



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI
Office fédéral de la santé publique OFSP

Bilan du Plan d'action radium 2015-2023

Rapport final à l'intention du Conseil fédéral

Impressum

Editeurs

Département fédéral de l'intérieur DFI

Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC

Auteurs

Office fédéral de la santé publique OFSP

Office fédéral de l'environnement OFEV

© DFI, DETEC 2024

Table des matières

Résumé	4
1. Introduction	5
2. Bases légales.....	6
2.1. Contexte lors du lancement du plan d'action radium	6
2.2. Révision de l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP) en 2018.....	6
3. Organisation.....	7
4. Résultats des travaux engagés dans les quatre axes d'action.....	8
4.1. Recherches historiques	8
4.1.1. Inventaire des biens-fonds potentiellement contaminés au radium	8
4.1.2. Validation de l'inventaire	8
4.2. Examens des biens-fonds potentiellement contaminés au radium	9
4.2.1. Procédure de diagnostic	9
4.2.2. Résultats globaux des diagnostics.....	10
4.2.3. Résultats des diagnostics dans les appartements	13
4.2.4. Résultats des diagnostics dans les jardins	14
4.3. Assainissements des biens-fonds contaminés au radium	15
4.3.1. Organisation	15
4.3.2. Résultats globaux des assainissements	15
4.3.3. Assainissements intérieurs	16
4.3.4. Assainissements extérieurs	18
4.3.5. Élimination des déchets.....	19
4.4. Gestion des anciennes décharges pouvant contenir des déchets contaminés au radium	21
4.4.1. Recensement et classification des anciennes décharges.....	21
4.4.2. Actions de protection associées aux risques	23
4.4.3. Mise en œuvre pratique de la gestion des anciennes décharges	24
5. Ressources du plan d'action	25
5.1. Ressources financières	25
5.2. Ressources humaines	25
5.3. Bilan de l'utilisation des ressources.....	25
6. Bilan et enseignements du plan d'action.....	26
6.1. Gestion des biens-fonds potentiellement contaminés au radium	26
6.1.1. Recherches historiques	26
6.1.2. Diagnostics	26
6.1.3. Assainissements.....	26
6.1.4. Élimination des déchets.....	27
6.2. Gestion des anciennes décharges pouvant contenir des déchets au radium	27
6.3. Atteinte des objectifs de protection.....	28
6.3.1. Réduction du risque radiologique pour la population concernée	28
6.3.2. Réduction du risque radiologique pour les travailleurs	29
6.3.3. Réduction de la contamination dans les jardins et dans l'environnement.....	29
6.4. Enseignements particuliers	30
6.4.1. Communication et engagement des parties prenantes.....	30
6.4.2. Cadre légal en radioprotection concernant les héritages radiologiques.....	30
6.4.3. Impact sur les concentrations de radon dans l'habitat	31
6.4.4. Aspects scientifiques	31
7. Mesures à prendre au-delà du plan d'action.....	31
7.1. Gestion à long-terme des biens-fonds.....	31
7.1.1. Pérennisation de l'information.....	32
7.1.2. Maintien des compétences techniques.....	32
7.1.3. Financement à long terme	32
7.2. Gestion à long-terme des anciennes décharges	32
7.2.1. Responsabilité et financement.....	32
7.2.2. Acquisition et maintien des compétences techniques.....	33
7.2.3. Suivi de la stratégie de gestion du radium horloger	33
7.2.4. Mise en place d'une vigilance sur les héritages au radium en dehors de l'horlogerie.....	33
7.3. Gestion des objets, montres et fournitures horlogères au radium	34
7.4. Réflexion sur l'élimination des déchets.....	34
8. Conclusions et perspectives	34
Annexe 1 : Inventaire des biens-fonds potentiellement contaminés au radium (selon l'état au 31.12.2023)	35
Annexe 2 : Processus de classification des anciennes décharges susceptibles de contenir des déchets contaminés au radium.....	36

Résumé

L'industrie horlogère a utilisé de la peinture au radium pour faire briller les cadrans et aiguilles des montres jusque dans les années 1960, laissant des biens-fonds et des anciennes décharges contaminés qui constituent aujourd'hui des héritages radiologiques. En mai 2015, le Conseil fédéral a chargé le DFI (OFSP) de mettre en œuvre le plan d'action radium afin de maîtriser ces héritages et protéger ainsi la population, les travailleurs et l'environnement. Le plan d'action a été mis en œuvre sous l'égide d'un Comité de pilotage constitué de représentants de l'OFSP, l'OFEV et la Suva. Un Groupe d'accompagnement a été mis sur pied avec les parties prenantes. Ce rapport dresse le bilan final du plan d'action, achevé fin 2023.

La gestion des contaminations au radium dans les biens-fonds s'articulait autour de 3 axes d'action : la recherche historique des biens-fonds potentiellement contaminés, leur diagnostic et si nécessaire leur assainissement. Les recherches historiques ont permis de dresser un inventaire de 1100 biens-fonds à contrôler, principalement situés dans les cantons de Berne, Neuchâtel et Soleure. 163 biens-fonds ont révélé une nécessité d'assainissement. Les personnes ayant vécu dans ces biens-fonds ont été exposées à des doses de radiation non acceptables (>1 mSv/an), toutefois sans que des mesures de protection immédiates aient dûes être engagées. Les assainissements ont permis de réduire significativement l'exposition des occupants actuels et futurs et de garantir l'habitabilité à long terme des biens-fonds. Les coûts, de 40'000 francs en moyenne par assainissement, ont été pris en charge par la Confédération, les personnes à l'origine des contaminations n'étant que rarement identifiables.

