



**AVIS DU CEPN SUR LES ASPECTS RADIOPROTECTION DU PLAN D'ACTION RADIUM
(2015-2023)**

<u>Diffusion</u> <input type="checkbox"/> Libre <input checked="" type="checkbox"/> Restreinte : M. PALACIOS (OFSP) N° de commande : 0144002912
--

Référence CEPN : 23/		
Indice	Date	Nature de la modification
0	10/23	Version initiale du document
1	09/24	Intégration des commentaires OFSP et CP radium sur l'indice 0
2	10/24	Intégration des commentaires OFSP et CP radium sur l'indice 1

Nom et visa Rédacteur(s) L. VAILLANT  Date : 30/09/24	Nom et visa Vérificateur L. VAILLANT  Date : 30/09/24	Nom et visa Approbateur T. SCHNEIDER  Date : 30/09/24
---	---	---

SIEGE SOCIAL ET ADMINISTRATIF :

28 rue de la Redoute - F-92260 FONTENAY-AUX-ROSES
TEL : +33 1 55 52 19 20 FAX : +33 1 55 52 19 21
E-MAIL : sec@cepn.asso.fr WEB : http://www.cepn.asso.fr/

SOMMAIRE

1.	CONTEXTE	4
2.	ASPECTS ORGANISATIONNELS	6
	2.1. Pilotage et suivi du plan d'action	6
	2.2. Information des parties prenantes et dialogue	7
	2.3. Mise en œuvre du plan d'action	7
	2.3.1. Diagnostics	7
	2.3.2. Assainissements	7
3.	NIVEAU DE REFERENCE	8
	3.1. Position des organismes internationaux	8
	3.1.1. Commission Internationale de Protection Radiologique	8
	3.1.2. Agence Internationale de l'Energie Atomique	8
	3.2. Caractère raisonnable du niveau de référence : points de vue des acteurs	10
	3.3. Cas des sites pollués par des substances chimiques	10
	3.4. Critère retenu pour les extérieurs	11
	3.5. Pollutions mixtes	11
4.	GESTION DES DÉCHETS	11
	4.1. Contexte national	12
	4.2. Gestion des terres excavées	12
	4.3. Cas des déchets spéciaux	12
	4.4. Avis du CEPN	13
5.	REDUCTION DES EXPOSITIONS	13
6.	PROTECTION DES TRAVAILLEURS	14
7.	CAS PARTICULIERS	15
	7.1. Cas particulier d'un parc public	15
	7.2. Cas particulier d'un ancien site industriel horloger fortement contaminé au radium et avec des pollutions chimiques	16
8.	COMPÉTENCES	17
9.	SYNTHÈSE	17
10.	ANNEXE 1	19

LISTES DES FIGURES

Figure 1.	Schéma décisionnel pour la réalisation de l'assainissement d'un bien-fonds ou d'un jardin	5
Figure 2.	Hypothèses d'occupation des pièces retenues par l'OFSP	5
Figure 3.	Les différentes phases du processus de remédiation d'un site contaminé (GSG-15, AIEA, 2022)	9
Figure 4.	Distribution des doses efficaces annuelles estimées avant assainissement des logements	14
Figure 5.	Schéma de gestion des déchets d'assainissements de bâtiments	19
Figure 6.	Schéma de gestion pour les déchets issus de l'excavation	20

1. CONTEXTE

L'OFSP a engagé en 2015 le plan d'action radium pour une durée de 4 années. Ce plan vise à assainir les sites contaminés par le radium, contamination provenant des activités de l'industrie horlogère suisse durant la période 1920-1960. En 2019, le plan a été prolongé pour une période de 3 ans jusqu'en 2022 en raison d'un nombre plus élevé qu'attendu de diagnostics (et potentiellement d'assainissements) à réaliser¹. En raison de la pandémie de Covid, la finalisation du plan a été reportée à la fin de l'année 2023. Le plan d'action radium s'articule sur 4 axes :

1. La recherche historique des bâtiments potentiellement contaminés par du radium ;
2. Les mesures de diagnostic et l'évaluation de l'exposition des occupants associée au radium ;
3. La réalisation d'un assainissement si dépassement de 1 mSv par an pour les résidents ;
4. L'examen et la surveillance des décharges contenant des déchets contaminés par du radium.

Le plan d'action radium est organisé en deux projets sectoriels :

- Le projet sectoriel « bâtiments » a pour objectif d'identifier les sites potentiellement contaminés au radium, d'effectuer des mesures et de procéder, si nécessaire, à leur assainissement. Il comprend lui-même deux sous-projets :
 - o Le sous-projet diagnostic vise à réaliser les mesures dans les bâtiments identifiés et évaluer la nécessité d'un assainissement ;
 - o Le sous-projet assainissement comprend la planification, la réalisation des assainissements, le suivi des travaux et l'élimination des déchets contenant du radium.
- Le projet sectoriel « décharges » concerne la surveillance des décharges dans lesquelles des déchets contaminés au radium ont pu être déposés.

Le schéma décisionnel pour la réalisation de l'assainissement d'un bien-fonds ou d'un jardin est représenté à la Figure 1².

¹ L'étude historique visant à identifier le nombre de sites concernés a conduit à repérer plus de 1000 sites potentiellement concernés par une contamination au radium, soit 400 à 500 sites supplémentaires par rapport au nombre de sites initialement considérés. Tout site identifié devant faire l'objet d'un diagnostic, l'allongement de la durée du plan et de son financement était de facto nécessaire.

² Remediation of radium legacies from the Swiss watch industry. C. Murith, S. Baechler, S. Estier, M. Palacios-Gruson. Radiation Protection Dosimetry (2016), pp 1-7. Doi:10.1093/rpd/ncw335.

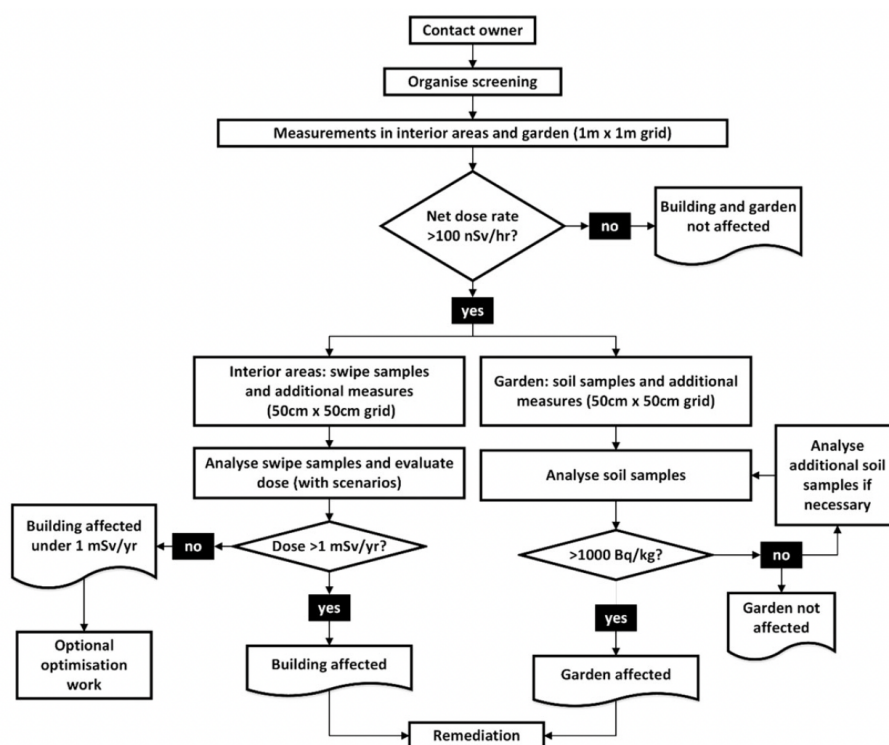


Figure 1. Schéma décisionnel pour la réalisation de l'assainissement d'un bien-fonds ou d'un jardin

Les hypothèses structurantes du scénario d'occupation d'un bien-fonds qui permettent de passer d'un objectif de protection (ou niveau de référence) à un opérationnel sont reportées dans la Figure 2³.

