection de l'environnement (LPE ; RS 814.01), et les aspects de droit pénal, qui se basent sur le Code pénal (CP ; RS 311.0) ou sur la LPE, ne sont pas abordés ici.

1. Prise en charge des coûts et responsabilité lorsque les producteurs de déchets sont connus

a) Par principe, celui qui a produit les déchets radioactifs de faible activité assume les coûts nécessaires à leur élimination dans les règles de l'art conformément au principe de causalité (art. 4 en lien avec l'art. 27, al. 2, LRaP). Si la Confédération assume les coûts dans un premier temps, elle peut les réclamer aux producteurs de déchets dans le cadre de la procédure administrative. Pour les déchets provenant d'installations nucléaires, une réglementation indépendante est applicable.

b) Dans le cadre du rapport entre le producteur des déchets radioactifs et l'exploitant de la décharge, la rémunération que doit payer à l'exploitant de la décharge le producteur des déchets pour leur prise en charge est en général fixée de manière contractuelle. Si le producteur de déchets ne paye pas, l'exploitant de la décharge doit réclamer le dédommagement devant les juridictions civiles. Cependant, dans le cas où il s'avère a posteriori qu'un déchet « normal » est radioactif ou que dans le cas d'un déchet déclaré faiblement radioactif la limite d'immission est dépassée et qu'une clause correspondante ne figure pas dans le contrat ou qu'il n'existe pas de contrat, l'exploitant de la décharge peut agir par voie de droit civil contre le producteur des déchets en se basant sur la disposition de responsabilité civile de l'art. 41 du Droit des obligations (RS 220). Si l'exploitant de la décharge a souffert d'un dommage sur la personne ou à ses biens dû au rayonnement ionisant émis par les déchets du producteur, il peut agir contre celui-ci en se basant sur l'art. 39 LRaP.

c) Si le dépassement de la limite d'immission découle d'un manque au devoir de diligence de l'exploitant de la décharge, celui-ci doit assumer le coût des mesures qui s'imposent.

d) En cas de dépassement d'une limite d'immission, si on ne parvient pas à prouver que l'exploitant de la décharge n'a pas pris toutes les précautions nécessaires, par principe, c'est la Confédération qui assume le coût des mesures qui s'imposent (l'exécution revenant à la Confédération).

e) Si le dépassement d'une limite d'immission est dû au fait que l'OFSP ou l'IFSN n'auraient pas dû délivrer l'autorisation ou auraient dû l'assortir de charges (ou de charges différentes), c'est la Confédération qui assume le coût des mesures qui s'imposent (au sens de l'art. 3 de la loi sur la responsabilité [LRCF ; RS 170.32]).

2. Responsabilité lorsque le producteur de déchets est inconnu

Si l'on ignore qui a produit les déchets radioactifs de faible activité, la Confédération doit assumer le coût de la mise en décharge dans les règles de l'art (l'exécution revenant à la Confédération).

3. Questions relatives à la gestion après fermeture et au fardeau de la preuve

a) La gestion après fermeture, c'est-à-dire la surveillance des déchets radioactifs de faible activité mis en décharge ne relève pas du droit relatif à l'environnement (cf. art. 3, al. 2, LPE), mais du droit relatif à la radioprotection qui s'applique par analogie.

b) La Confédération assume le fardeau de la preuve dans le cadre de la procédure administrative (cf. ch. 1, let. a, de la présente annexe) s'agissant de déterminer qui a produit les déchets radioactifs et doit donc assumer le coût relatif à leur élimination dans les règles de l'art.

c) Dans le procès en responsabilité civile (procès civil), la décharge assume le fardeau de la preuve à titre de partie lésée si elle réclame des dommages-intérêts aux producteurs de déchets (cf. ch. 1, let. b).

4. « Producteurs de déchets » dans différentes situations

Dans la recherche des responsables ayant causé le dépassement d'une limite d'immission, on considère en premier lieu le titulaire d'une autorisation de rejet dans l'environnement de déchets radioactifs de faible activité au sens de l'art. 9, let. c, ORaP. D'un autre côté, des individus ayant mis en décharge dans l'environnement des déchets radioactifs de faible activité en l'absence d'autorisation entrent également en ligne de compte, qu'ils aient agi par totale ignorance, par négligence ou intentionnellement.

Par ailleurs, le responsable ayant causé le dépassement d'une limite d'immission peut être l'exploitant de la décharge si ce dernier a mis en décharge des déchets radioactifs de faible activité sans prendre toutes les précautions nécessaires.

On fait face à une situation particulière lorsqu'une personne a causé il y a longtemps une contamination radioactive des matières qui doivent aujourd'hui être mises en décharge. Dans ce contexte, il faut identifier les héritages radiologiques contenant du radium : la fabrication d'aiguilles et de cadrans à l'aide de radium a généré des déchets radioactifs dans des biens-fonds autrefois utilisés comme ateliers d'horlogerie. Un avis de droit du 15 avril 2015 peut être consulté sur ce thème particulier⁹.

⁹ <https://www.ofsp.admin.ch> > Stratégie & politique > Mandats politiques & plans d'action > Plan d'action radium 2015–2022