Une approche a été mise en place afin d'identifier les anciennes décharges pouvant contenir des déchets contaminés au radium et les classer en catégories de risque. Cette stratégie, appuyée sur la politique de gestion des sites pollués, a été développée en collaboration avec l'OFEV, la Suva et les cantons concernés. Plus de 250 anciennes décharges ont ainsi été identifiées comme nécessitant des mesures de radioprotection en cas d'ouverture, visant à réduire le risque pour les travailleurs et éviter une dispersion de la contamination dans l'environnement. Une directive fixe désormais les modalités pour la gestion de ces décharges.

Le plan d'action a atteint ses objectifs en matière de protection de la population, des travailleurs et de l'environnement, tout en engageant des ressources financières proportionnées. Au total, il a coûté près de 11 millions de francs à la Confédération. Les diagnostics ont révélé que 15% des biens-fonds examinés étaient contaminés au radium, exposant ainsi durablement les occupants. Les vastes recherches historiques, ainsi que la grande acceptation des diagnostics et des assainissements ont permis de réduire significativement ces expositions à un coût raisonnable. Le recours à des entreprises d'assainissement spécialisées a contribué à minimiser les risques pour les travailleurs et à éviter une dispersion des déchets contaminés dans l'environnement, tout comme les mesures de radioprotection à mettre en œuvre en cas d'ouverture d'une ancienne décharge susceptible de contenir de tels déchets. Ces constats ont été confirmés par l'évaluation externe, qui a également souligné les progrès en matière de communication avec le public et les parties prenantes.

Même si la gestion des héritages radiologiques a été incluse dans l'ordonnance sur la radioprotection en 2018, une prochaine révision sera nécessaire, suite aux enseignements du plan d'action et à la révision en cours de la loi sur la radioprotection, qui vise à concrétiser la prise en charge des coûts d'assainissement selon le principe de causalité (pollueur-payeur). Les points encore ouverts devront aussi être intégrés aux prestations de base de l'OFSP :

- Garantir la traçabilité des contaminations résiduelles dans les biens-fonds et maintenir les compétences pour de futures interventions, la découverte de nouvelles adresses à examiner et éventuellement à assainir étant probable.
- Assurer le suivi des anciennes décharges et mettre en place une vigilance pour celles susceptibles de contenir des déchets contaminés au radium d'origine non horlogère.
- Acquérir de meilleures connaissances sur l'utilisation actuelle d'objets contenant du radium et définir des mesures appropriées pour limiter les risques.
- Chercher une solution pour l'élimination de déchets fortement contaminés au radium, contenant en plus des pollutions chimiques.

1. Introduction

L'industrie horlogère a utilisé de la peinture luminescente au radium jusque dans les années 1960 afin de faire briller les cadrans et les aiguilles des montres, conduisant à une exposition du personnel, principalement féminin, et à une contamination des lieux de travail, notamment des logements en raison du travail à domicile largement répandu à l'époque. Compte tenu de la gestion sommaire des déchets générés par ces applications, des résidus de radium se sont retrouvés dans les ordures ménagères et ont été éliminés sur des décharges ordinaires sans mesures de précaution particulières.

Suite à la mise en évidence du risque de cancer lié au radium¹, son utilisation dans l'horlogerie a été soumise à autorisation et des règles de protection ont été imposées lors de l'entrée en vigueur de l'ordonnance sur la radioprotection en 1963². La Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (Suva) a alors effectué des contrôles dans les entreprises au bénéfice d'une autorisation. Par contre, les lieux de travail à domicile et les petites entreprises n'ont pas fait l'objet d'un contrôle systématique. Des contaminations au radium ont ainsi perduré jusqu'à nos jours dans certains bâtiments et terrains attenants, constituant des héritages radiologiques au sens de la législation actuelle sur la radioprotection.

En mai 2015, le Conseil fédéral a chargé le Département fédéral de l'intérieur (DFI), représenté par l'Office fédéral de la santé publique (OFSP), de mettre en œuvre le plan d'action radium afin de gérer et maîtriser ces contaminations. Les travaux ont été menés en collaboration avec la Suva ainsi que le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) représenté par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV).

Lorsque le respect de la dose de 1 millisievert (mSv) par an pour la population n'est plus garanti, il incombe à l'OFSP d'examiner la situation de manière approfondie et d'en évaluer au cas par cas la gravité. L'objectif est de contrôler que l'exposition annuelle de la population liée aux contaminations résiduelles au radium ne dépasse pas ce niveau et d'éviter l'exposition des travailleurs et la dispersion du radium dans l'environnement lors des travaux dans les bâtiments, les terrains limitrophes et les décharges. La poursuite de ces objectifs s'inscrit dans le cadre des quatre axes d'action suivants :

- 1) la recherche historique des biens-fonds potentiellement contaminés (bâtiments et terrains attenants)
- 2) les mesures de diagnostic du radium dans ces biens-fonds
- 3) la réalisation d'un assainissement lorsque la dose reçue par les occupants dépasse 1 mSv par an
- 4) la surveillance des anciennes décharges pouvant contenir des déchets de radium.