Room	Adult			OF	Child	
	Occupancy factor	Position distribution factor			Position distribution factor	
		Standing (1 m)	Sitting or lying in a bed (50 cm)		Standing/sitting or lying in a bed (50 cm)	Lying on the floor (10 cm)
Bedroom	0.33	10%	90%	0.50	50%	50%
Living room	0.33	50%	50%	0.25	50%	50%
Kitchen	0.25	50%	50%	0.16	50%	50%
Annexes	0.09	50%	50%	0.09	50%	50%

Figure 2. Hypothèses d'occupation des pièces retenues par l'OFSP

En 2018, après 3 années de mise en œuvre, l'OFSP a sollicité une première fois le CEPN⁴, acteur indépendant et non impliqué dans la définition et la mise en œuvre du plan, pour apporter un regard

³ Modelling the exposure of residents of a radium-contaminated living place. C. Murith, G. Di Tommaso, S. Estier, T. Flury, M. Palacios-Gruson, C. Stalder, S. Baechler. Radiation Protection Dosimetry (2021), pp.1-10. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncab167>.

⁴ Le CEPN est membre du groupe d'accompagnement du plan d'action radium. www.cepn.asso.fr

extérieur sur ce dernier, en particulier sur les aspects radioprotection. A partir d'entretiens avec les acteurs concernés, le CEPN avait alors produit un premier document de synthèse⁵.

En 2022, l'OFSP a sollicité une nouvelle fois le CEPN pour apporter un nouvel éclairage sur les aspects radioprotection de la mise en œuvre du plan d'action radium, alors que celui-ci touche à sa fin. L'OFSP a souhaité que soient abordés plus particulièrement les aspects suivants :

- Pertinence des critères appliqués, notamment le niveau de référence de 1 mSv/an et la valeur de seuil de 1 000 Bq.kg-1 pour les extérieurs ;
- Avis sur la procédure de gestion des déchets ;
- Doses économisées pour les occupants des biens-fonds affectés ;
- Doses accumulées par les travailleurs des entreprises d'assainissement ;
- Cas où les procédures standards n'ont pas pu être appliquées.

Afin de répondre à la demande de l'OFSP, le CEPN s'est appuyé une nouvelle fois sur des entretiens avec les acteurs du plan d'action radium, ainsi que sur l'examen de documents transmis par l'OFSP⁶. Ce rapport constitue une synthèse de l'ensemble des éléments recueillis et analysés par le CEPN dans le cadre de ces deux audits.

2. ASPECTS ORGANISATIONNELS

2.1. Pilotage et suivi du plan d'action

Le pilotage du plan d'action est assuré par des représentants des offices fédéraux concernés (OFSP et Office fédéral de l'environnement (OFEV)), ainsi que par la SUVA. Depuis 2015, un groupe de pilotage se réunit ainsi plusieurs fois par an pour suivre l'avancement du plan et coordonner l'ensemble des actions engagées sur les différents axes du plan. L'OFSP a par ailleurs créé un comité interne qui assure la gestion opérationnelle du plan : réalisation et suivi des diagnostics, priorisation des travaux d'assainissement, gestion des déchets, allocation des ressources et gestion des cas complexes.

Les parties prenantes impliquées dans le plan d'action (cantons, communes, Institut de radiophysique de Lausanne, SUVA, OFEV, Convention patronale de l'industrie horlogère, etc.) siègent au groupe d'accompagnement qui se réunit une fois par an au printemps pour discuter de l'avancement du plan, des difficultés et des suites du plan d'action.

Sur mandat de l'OFSP, plusieurs organismes apportent un appui scientifique et technique au plan d'action et aux acteurs de première ligne : pour la métrologie, l'Institut Paul Scherrer (PSI) et l'Institut fédéral de métrologie (METAS), pour les diagnostics, l'Institut de Radiophysique du CHUV (IRA) et la SUVA et pour les aspects radioprotection, la Commission Fédérale de radioprotection (CPR).

⁵ Evaluation de la mise en œuvre du plan d'action radium suisse, 2015-2019. S. Lafage, L. Vaillant, T. Schneider, 2018 (CEPN NTE 18/20).

⁶ Le CEPN a rencontré dans le contexte de cette deuxième phase Emanuel Christen (OFSP), Gennaro di Tommaso (OFSP), Sébastien Baechler (OFSP, responsable de la division radioprotection), Thomas Flury (OFSP), Sybille Estier (OFSP), Bettina Hitzfeld (OFEV), Claudio Stalder (OFSP) et Michel Hammans (SUVA). Le CEPN a également échangé à plusieurs reprises avec Martha Palacios (OFSP).

2.2. Information des parties prenantes et dialogue

La sensibilisation et l'information des différentes parties prenantes est un point clé du plan d'action. Dès la découverte de déchets contaminés au radium lors de travaux effectués sur le site d'une ancienne décharge à Bienne, l'OFSP a apporté un soutien aux services communaux de la ville de Bienne, pour informer et échanger avec des habitants, parfois inquiets, après la publication par les médias d'une liste de sites potentiellement contaminés au radium. Des conférences de presse ont été organisées pour donner des éléments de culture sur la notion de risque radiologique et détailler les actions qui allaient être réalisées. Cette stratégie d'information et de communication s'est avérée fructueuse selon un représentant de la commune de Bienne : *'Suite à la mise en évidence du cas de Bienne, les habitants ont eu quelques craintes, mais les premières conférences de presse organisées par les communes et l'OFSP ont permis de répondre aux interrogations'*. Le soutien de l'OFSP était nécessaire et a été apprécié *'Le personnel des communes n'était ni sensibilisé ni préparé à prendre en charge ce risque, l'OFSP a apporté son aide pour informer le personnel du risque et des modalités de gestion associées'*.

L'OFSP a collaboré activement tout au long du plan avec les différentes parties prenantes et s'est montré proactif en matière de communication et d'information sur les risques encourus en raison de la présence de radium dans des lieux publics, des écoles ou des habitations. En complément de ces éléments, il convient de souligner la transparence de l'OFSP qui met en ligne sur son site internet nombre d'informations relatives au plan d'action : présentations, rapports, communiqués, textes réglementaires, etc⁷.

2.3. Mise en œuvre du plan d'action

2.3.1. Diagnostics

Les diagnostics ont été réalisés soit directement par l'OFSP, soit par l'IRA et la SUVA, sur mandat de l'OFSP. Ils ont permis d'établir si le bâtiment devait être assaini sur la base du niveau de référence fixé à 1 mSv par an. Pour les jardins, un assainissement a été jugé nécessaire en cas de dépassement du seuil de 1000 Bq/kg pour la concentration en ²²⁶Ra dans la terre.

Du point de vue du CEPN, au-delà de la mesure, les diagnostics constituent une occasion de dialoguer avec les locataires ou les propriétaires sur le risque et de répondre à leurs questionnements. Dans la majeure partie des cas, les locataires n'ont pas manifesté d'inquiétude et les diagnostics se sont déroulés dans de bonnes conditions. Certains cas particuliers ont cependant nécessité d'aller à la rencontre des acteurs (cas d'une école par exemple).

2.3.2. Assainissements

L'assainissement des biens-fonds contaminés comprend la planification, la décontamination, la remise en état et le contrôle final de l'atteinte des objectifs. Chaque assainissement a par ailleurs fait l'objet d'un rapport permettant de tracer l'ensemble des informations. En pratique et lorsque cela était possible, le retrait de la contamination est allé au-delà du respect des valeurs guides, en application du principe d'optimisation.

⁷ <https://www.bag.admin.ch/bag/fr/home/strategie-und-politik/politische-auftraege-und-aktionsplaene/radium-altlasten.html>

La mise en œuvre des assainissements a nécessité une coordination de qualité entre les différents acteurs (OFSP, entreprises d'assainissement, occupants, architectes, artisans) afin de tenir compte de nombreux paramètres : contraintes de relogement des occupants pendant la période des travaux, disponibilités des entreprises d'assainissement, etc. Les réunions de planification organisées par l'OFSP en amont des chantiers d'assainissement ont joué un rôle important et permis de définir les actions à mettre en œuvre et le calendrier associé, tout en visant la meilleure allocation possible des ressources disponibles.

L'OFSP a analysé régulièrement les retours d'expérience des chantiers réalisés pour améliorer ses pratiques dans une optique d'optimisation de la radioprotection.

3. NIVEAU DE REFERENCE

L'OFSP avait fait le choix en 2015 de retenir une contrainte de dose (aujourd'hui niveau de référence) égale à 1 mSv par an. A l'époque, le concept de situation d'exposition existante introduit en 2007 dans les recommandations générales de la CIPR, puis repris dans la Directive Euratom 2013/59, n'avait pas encore été décliné dans la réglementation suisse en matière de radioprotection. La seule référence réglementaire sur laquelle appuyer le choix de la contrainte de dose était alors la limite de dose pour le public, qui est égale à 1 mSv par an. Entre temps, un niveau de référence de 1 mSv par an pour les situations d'exposition existante a été repris dans l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP) entrée en vigueur au 1^{er} janvier 2018 suite à une révision totale.

3.1. Position des organismes internationaux

3.1.1. Commission Internationale de Protection Radiologique

Pour les situations d'exposition existante - la source d'exposition est présente lorsque la décision de gérer les expositions est prise, ce qui est le cas des sites concernés par le plan d'action radium -, la CIPR recommande de choisir un niveau de référence dans la bande 1 à 20 mSv par an. En 2016, la CIPR a créé un groupe de travail portant sur la gestion des sites contaminés (hors accident nucléaire). Ce groupe a élaboré un projet de rapport qui devrait être soumis à consultation publique d'ici à la fin de l'année 2023. Ce projet recommande au décideur (usuellement l'autorité en charge de la radioprotection) de choisir un niveau de référence dans la plage basse de la bande 1 à 20 mSv par an⁸. Le niveau de référence retenu par l'OFSP est cohérent avec cette recommandation de la CIPR et marque l'ambition de l'Office.

3.1.2. Agence Internationale de l'Energie Atomique

En 2022, l'AIEA a publié le General Safety Guide GSG-15 *Remediation Strategy and Process for Areas Affected by Past Activities or Events*. Ce rapport porte en particulier sur la gestion des situations semblables à celles traitées dans le cadre du plan d'action. Le document insiste en particulier sur l'importance d'une approche graduée dans la mise en œuvre des principes de radioprotection, *'The application of the requirements for the system of protection and safety shall be commensurate with the radiation risks associated with the exposure situation'*. Le rapport propose également un schéma

⁸ 'The reference level for public protection should be selected in the lower range of the 1 to 20 mSv per year dose band, with the objective to progressively reduce exposure close to 1 mSv per year as the site situation improves', Radiological Protection in Areas Contaminated by Past Activities, ICRP draft report for public consultation, 2024.

de principe pour la mise en œuvre du processus de remédiation. Celui-ci est présenté dans la Figure 3 ci-après. La stratégie du plan d'action - identification des sites d'intérêt, diagnostic et assainissement le cas échéant - est tout à fait en phase avec les recommandations de l'AIEA.

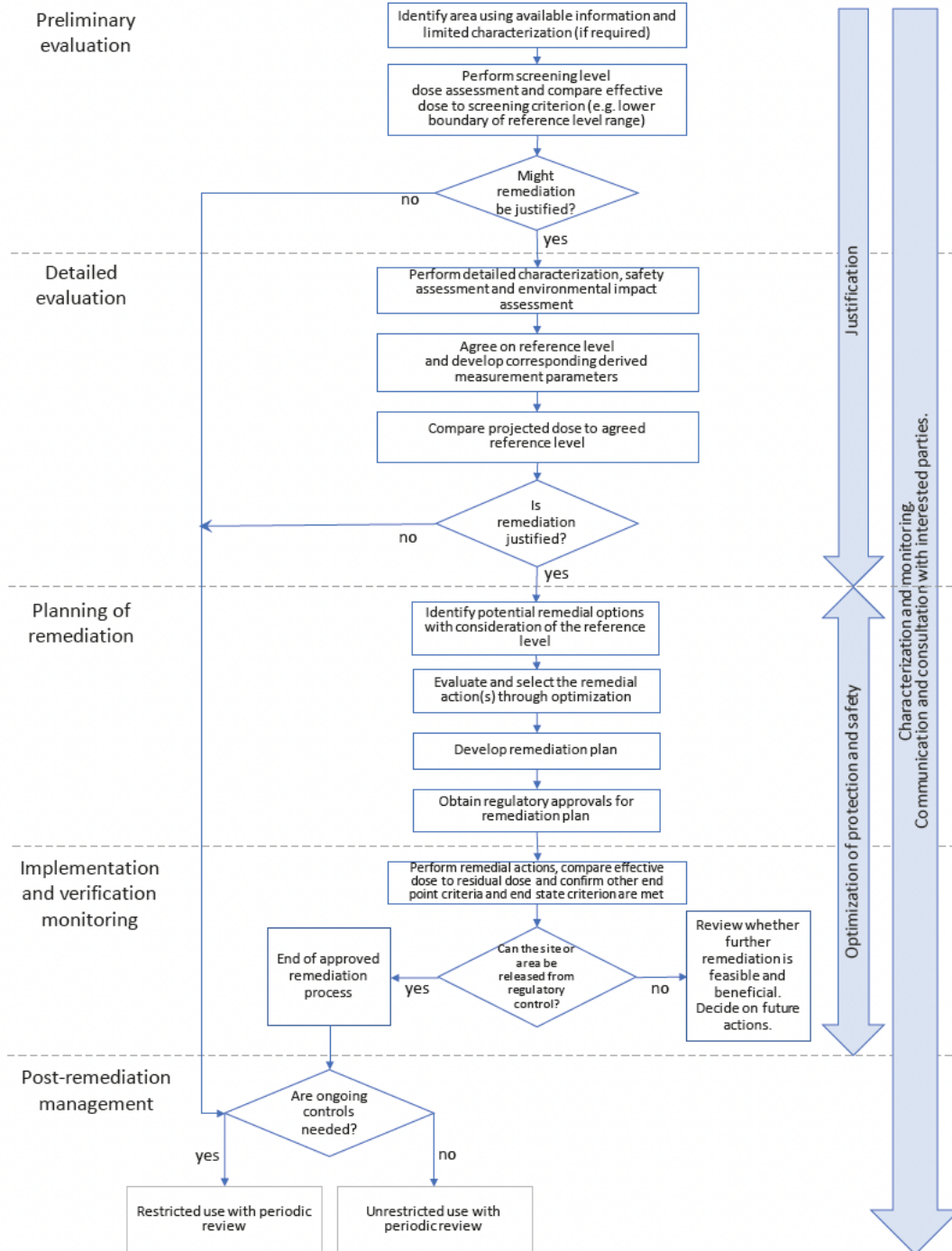


Figure 3. Les différentes phases du processus de remédiation d'un site contaminé (GSG-15, AIEA, 2022)

Le CEPN estime que la stratégie de protection mise en œuvre au travers du plan d'action radium est justifiée et que les modalités de mise en œuvre répondent à la mise en œuvre d'une démarche de gestion graduée et plus largement à la mise en œuvre du principe d'optimisation de la radioprotection pour les situations d'exposition existantes.