Le plan d'action était initialement prévu pour une période de cinq ans. La recherche historique ayant permis d'identifier plus de 1000 biens-fonds potentiellement contaminés au radium, soit deux fois plus que l'estimation initiale, le Conseil fédéral a prolongé le plan d'action jusqu'à fin 2022. Durant la pandémie de COVID-19, un an de retard a été accumulé sur les travaux de diagnostics et d'assainissements. Le Conseil fédéral a donc décidé de prolonger le plan d'action jusqu'à fin 2023 et a chargé le DFI, en collaboration avec le DETEC, d'élaborer jusqu'à fin 2024 un rapport final sur « le bilan du Plan d'action radium 2015-2023 ». Le présent rapport final décrit les résultats des travaux menés dans les quatre axes d'action et dresse le bilan et les principaux enseignements à en tirer, tout en formulant des perspectives sur les futures nécessités d'action. Il se base sur les rapports intermédiaires de 2016³ et de 2018⁴, tout en tenant compte de l'évaluation externe du plan d'action réalisée par l'entreprise EBP Schweiz AG⁵.

¹ [List of Classifications – IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans \(who.int\)](#)

² Ordonnance sur la radioprotection du 19 avril 1963

³ Rapport intermédiaire sur la mise en œuvre du Plan d'action Radium 2015-2019, DFI/DETEC 2016

⁴ Rapport sur l'état des lieux 2018 du Plan d'action Radium 2015-2019, DFI/DETEC 2019

⁵ Summative Evaluation des Aktionsplans Radium 2015-2023, EBP Schweiz AG, Juli 2024

2. Bases légales

2.1. Contexte lors du lancement du plan d'action radium

Avant le lancement du plan d'action radium, l'OFSP a mandaté un avis de droit externe⁶ afin de déterminer qui avait la compétence pour assainir les biens-fonds contaminés au radium et qui devait en supporter les coûts, l'application du principe de causalité (pollueur-payeur) et en particulier la répercussion des coûts, n'étant pas suffisamment réglée dans la loi sur la radioprotection (LRaP)⁷ pour les héritages radiologiques. L'avis de droit conclut que la Confédération doit procéder aux assainissements requis dans le cadre d'une exécution par substitution et qu'un report des coûts sur les responsables initiaux de la contamination (industrie horlogère) et sur les propriétaires actuels des biens-fonds affectés n'entre guère en ligne de compte. On ne peut effectivement remonter aux responsables des contaminations que dans de très rares cas, car ils ne sont plus identifiables ou n'existent plus. Pour des motifs de proportionnalité et d'opportunité, les coûts ne peuvent généralement pas être répercutés sur les propriétaires actuels. Par conséquent, la prise en charge des coûts d'assainissement incombe principalement à la Confédération. A noter que l'un des objectifs de la révision actuelle de la LRaP est de combler les lacunes juridiques liées à l'application du principe du pollueur-payeur pour les héritages radiologiques (voir chapitre 6.4.2).

En l'absence de valeur légale pour gérer des situations d'exposition liées à des héritages radiologiques dans l'ordonnance sur la radioprotection de 1994⁸, en vigueur lors du lancement du plan d'action, la limite de dose de 1 mSv par an applicable pour l'exposition de la population au rayonnement artificiel a été appliquée comme critère d'assainissement pour les biens-fonds contaminés au radium, conformément aux recommandations de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR)⁹ ainsi que de la Commission fédérale de radioprotection (CPR)¹⁰.

2.2. Révision de l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP) en 2018

Lors de la révision totale de l'ORaP, entrée en vigueur au 1^{er} janvier 2018¹¹, de nouvelles dispositions ont été intégrées pour la gestion des héritages radiologiques sur la base des normes internationales^{12/13/14} en tenant compte du retour d'expérience du plan d'action radium. Il s'agit principalement des dispositions légales suivantes :

- Adoption d'un niveau de référence de 1 mSv par an pour la gestion des héritages radiologiques, ce qui correspond à la borne inférieure des normes internationales pour la gestion des situations d'exposition existantes (articles 6 et 148 ORaP).
- Établissement d'un inventaire des biens-fonds potentiellement contaminés (article 151 ORaP).
- Examen des biens-fonds lorsqu'une mise en danger de l'être humain et de l'environnement par les rayonnements ionisants ne peut être exclue (article 152 ORaP).
- Désignation du bien-fonds comme nécessitant un assainissement en cas de dépassement du niveau de référence de 1 mSv par an (article 153 ORaP).
- Échange d'information entre les cantons et l'OFSP sur les héritages radiologiques potentiels dans les anciennes décharges ainsi que sur les investigations ou assainissements planifiés (article 154 ORaP).