3.2. Caractère raisonnable du niveau de référence : points de vue des acteurs

Dans le cadre des entretiens réalisés, il est apparu que la plupart des acteurs jugent le niveau de référence retenu adapté. *'Un enfant qui recevrait une dose de 5 mSv par an pendant 20 ans accumulerait une dose de 100 mSv, ce qui est inacceptable'*. Au contraire, un niveau de référence proche de 0 (retrait total de la contamination) aurait entraîné une augmentation plus que significative des coûts, bien au-delà du budget alloué, sans gain significatif en termes de dose et donc de risque. Un niveau de référence fixé à 1 mSv par an paraît ainsi raisonnable pour les acteurs interrogés étant donné la nature de la situation d'exposition⁹.

Le CEPN estime que le niveau de référence retenu par l'OFSP permet un niveau de protection adapté des populations tout en évitant des coûts de protection (de remédiation) disproportionnés qui découleraient en partie d'une production élevée de volumes de déchets issus des travaux de remédiation. Par ailleurs, point important, les entretiens réalisés tendent à indiquer que cette valeur a été globalement bien accueillie par les personnes concernées, membres du public et travailleurs des entreprises d'assainissement.

Il convient de souligner qu'une stratégie d'information et de communication efficace a été mise en œuvre par l'OFSP afin de répondre aux inquiétudes (légitimes) parfois soulevées par la présence de radioactivité du fait d'activités humaines. Sur la question de la communication, le CEPN a interrogé plusieurs acteurs sur le caractère acceptable, du point de vue des personnes exposées, du niveau de référence retenu. Il ressort de ces échanges que si certains cas ont généré ponctuellement une inquiétude compréhensible (école par exemple), l'OFSP a su se montrer proactif et pédagogique en matière de communication et d'information.

Aucune situation de blocage ou de contestation de la stratégie retenue n'a été relevée dans le cadre de la mission d'audit du CEPN.

3.3. Cas des sites pollués par des substances chimiques

En lien avec le choix d'un niveau de référence à 1 mSv par an, et tout en relevant que les situations diffèrent sur un certain nombre de points, le CEPN s'est interrogé sur les pratiques dans le domaine de la remédiation des sites pollués en Suisse.

L'OFEV a transmis au CEPN un document portant sur la détermination des valeurs de concentration et des valeurs limites qui vient en appui à l'exécution de l'ordonnance portant sur les sites contaminés. Dans ce document, il est indiqué que le risque de cancer acceptable est égal à 10^{-5} , soit 1 cas de cancer supplémentaire par 100 000 personnes consommant 2 litres d'eau 'polluée' par cette substance tous les jours pendant 70 ans. Au regard de ces éléments, le CEPN estime une nouvelle fois que l'on peut difficilement qualifier de trop conservatif le niveau de référence retenu à 1 mSv par an.

⁹ *'Le choix d'un niveau de référence à 1 mSv.an-1 est une solution raisonnable et pratique. Lorsque les moyens sont limités, il convient de suivre une approche graduée et raisonnable. L'expérience montre que les derniers Bq à assainir sont les plus chers'*.

3.4. Critère retenu pour les extérieurs

Pour juger de la nécessité d'un assainissement en extérieur, l'OFSP a retenu un critère opérationnel de 1 000 Bq/kg, soit 1 Bq/g. Ce critère correspond au niveau de libération retenu par l'AIEA dans le GSR Part 3¹⁰ pour les radionucléides d'origine naturelle. Il permet de garantir le respect d'un critère de 1 mSv/an, en considérant des scénarios d'exposition usuellement (très) conservatifs. Le CEPN estime donc que le critère de 1 000 Bq/kg est cohérent avec le niveau de référence retenu par l'OFSP. Ce critère permet de gérer des assainissements en extérieur de manière opérationnelle via la réalisation de mesures in situ permettant de trier et de gérer en flux tendu les terres excavées et de limiter, dans la mesure du possible, les besoins d'entreposage.

3.5. Pollutions mixtes

Les entretiens réalisés avec les représentants de l'OFSP et de l'OFEV ont mis en relief la présence de polluants chimiques (métaux lourds, COV, etc.) dans un nombre important de situations. Ainsi, en complément du respect de la réglementation en matière de radioprotection et des contraintes associées à la gestion des déchets et des matières radioactives, il a fallu également tenir compte des contraintes liées à la présence de polluants chimiques (et donc des contraintes réglementaires associées).

En pratique, cette problématique a nécessité le développement de compétences spécifiques du personnel de l'OFSP en particulier pour caractériser certaines situations (détection des métaux lourds). Par ailleurs, l'analyse d'échantillons pollués par des substances chimiques et radioactives nécessite de disposer de laboratoires accrédités pour ces différents types de mesures, ce qui n'est pas sans poser de difficulté. En pratique, peu de laboratoires disposent de la double accréditation¹¹.

En termes de responsabilités, on relève également que si l'OFSP est responsable de l'assainissement des sites pollués au radium, ce sont les cantons qui ont la responsabilité des sites pollués par des substances chimiques. Les situations rencontrées ont donc fait l'objet de discussion spécifique, au cas par cas, entre l'OFSP et les cantons. Le cas particulier de l'ancien site industriel horloger présenté au paragraphe 7.2 est emblématique de la problématique des pollutions mixtes.

4. GESTION DES DÉCHETS

La justification d'une stratégie de protection ne repose pas uniquement sur les aspects économiques et une balance coût-bénéfice équilibrée, même si, étant donné le budget contraint, ce point est important dans le processus de décision et la mise en œuvre du plan d'action radium. Étant donné le contexte propre à la Suisse, et en particulier l'absence d'installation de stockage de déchets radioactifs de faible activité, la production et la gestion des déchets contaminés en lien avec les assainissements est un point clé du plan d'action radium. Le choix du niveau de référence joue bien entendu un rôle important : plus celui-ci est faible, plus le volume de déchets générés par les travaux de remédiation est important, et les modalités de gestion qui en découlent complexes et coûteuses.

¹⁰ IAEA Safety Standards, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements Part 3, No. GSR Part 3, 2014.

¹¹ Le CEPN souligne que ce type de problématique est rencontrée dans d'autres pays, comme par exemple en France.