⁶ Romy I., Avis de droit sur les héritages radiologiques au radium, 15 avril 2015 ([lien](#))

⁷ Loi sur la radioprotection du 22 mars 1991 (LRaP, RS 814.50)

⁸ Ordonnance sur la radioprotection du 22 juin 1994 (ORaP, RS 814.501)

⁹ Publication 60, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP), 1991

¹⁰ Recommandation de la CPR concernant la gestion des héritages radiologiques, janvier 2003

¹¹ Ordonnance sur la radioprotection du 26 avril 2017 (ORaP, RS 814.501)

¹² Publication 103, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP), 2007

¹³ Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation

¹⁴ Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, International atomic energy agency (IAEA), SERIES No. GSR Part 3, 2014

3. Organisation

Le Conseil fédéral a désigné le DFI, représenté par l'OFSP, en tant que responsable du plan d'action. Pour ce faire, une organisation de projet a été mis en place (voir figure 1). Le Comité de pilotage, composé de représentants de l'OFSP, de la Suva et de l'OFEV, a pris en charge la conduite stratégique du plan d'action dans le cadre de deux réunions annuelles.

L'OFSP était chargé de la mise en œuvre du plan d'action dans le cadre des deux projets sectoriels « biens-fonds » et « anciennes décharges ». Le projet sectoriel « gestion des biens-fonds » englobe les trois axes d'action suivants : 1) recherche historique des biens-fonds potentiellement contaminés (bâtiments et terrains attenants), 2) mesures de diagnostic du radium dans ces biens-fonds, 3) réalisation d'un assainissement lorsque la dose reçue par les occupants dépasse 1 mSv par an. Quant au projet sectoriel « gestion des anciennes décharges », il concerne l'axe d'action 4) surveillance des anciennes décharges pouvant contenir des déchets de radium.

Afin de faciliter l'avancement du projet, un Groupe d'accompagnement a été constitué avec des représentants des principales parties prenantes, notamment des communes et des cantons concernés, mais aussi de l'industrie horlogère. Les rencontres annuelles de ce groupe permettaient une mise à jour de l'état d'avancement des travaux et un échange d'informations et d'expériences entre ces acteurs. L'OFSP a étroitement collaboré avec les cantons les plus concernés, à savoir Bâle-Campagne, Berne, Genève, Neuchâtel et Soleure, ainsi que les communes de Bienne et de La Chaux-de-Fonds.

L'OFSP a délégué certains aspects par mandat à des partenaires externes, notamment les recherches historiques, l'accompagnement des diagnostics et la mise en œuvre des assainissements. En plus de l'entreprise EBP Schweiz, le Centre d'étude sur l'Évaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire (CEPN) en France a fourni un regard externe et une expertise sur les aspects de radioprotection tout au long du plan d'action^{15/16}.

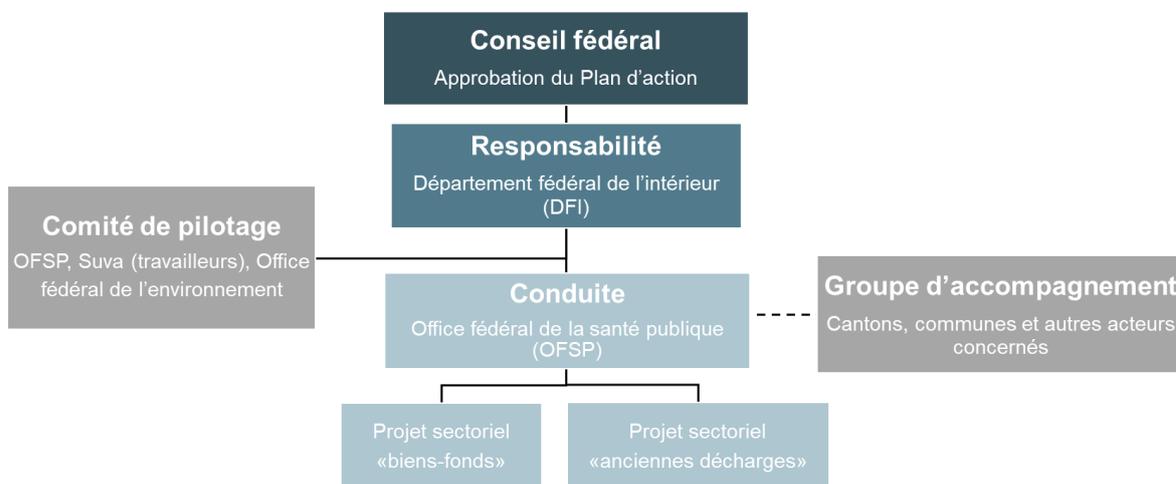


Figure 1 : Organisation du plan d'action radium

¹⁵ Evaluation de la mise en œuvre du plan d'action radium suisse, 2015-2019, CEPN, 2018

¹⁶ Avis du CEPN sur les aspects de radioprotection du plan d'action radium 2015-2023, 30 septembre 2024

4. Résultats des travaux engagés dans les quatre axes d'action

4.1. Recherches historiques

L'axe d'action « recherche historique » visait à dresser un inventaire le plus exhaustif possible des biens-fonds potentiellement contaminés au radium en Suisse.

4.1.1. Inventaire des biens-fonds potentiellement contaminés au radium

Le tableau 1 dresse l'état de l'inventaire des biens-fonds identifiés comme potentiellement contaminés au radium lors des recherches historiques mises en œuvre dans le cadre du plan d'action. Outre la liste initiale de 86 adresses publiée dans la presse², l'OFSP a mandaté l'Université de Berne¹⁷ pour de vastes recherches en archives, notamment au Musée international d'horlogerie ainsi que dans les cantons de Berne, Jura, Neuchâtel et Soleure. Pour des raisons de disponibilité en temps, l'Université a renoncé à étudier les archives des cantons de Bâle-Campagne, Genève et Vaud ; elle estimait que leur consultation pourrait mettre en évidence de nouvelles adresses correspondant à 10% au maximum de la couverture atteinte. L'OFSP a ensuite mandaté l'entreprise CSD Ingénieurs SA¹⁸ pour compléter les recherches dans ces trois archives cantonales. Au total, les recherches historiques de l'Université de Berne et de l'entreprise CSD ont permis d'identifier 909 adresses potentiellement contaminées au radium.