4.1. Contexte national

La Suisse ne dispose pas d'installation industrielle de stockage de déchets radioactifs. A l'heure actuelle, les déchets radioactifs sont entreposés au Dépôt intermédiaire fédéral (BZL) à l'Institut Paul Scherrer (PSI) dans l'attente de la construction et de l'exploitation d'un centre de stockage en formation géologique. Le coût d'entreposage au BZL est de l'ordre de 200 000 CHF par m³. Étant donné ce coût très élevé, l'OFSP a suivi une approche opérationnelle visant à minimiser le volume de déchets radioactifs destinés à être entreposé au BZL. Parmi les actions engagées, on relève en particulier :

- Tri in situ des déchets en fonction des caractéristiques physico-chimiques et de l'activité,
- Critère opérationnel fixé à 1 000 Bq/kg (²²⁶Ra) pour les terres excavées,
- Élimination en décharge de type E,
- Incinération,
- Décontamination.

L'approche retenue par l'OFSP est conforme à la *Directive sur la mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité*¹². Cette Directive intègre en particulier un alinéa portant sur les 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 fois la limite de libération, soit 10 000 Bq/kg¹³).

4.2. Gestion des terres excavées

Les terres excavées constituent un volume important de déchets générés dans le cadre du plan d'action. En pratique, une méthode a été développée en interne OFSP afin de faciliter le tri, la caractérisation et l'orientation *in situ* des terres excavées (conventionnels versus radioactifs), en utilisant en particulier la *méthode de Flury*. Une relation a été établie entre l'activité en ²²⁶Ra d'un échantillon de terre (dans une géométrie donnée) et le débit de dose mesuré.

Les terres contaminées (e.g. >1 000 Bq/kg) ont été orientées vers la filière de gestion adéquate (stockage en décharge de type E¹⁴ ou, plus rarement, envoi au BZL). Ces éléments sont précisés dans le *Guide pour le tri des déchets dans le cadre du Plan d'action radium* (version 2.3. du 9 février 2022) qui a été transmis au CEPN. Le §1 de ce Guide aborde les règles de base (tri, caractérisation et catégorisation des déchets) applicable à tout type de déchet. Le §2 traite des déchets d'assainissement des bâtiments et distingue les déchets inactifs, faiblement contaminés, radioactifs et enfin les déchets spéciaux. L'OFSP a la responsabilité de l'élimination de ces déchets. Le §3 porte sur les déchets issus de l'excavation des terres. Les logigrammes en Annexe 1 précisent certains éléments et sont directement issus du Guide.

4.3. Cas des déchets spéciaux

¹² Mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité, Directive OFSP, version V1.1 du 17 juin 2022.

¹³ 40'000 Bq/kg jusqu'à fin 2017, avant l'entrée en vigueur de l'Ordonnance sur la radioprotection révisée

¹⁴ En raison des gros volumes, les terres sont éliminées directement en décharge de type E (pas de stockage temporaire, contrairement aux déchets combustibles avec le critère d'activité hebdomadaire)

Certains déchets relativement contaminés présentent des particularités qui rendent leur gestion complexe. C'est le cas par exemple de déchets amiantés, de conduites en béton ou d'objets en fonte (poêle ou radiateur).

L'OFSP a mis en place un atelier spécifique (zone radium confinée) afin de traiter ces déchets problématiques dont le volume est limité, mais dont le coût de traitement est significativement plus élevé que pour la majorité des autres déchets. Pour l'essentiel, il s'agit de décontaminer ces déchets par voie mécanique (cabine de sablage) ou chimique (en particulier pour les déchets métalliques) afin de rendre leurs caractéristiques compatibles avec les exutoires disponibles (élimination conventionnelle : 10 Bq/kg ou recyclage : 100 Bq/kg) et de réduire au maximum le volume de déchets radioactifs à entreposer au BZL. Les déchets ainsi décontaminés sont mesurés par l'OFSP dans une chambre de libération avant leur élimination. Selon l'OFSP, à quelques exceptions près, la totalité des déchets spéciaux issus du plan d'action radium a pu être éliminée comme déchet conventionnel, la limite de libération de 10 Bq/kg étant respectée. Quelques objets métalliques avec une activité spécifique supérieure à cette valeur, mais inférieure à 10 fois cette valeur, ont été recyclés dans une fonderie au sens de l'article 115 ORaP.

4.4. Avis du CEPN

Le CEPN estime que l'approche retenue, tout en visant un niveau de protection adaptée et conforme aux standards, tient compte des caractéristiques particulières de la situation d'exposition et permet une approche pragmatique et proportionnée (ou graduée) aux enjeux de radioprotection. Tout en assurant le respect des objectifs de protection, la possibilité de dérogation offerte par le cadre réglementaire permet une gestion intelligente et durable des déchets produits par les activités d'assainissement.

Le CEPN juge qu'un effort important a été réalisé en termes de caractérisation - pour les terres excavées, 1 prélèvement pour 0,5 m³ environ, soit 24 prélèvements pour une benne de 12 m³ - et de traçabilité des déchets - tenue d'un Tableau Excel détaillé -. Il est ainsi possible de définir pour chaque assainissement le volume de déchets générés, les caractéristiques en termes de contamination radioactive (inventaire) et le lieu de stockage (ou autre mode de gestion) des déchets générés. Le CEPN a pu consulter des chroniques de production de déchets, des inventaires (MBq), etc. Ce point est important en termes de préservation de la mémoire, et il convient d'être vigilant sur le maintien dans le temps de l'accès à ces données.

5. REDUCTION DES EXPOSITIONS

L'OFSP a transmis au CEPN au début de l'année 2023 une estimation de la dose efficace annuelle pour les logements qui ont fait l'objet d'un assainissement. Ces éléments sont reportés dans la Figure 4. Sur 94 biens concernés, 48 conduisaient à une dose efficace annuelle calculée entre 1 et 2 mSv/an (soit 50%) ; 6 à une dose efficace annuelle calculée supérieure à 10 mSv/an.

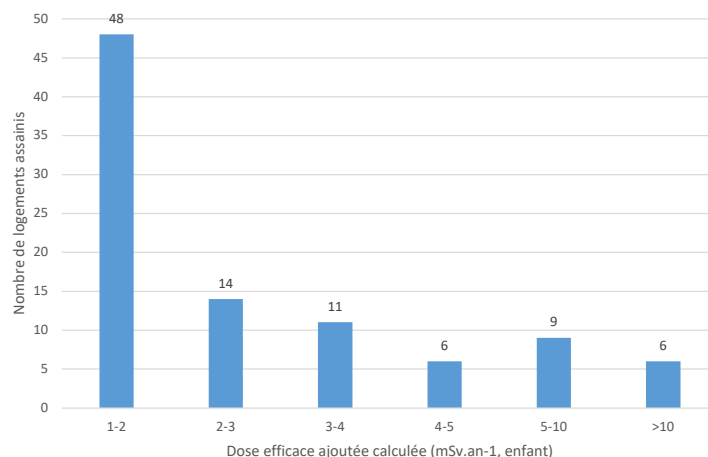


Figure 4. Distribution des doses efficaces annuelles estimées avant assainissement des logements

Afin d'apprécier le gain dosimétrique du plan d'action lié à l'assainissement des logements, le CEPN a réalisé un calcul simple basé sur les hypothèses suivantes :

- Dose égale à 1 mSv/an après assainissement¹⁵ : gain individuel = dose estimée - 1 ;
- Foyer de 2 adultes et 2 enfants, avec une pondération du gain individuel à 0,5 pour adulte, soit gain foyer = 3 gain individuel ;
- Gain évalué sur 10 ans après assainissement.

Cette approche simpliste permet d'évaluer un gain de l'ordre de 6,3 homme.Sv¹⁶ et un gain moyen de près de 70 homme.mSv par logement, ce qui est significatif du point de vue de la radioprotection au regard des moyens déployés. Si le gain était quantifié sur 20 ans, on obtiendrait alors environ 12,6 homme.Sv de gain.

6. PROTECTION DES TRAVAILLEURS

Les travaux de remédiation ont été réalisés par des entreprises spécialisées dans le domaine de l'assainissement, mais pas nécessairement familières (du moins initialement) de la gestion de sites pollués par des radionucléides. Chaque entreprise a désigné une personne compétente en radioprotection parmi les salariés qui a reçu une formation d'expert en radioprotection reconnue par l'OFSP, ce qui a permis aux entreprises de disposer de l'autorisation nécessaire de l'OFSP sous la surveillance de la SUVA pour la réalisation des travaux d'assainissement. Les intervenants ont été classés travailleurs exposés de catégorie A en raison de la nature de la source (source non scellée).

¹⁵ Les doses individuelles après assainissement sont inférieures à 1 mSv/an. L'approche retenue vise à quantifier de manière théorique l'ordre de grandeur du gain dosimétrique et à illustrer l'efficacité du plan d'action.

¹⁶ L'homme.Sv est l'unité de mesure de la dose collective. Cette grandeur permet de mesurer l'exposition d'une population sur une période donnée (en sommant les expositions individuelles sur l'échelle de temps considéré).

La protection des salariés vis-à-vis du risque d'exposition s'est appuyée sur une approche graduée (conformément aux principes de radioprotection) et pragmatique. Le risque d'exposition interne a été identifié comme le risque prédominant du point de vue de la radioprotection. Les intervenants ont ainsi fait l'objet d'une surveillance dosimétrique (analyse d'urine) qui n'a donné lieu à aucune dose engagée. Ils ont par ailleurs porté des équipements de protection individuels adaptés (appareils de protection des voies respiratoires, APVR) à la nature du risque¹⁷.

Selon la SUVA, les intervenants n'avaient pas besoin de porter de dosimètre individuel (passif ou électronique), le risque d'exposition externe étant jugé négligeable. Cependant, l'OFSP a décidé que les intervenants porteraient tout de même (par mesure de précaution) un dosimètre passif (le coût associé au dispositif est faible). Il est important de rappeler que les entreprises intervenaient dans un environnement qui avait fait l'objet au préalable d'une caractérisation (phase de diagnostic) et que l'approche retenue était donc proportionnée aux risques. Des mesures d'ambiance réalisées avec un radiamètre ont permis le cas échéant de conforter cette approche.

Lors des travaux, les entreprises étaient accompagnées par des collaborateurs de l'OFSP qui ont assuré le suivi opérationnel de l'ensemble des chantiers de remédiation. Ces agents ont accumulé une expérience et une expertise remarquables en matière d'assainissement de sites contaminés.

7. CAS PARTICULIERS

L'OFSP a été amené à gérer plusieurs cas particuliers dans le cadre du plan d'action radium qui ont nécessité d'adapter (ajuster) l'approche retenue sur le plan opérationnel, tout en maintenant un niveau de protection adapté.

7.1. Cas particulier d'un parc public

Le parc public en question accueille de nombreuses activités récréatives. Il est prisé des habitants et accueille de nombreux visiteurs, familles et enfants. Les bâtiments installés sur le site hébergent notamment une crèche et le bureau de l'état civil. La superficie du parc est de l'ordre de 5 000 m². La commune est propriétaire du site.

Historiquement, le site a accueilli un important producteur suisse de peinture luminescente au radium. D'après les acteurs rencontrés, un assainissement du site a été réalisé dans les années 1970. Si l'OFSP et la SUVA ont alors été impliqués, l'objectif de protection était alors de l'ordre de 5 mSv par an. La caractérisation finale a été réalisée par l'entreprise propriétaire des lieux.

Le parc public présente plusieurs particularités dont il a fallu tenir compte dans le cadre du plan d'action radium : étendue du site et des zones contaminées (e.g. > 1 000 Bq/kg), obligation de protection de l'environnement (arbustes, arbres, ruisseau, etc.) en cas de travaux d'assainissement, modalités d'exposition spécifiques et distinctes du scénario jardin privé (jardiniers, paysagistes ou enfants), démarche administratives particulières (demande de permis de construire), ou encore présence de pollutions chimiques liée au passé industriel du site et nécessité de contrôler le matériel excavé lors de l'assainissement en vue d'une élimination conforme à la réglementation. Un assainissement à partir du scénario retenu pour les jardins privés aurait conduit à la production d'un volume de terres excavées très important. En conséquence, l'OFSP a développé un scénario spécifique

¹⁷ Les mesures réalisées sur le filtre des masques ont confirmé l'absence d'une contamination atmosphérique significative.

aux parcs publics, tenant compte des circonstances locales (durées et voies d'exposition ajustées) et fixé un critère de retrait des terres à 2 500 Bq.kg/1 (débit de dose de l'ordre de 250 nSv/h), tout en conservant un niveau de référence de 1 mSv/an (maintien de l'ambition de protection). Il convient de souligner les efforts de caractérisation réalisés - débits de dose et prélèvement d'échantillons -. Ces efforts de caractérisation ont été dimensionnés au mieux en tenant compte des ressources disponibles. Un dialogue a été nécessaire avec les entreprises d'assainissement pour qu'elles prennent bien en compte le nouveau critère de 2 500 Bq/kg.

D'après les acteurs rencontrés, l'assainissement a été réalisé en surface et non en profondeur (e.g. pas au-delà de 50 à 60 cm). Le CEPN estime que la stratégie retenue est adaptée à l'usage actuelle du site. Cependant, si l'usage venait à évoluer, avec par exemple la construction de nouveaux bâtiments, une réévaluation de la situation, en particulier des niveaux de contamination en profondeur, devrait être réalisée (et suivie si besoin d'un assainissement). Ce cas, comme d'autres, souligne l'importance de la traçabilité des travaux réalisés. Le CEPN estime qu'une attention particulière pourrait également être portée à certains travaux de jardinage dès lors qu'il conduirait à creuser en profondeur.

En raison de la présence résiduelle de pollutions chimiques, le canton a finalement décidé d'inscrire la parcelle au cadastre des sites pollués. Ainsi, et comme évoqué ci-dessus, en cas de projet de construction, le propriétaire (commune) devra faire caractériser la pollution chimique des matériaux d'excavation en vue d'une élimination conforme des déchets. Cette décision permettra de créer des synergies avec l'accompagnement radiologique des travaux d'excavation, en vue d'une protection des travailleurs et d'une élimination conforme des déchets.

Les travaux d'assainissement ont généré 34 à 36 bennes de terres contaminées, soit environ 500 m³ pour un coût d'élimination d'environ 100 000 CHF. Les travaux de décontamination ont coûté environ 300 000 CHF et la remise en état environ 100 000 CHF (payée par le propriétaire (commune)). Près de 0,5 m³ de déchet radioactif a été envoyé au BZL (120 000 CHF).

Le CEPN a noté l'absence de débat dans les médias ou d'interrogation de la part des acteurs locaux. A priori, la commune aurait initialement souhaité un assainissement total (sans radioactivité résiduelle), mais l'OFSP a expliqué à ses représentants pourquoi un tel objectif n'était pas raisonnable (et sans doute non atteignable) et en quoi la stratégie de protection retenue était adaptée à la situation, tout en s'appuyant sur la réglementation en vigueur (ordonnance de radioprotection).