La consultation d'anciens annuaires téléphoniques des communes de La Chaux-de-Fonds et du Locle a par ailleurs révélé 80 cas additionnels de petits ateliers à domicile. Des particuliers et des responsables communaux ont aussi annoncé 205 adresses à examiner. Enfin, 153 cas sont issus de recherches ad hoc de l'OFSP, notamment sur la base de petites annonces publiées dans la presse de l'époque.

4.1.2. Validation de l'inventaire

L'OFSP a mené une enquête administrative en collaboration avec les autorités communales et cantonales concernées afin de valider l'inventaire. Dans ce cadre, 333 biens-fonds ont été exclus de l'inventaire, 204 adresses étant introuvables et 47 bâtiments ayant été détruits après la période d'utilisation du radium, la parcelle étant actuellement bétonnée. Par ailleurs, 82 adresses ont été exclues en raison de la très faible probabilité de trouver du radium ; il s'agissait principalement de cas issus de recherches ad hoc de l'OFSP avec des sources d'information lacunaires, le retour d'expérience des diagnostics ayant montré un taux d'assainissement très bas pour ces cas (voir chapitre 4.2.2).

Source d'information	Inventaire brut	Exclusion après enquête administrative			Inventaire validé
		Adresse introuvable	Bâtiment détruit	Très faible probabilité de trouver du radium	
		Nombre de biens-fonds			
Liste initiale (presse)	86	2	1	-	83
Recherches historiques (Université de Berne, CSD)	909	194	33	12	670
Anciens annuaires téléphoniques	80	-	-	-	80
Annonces	205	2	2	14	187
Recherches ad hoc de l'OFSP	153	6	11	56	80
Total	1433	204	47	82	1100

Tableau 1 : Validation de l'inventaire des biens-fonds potentiellement contaminés au radium

¹⁷ Historischer Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Gesundheit, die Verwendung von Radiumleuchtfarben in der Schweizer Uhrenindustrie (1907–1963), Universität Bern, 1. März 2018 ([lien](#))

¹⁸ Ergänzung der historischen Radium-Nachforschung Baselland, Genf und Waadt, CSD Ingenieure AG, 28. Mai 2021 ([lien](#))

L'inventaire validé englobe 1100 biens-fonds, répartis dans 112 communes et 13 cantons (voir tableau 1). La liste complète est disponible en **annexe 1**. Plus de la moitié des biens-fonds de l'inventaire validé, soit 605 adresses, abritaient autrefois du travail à domicile ou des ateliers de posage du radium (voir figure 2). L'inventaire est également constitué de 400 fabriques. Quant à la catégorie « Autre », elle regroupe des lieux de stockage ou de vente, ou encore d'anciennes entreprises en dehors du secteur horloger.

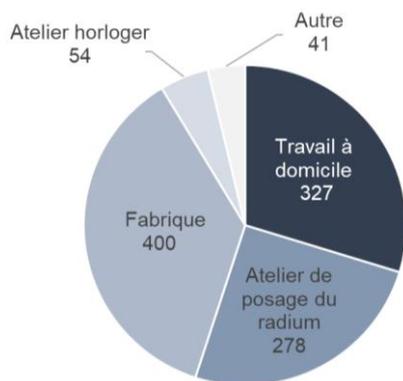


Figure 2 : Répartition des types d'atelier de l'inventaire à l'époque de l'utilisation du radium

4.2. Examens des biens-fonds potentiellement contaminés au radium

L'axe d'action « mesures de diagnostic du radium » visait à examiner l'ensemble des biens-fonds de l'inventaire selon une procédure standardisée, afin de déterminer la présence de contaminations résiduelles au radium et la nécessité d'un assainissement.

4.2.1. Procédure de diagnostic

L'OFSP a appliqué une procédure standardisée pour l'examen des biens-fonds potentiellement contaminés au radium ainsi que pour l'évaluation de la dose associée pour les occupants (voir figure 3). Ces méthodes ont été publiées dans deux articles scientifiques en 2016¹⁹ et 2021²⁰.

Le protocole se base sur la mesure du débit de dose ambiant dans l'ensemble des locaux intérieurs et le jardin, à 10 et 100 cm de la surface du sol, afin d'évaluer l'exposition des enfants et des adultes. Un débit de dose qui dépasse le bruit de fond naturel local de plus de 100 nanosievert (nSv) par heure indique la présence d'une contamination. Les débits de dose sont alors documentés selon un maillage plus serré, permettant d'évaluer la dose efficace annuelle liée à l'irradiation externe des occupants. De plus, la mesure de contamination de surface et l'analyse en laboratoire de frottis permettent de vérifier si des contaminations labiles sont présentes sur certains éléments de construction, tels que les portes et les fenêtres. Dans les jardins, des échantillons de terre sont prélevés aux endroits où les débits de dose sont les plus élevés en vue d'une analyse en laboratoire.

En présence de contaminations au radium, ces résultats permettent d'évaluer la nécessité d'un assainissement selon les critères suivants :

- **Locaux intérieurs** : L'OFSP évalue la dose efficace annuelle liée à l'irradiation externe des occupants actuels ou futurs sur la base de scénarios d'exposition standardisés avec des conditions d'occupation fictives. Si l'évaluation montre que la dose efficace de 1 mSv par an peut être dépassée pour l'occupant (enfant ou adulte) potentiellement le plus exposé, alors la décision est prise d'assainir les locaux. En présence de contamination labile, l'OFSP applique un scénario d'évaluation supplémentaire basé sur l'ingestion.

¹⁹ Murith & al. REMEDIATION OF RADIUM LEGACIES FROM THE SWISS WATCH INDUSTRY, RPD, 2016
<https://doi.org/10.1093/rpd/ncw335>

²⁰ C. Murith, G. Di Tommaso, S. Estier, T. Flury, M. Palacios-Gruson, C. Stalder, S. Baechler, MODELLING THE EXPOSURE OF RESIDENTS OF A RADIUM-CONTAMINATED LIVING PLACE, Radiation Protection Dosimetry, Volume 197, Issue 2, December 2021, Pages 101–110, <https://doi.org/10.1093/rpd/ncab167>

- **Jardins** : Dans le cadre du plan d'action, l'OFSP a appliqué un seuil d'assainissement de 1000 becquerels par kilogramme (Bq/kg) pour la concentration de radium-226 dans la terre. Cette valeur correspond à la limite de libération fixée dans l'annexe 2 de l'ORaP pour les radionucléides naturels de la chaîne de l'uranium-238, dont le radium-226 fait partie.

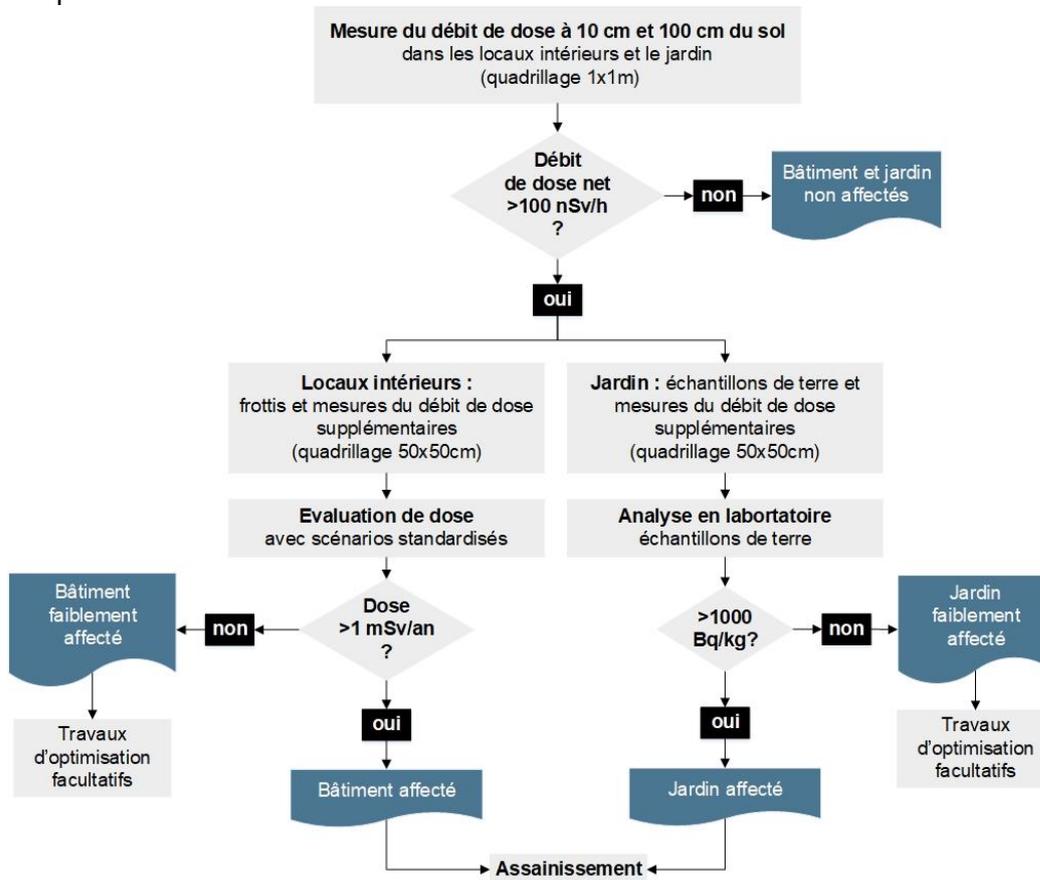


Figure 3 : Procédure standardisée pour l'examen des biens-fonds potentiellement contaminés au radium

4.2.2. Résultats globaux des diagnostics

Entre 2014 et 2023, l'OFSP a procédé aux mesures de diagnostic du radium dans 1093 biens-fonds potentiellement contaminés avec le soutien de l'Institut de radiophysique (IRA) et de l'Institut Paul Scherrer (PSI), ainsi que de trois entreprises privées. L'évolution annuelle des diagnostics (et du taux d'assainissement associé) est illustrée sur la figure 4.