7.2. Cas particulier d'un ancien site industriel horloger fortement contaminé au radium et avec des pollutions chimiques

Le CEPN a abordé avec plusieurs acteurs le cas particulier d'un ancien site industriel horloger fortement contaminé au radium et avec des pollutions chimiques additionnelles. Ce site industriel a employé plusieurs milliers de personnes et abrité de nombreuses activités : industrie horlogère, galvanoplastie, manufacture d'altimètres, etc. Des quantités considérables de radium ont été utilisées. Pour les personnes interrogées, la parcelle qui pose aujourd'hui problème dans le cadre du plan d'action n'est ni plus ni moins qu'une décharge. Le site est d'ailleurs inscrit au cadastre cantonal des sites pollués en raison des pollutions chimiques. Il convient de noter que le canton a scindé la parcelle en deux en distinguant la zone contaminée par du radium comme '*ne nécessitant ni surveillance, ni assainissement du point de vue chimique*' plaçant celle-ci sous la responsabilité de l'OFSP (et non plus du canton).

Le site est particulièrement complexe en raison en particulier du niveau particulièrement élevé de contamination tant radioactive (radium) que chimique (notamment des composés organiques volatiles et des métaux lourds). Les déchets radioactifs (> 10 000 Bq/kg) qui seraient générés par

l'assainissement ne pourraient en l'état actuel pas être accepté au BZL, en particulier en raison de la présence de mercure. Le débit de dose mesuré a nécessité la mise en place d'une clôture temporaire pour prévenir les expositions externes et des actions ont été engagées pour améliorer la connaissance et l'étendue (surface et profondeur) de la contamination.

Une étude géostatistique a été réalisée sur mandat de l'OFSP à partir d'analyses réalisées sur des échantillons prélevés dans 15 forages, afin de caractériser les déchets associés à une excavation. Selon les résultats, le volume de déchets radioactifs est estimé à 31 m³ (IC 95% : 20-47). La présence de mercure dans les déchets radioactifs empêche toutefois leur élimination à BZL étant donné les volumes importants attendus. Un assainissement par excavation, même partiel, est jugé impossible à réaliser en l'état actuel. En conséquence, les mesures suivantes ont donc été décidées :

- Sécurisation du site pour les 10 prochaines années par confinement accompagné si nécessaire d'une surveillance et radiologique des eaux souterraines ;
- Recherche de solutions pour un assainissement définitif (exutoire pour les déchets ou méthode alternative d'assainissement (par exemple décontamination in situ).

8. COMPÉTENCES

Au cours des entretiens réalisés, le CEPN a relevé, avec intérêt, le développement de compétences nouvelles au sein de l'OFSP en lien avec la gestion des sites contaminés dans le cadre du plan d'action radium. L'OFSP a également bénéficié du partage de connaissances de l'OFEV quant à la problématique des sites pollués et à l'élimination conforme des matériaux contenant des pollutions chimiques. L'implication de différents groupes et de différentes expertises (radioprotection, déchets, environnement, métrologie, modélisation, etc.) et l'appropriation collective au sein de l'OFSP du plan d'action constituent, sans doute, l'une des clés du succès du plan. Les agents de l'OFSP impliqués dans le suivi des travaux sont montés en compétence sur la mesure de polluants chimiques, le pilotage de chantier de remédiation, la communication avec le public, etc.

Le CEPN estime qu'il est nécessaire de garantir le caractère pérenne au sein de l'OFSP des compétences acquises. Il est possible en effet que, de manière ponctuelle, de nouvelles contaminations nécessitant un assainissement soient détectées. Il faudra alors être en mesure de gérer ces situations de manière pragmatique et réactive.

Il est également nécessaire de garder la mémoire des décisions prises et de leur justification, afin de répondre, le cas échéant, à des questionnements portant sur le caractère adapté et durable des travaux réalisés.

9. SYNTHÈSE

Les acteurs interrogés dans le cadre de cette analyse, tant en 2018 qu'en 2023, ont souligné la qualité du plan, de sa mise en œuvre et de sa coordination. Le CEPN a suivi avec intérêt depuis 2015 les travaux réalisés par l'OFSP et les acteurs partenaires du plan d'action radium, en particulier au travers de sa participation au groupe de suivi et de la réalisation de deux audits focalisés sur les aspects radioprotection du plan d'action.

Le CEPN estime que les objectifs du plan d'action ont été atteints (du moins du point de vue des enjeux de radioprotection). La situation héritée de l'utilisation de radium dans l'industrie horlogère suisse est aujourd'hui sous contrôle et a été gérée de manière adéquate. Même si quelques biens-fonds venaient

à être identifiés dans les années à venir, les compétences acquises (qu'il convient de maintenir) permettront à l'OFSP de gérer la situation.

Le choix d'un niveau de référence ambitieux, fixé à 1 mSv par an, répond aux recommandations des organismes internationaux compétents en matière de radioprotection. Du point de vue du CEPN, l'objectif est à la fois ambitieux et raisonnable et permet d'atteindre un niveau de protection adapté à la situation d'exposition. Après assainissement des biens-fonds, la réduction des expositions est jugée significative. Chaque assainissement a donné lieu à la réalisation d'un contrôle final permettant de s'assurer de l'atteinte des objectifs. Les mesures ainsi réalisées ont été tracées dans un document spécifique qui indique également : l'adresse et le n° du bien-fonds, l'entreprise en charge de l'assainissement, la date de la dépollution, la date du contrôle final et les moyens de mesures utilisés.

L'OFSP et les entreprises partenaires ont suivi une approche pragmatique et rigoureuse, basée en premier lieu sur la mesure. Pour certaines situations (peu nombreuses), les scénarios d'exposition ont été adaptés afin de tenir compte de certaines particularités tout en maintenant l'objectif de protection. Cette approche a permis de réduire le volume de déchets générés par les assainissements et les coûts de gestion de ces déchets. Il reste aujourd'hui un cas complexe à gérer (voir paragraphe 7.2) ; sur la base de la caractérisation de la parcelle polluée, l'OFSP, idéalement avec l'appui du canton concerné, devra définir la stratégie de protection la plus raisonnable. Dans tous les cas de figure, il conviendra, du point de vue du CEPN, d'éviter la production de déchets sans exutoire et d'assurer une protection adaptée des intervenants.

A propos de la gestion des déchets, le CEPN estime que le cadre réglementaire, qui permet l'élimination d'un volume limité de déchets contaminés dans des décharges de type E (jusqu'à 10 000 Bq/kg), offre une flexibilité appréciable pour la gestion des déchets générés par les assainissements. En effet, en l'absence d'installations de stockage de déchets radioactifs en Suisse, la seule option possible pour les déchets radioactifs > 10 000 Bq/kg est le BZL, où le coût d'entreposage est de l'ordre de 200 000 CHF par m³.

Une attention particulière a été portée à la traçabilité des déchets produits par les assainissements. Pour chaque intervention, le volume de déchets produits, l'inventaire radioactif associé et le lieu de stockage a été soigneusement renseigné et tracé. Ces informations devront être conservées.

Enfin, le CEPN estime que le dialogue mené par l'OFSP avec les parties prenantes (conférence de presse, données mises en ligne, réunions publiques, etc.) a joué un rôle important dans la mise en œuvre efficace du plan d'action. Il convient dans ce cadre de relever que l'organisation mise en place pour le suivi du plan s'appuie sur différents comités, ce qui a favorisé une transparence quant aux travaux réalisés et à la prise en compte des problématiques posées par l'ensemble des parties prenantes.