Figure 4 : Évolution du nombre de biens-fonds examinés et du taux d'assainissement entre 2014 et 2023

L'OFSP a débuté par l'examen des 83 biens-fonds dont les adresses avaient été publiées dans la presse, le taux d'assainissement s'élevant alors à 28% en 2015. Il a ensuite poursuivi les diagnostics dans les biens-fonds identifiés par les recherches historiques, en donnant la priorité aux lieux où l'utilisation passée de radium était qualifiée de « certaine » ou « probable ». Ainsi, 400 biens-fonds ont été examinés entre 2017 et 2018, le taux d'assainissement s'élevant à environ 15%. Près de 270 biens-fonds avec une utilisation « incertaine » de radium ont été examinés à partir de 2019, expliquant ainsi l'abaissement progressif du taux d'assainissement jusqu'à 9% en 2020. Les cas annoncés par des particuliers ou des communes ont été examinés en parallèle, la proportion d'assainissement se situant en moyenne à 8%.

En raison de la pandémie de COVID-19, les diagnostics ont dû être suspendus à plusieurs reprises entre 2020 et 2021. À partir de 2021, l'accent a été mis sur la mesure des ateliers à domicile découverts en 2020 dans d'anciens annuaires téléphoniques des communes de La Chaux-de-Fonds et du Locle. De plus, environ 100 propriétaires n'ayant jamais réagi aux courriers de prise de contact ont finalement accepté le diagnostic du radium après réception de courriers recommandés, envoyés entre fin 2022 et début 2023, expliquant ainsi la hausse du taux d'assainissement à la fin du plan d'action. Au final, seuls sept propriétaires ont refusé le diagnostic. Pour ces sept cas, l'OFSP a renoncé à appliquer l'article 152 de l'ORaP, permettant de contraindre par décision juridique le propriétaire à donner l'accès au bien-fonds pour son examen. Une telle procédure a été jugée trop invasive dans la sphère privée au vu du danger que pourrait représenter une contamination au radium. Malgré cela, l'OFSP a recommandé aux communes et cantons concernés de prévoir une charge au permis de construire pour un diagnostic au radium en cas de futurs travaux dans ces biens-fonds.

Les diagnostics ont révélé une nécessité d'assainissement dans 163 biens-fonds répartis dans les trois catégories suivantes :

- 56 biens-fonds nécessitant un assainissement intérieur
- 78 biens-fonds nécessitant un assainissement extérieur
- 29 biens-fonds nécessitant un assainissement intérieur et extérieur

Dans 116 biens-fonds supplémentaires, l'OFSP a aussi détecté de faibles traces de contaminations au radium sans nécessité d'assainissement, le niveau de référence de 1 mSv par an étant respecté. Globalement, des contaminations au radium ont ainsi été détectées dans 26% des biens-fonds contrôlés avec ou sans nécessité d'assainissement. Ceci indique que le problème du radium ne concernait pas que des cas isolés, mais bien une large fraction des biens-fonds potentiellement contaminés.

En ce qui concerne la localisation géographique, les biens-fonds ayant fait l'objet d'un diagnostic sont répartis dans 112 communes et 13 cantons, principalement situées dans l'Arc jurassien (voir figure 5). Plus de la moitié des adresses se trouvent dans les communes de Biel/Bienne, La Chaux-de-Fonds et Granges (SO).

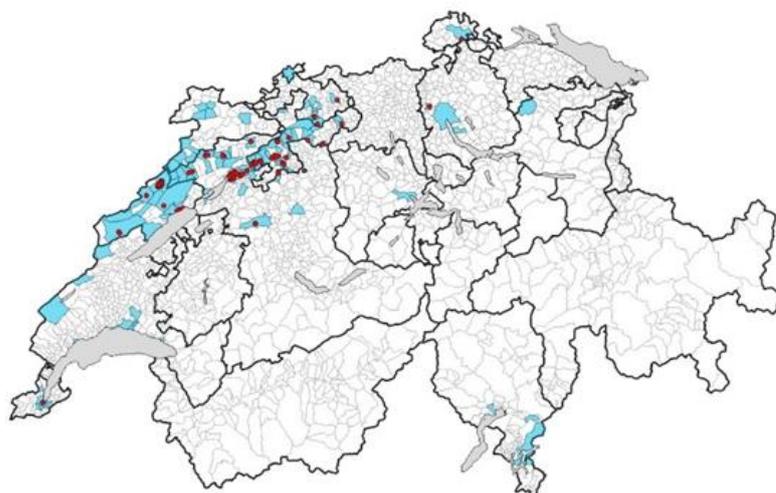


Figure 5 : Communes concernées par les diagnostics (en bleu) et cas d'assainissement (en rouge)

Les résultats des diagnostics par canton sont présentés dans le tableau 2, en distinguant les cas non affectés, les cas présentant de faibles traces de radium, mais n'exigeant pas d'assainissement, et les cas à assainir. Les cantons à tradition horlogère de Berne, Neuchâtel et Soleure regroupent près de 90% des diagnostics et 94% des assainissements. La proportion de biens-fonds à assainir est identique dans les cantons de Berne et Soleure (19%) et plus basse dans le canton de Neuchâtel (13%). D'autres cantons tels que Genève, Jura, Vaud, Bâle-Campagne, Zurich et Schaffhouse sont aussi concernés, mais dans une moindre mesure. Aucun des 29 biens-fonds examinés dans le canton du Jura n'a révélé de contaminations au radium. Dans le canton de Bâle-Campagne, un assainissement était requis dans 4 des 15 biens-fonds examinés, correspondant à un taux d'assainissement de 27%. Le seul bien-fonds mesuré dans le canton de Schaffhouse a fait l'objet d'un assainissement.