10. ANNEXE 1

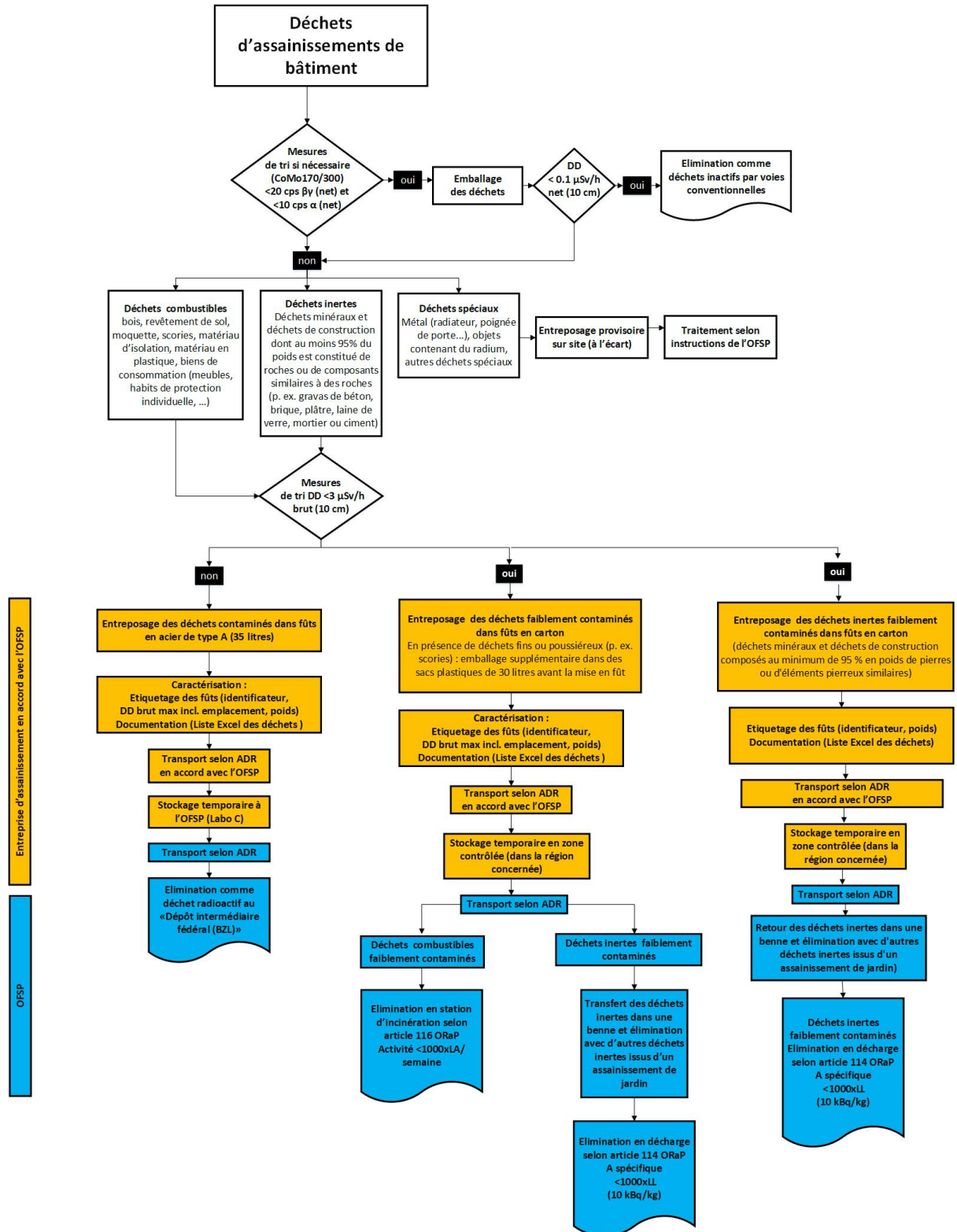


Figure 5. Schéma de gestion des déchets d'assainissements de bâtiments

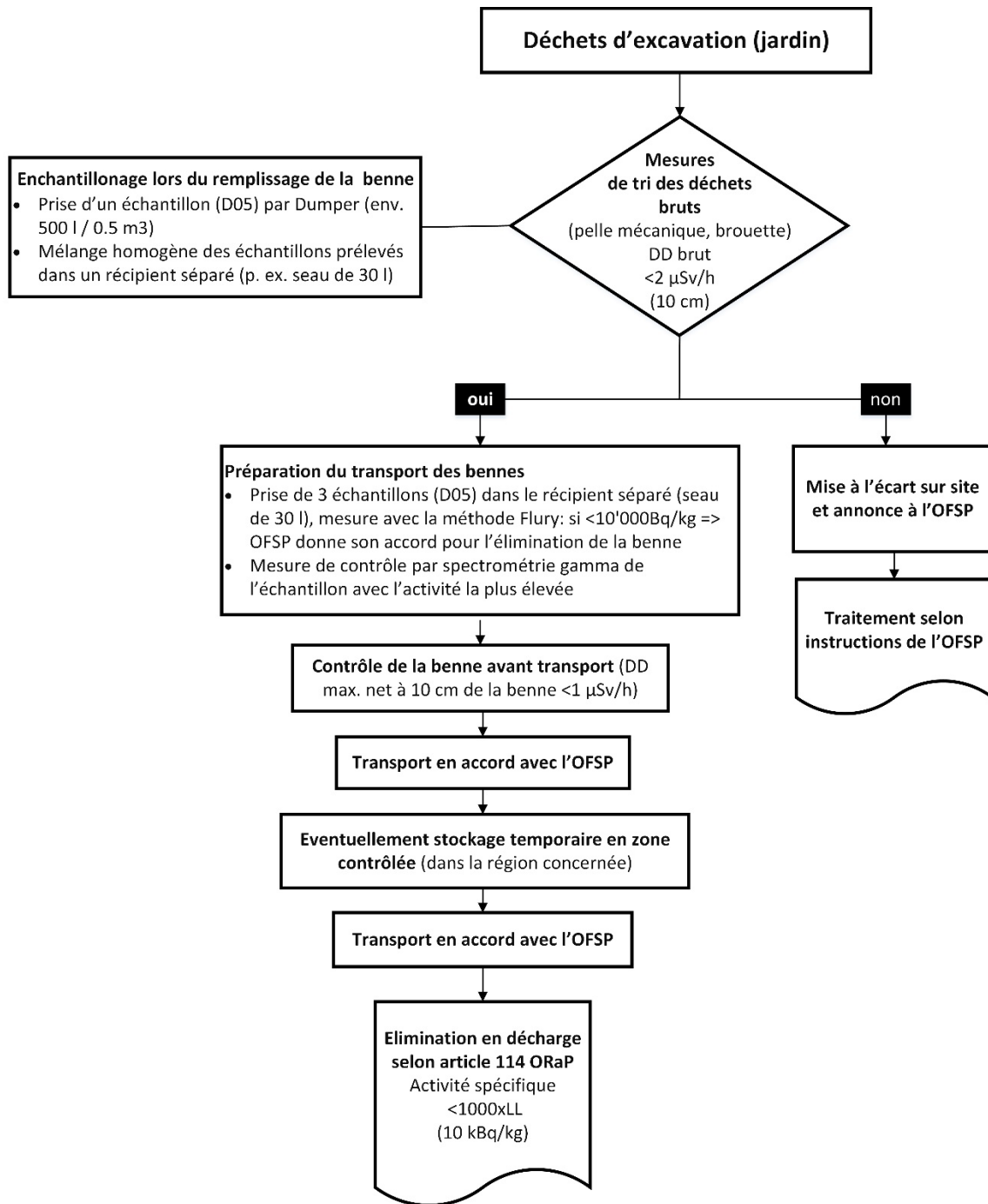


Figure 6. Schéma de gestion pour les déchets issus de l'excavation