Canton	Nombre de biens-fonds mesurés	Résultat du diagnostic		
		Pas de radium détecté	Faibles traces sans besoin d'assainissement	Assainissement nécessaire (taux d'assainissement)
Nombre de biens-fonds :				
NE	452	338	57	57 (13%)
BE	326	228	36	62 (19%)
SO	184	132	17	35 (19%)
GE	38	33	3	2 (5%)
JU	29	29	0	0
VD	25	24	0	1 (4%)
BL	15	8	3	4 (27%)
ZH	9	8	0	1 (11%)
TI	8	8	0	0
LU	4	4	0	0
BS	1	1	0	0
SG	1	1	0	0
SH	1	0	0	1 (100%)
Total	1093	814	116	163 (15%)

Tableau 2 : Résultats des diagnostics par canton

À l'heure actuelle, près de 80% des biens-fonds de l'inventaire sont alloués à des fins d'habitation, impliquant de longs temps de séjour, ainsi qu'une exposition chronique des occupants en présence de contaminations au radium. Selon les résultats des diagnostics, 28% des maisons individuelles examinées ont dues être assainies. Le taux d'assainissement s'élevait à 15% pour les bâtiments à plusieurs logements et à 13% pour les bâtiments à usage mixte (tableau 3). Concernant les espaces extérieurs, un assainissement était requis dans seulement 3% des parcelles de bâtiments détruits après la période d'utilisation du radium, raison pour laquelle l'OFSP a décidé de ne pas en mesurer l'intégralité, en particulier lorsque la parcelle avait été bétonnée après coup (voir chapitre 4.2.1). Dans sept cas, les assainissements incluait également des parcelles voisines.

Catégorie de bien-fonds	Nombre de biens-fonds mesurés	Résultat du diagnostic		
		Pas de radium détecté	Faibles traces sans besoin d'assainissement	Assainissement nécessaire (taux d'assainissement)
Nombre de biens-fonds :				
Maison individuelle	152	99	11	42 (28%)
Bâtiment à plusieurs logements	392	279	53	60 (15%)
Bâtiment à usage mixte	328	255	32	41 (13%)
Bâtiment sans usage d'habitation	175	149	14	12 (7%)
Parcelle extérieure	Bâtiment détruit	31	28	2 (3%)
	Parcelle voisine	15	4	7 (47%)
Total	1093	814	116	163 (15%)

Tableau 3 : Résultats des diagnostics en fonction de la catégorie de bien-fonds

Si l'on s'intéresse à l'affectation des biens-fonds à l'époque de l'utilisation du radium, le taux d'assainissement atteint environ 20% aux postes de travail à domicile et dans les ateliers de posage du radium, contre 10% dans les fabriques. Les diagnostics réalisés dans les ateliers horlogers, en grande partie annoncés par des occupants inquiets, n'ont par contre pratiquement pas révélé de nécessité d'assainissement.

4.2.3. Résultats des diagnostics dans les appartements

Les diagnostics ont révélé une nécessité d'assainissement dans 163 biens-fonds, impliquant 94 appartements (ce terme inclut également les objets commerciaux ou les locaux annexes) avec un dépassement du niveau de référence de 1 mSv par an. L'évaluation de dose s'est basée sur le rayonnement externe auquel étaient soumis les occupants en raison de la présence de radium. Dans un tiers des appartements à assainir, l'OFSP a constaté la présence additionnelle de contaminations labiles contribuant généralement à une exposition supplémentaire faible par rapport au rayonnement externe. Comme illustré dans la figure 6, les doses efficaces évaluées pour les occupants étaient inférieures à 5 mSv par an dans 78 appartements et se situaient entre 5 et 20 mSv par an dans 16 appartements, la dose maximale s'élevant à 17 mSv par an. Ces doses n'ont donc jamais dépassé le seuil de 20 mSv par an, au-dessus duquel une reconstruction rétrospective de la dose individuelle reçue par les occupants aurait été nécessaire, afin d'évaluer plus précisément les risques et la nécessité d'un suivi médical.

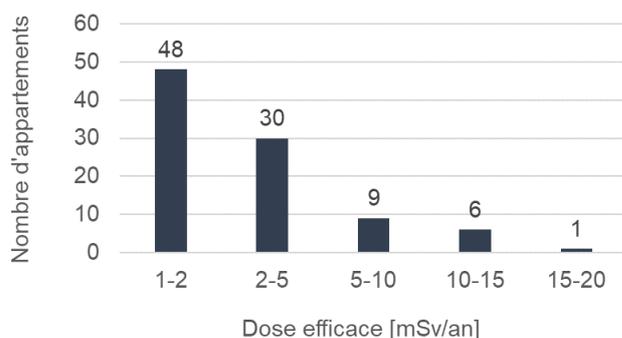


Figure 6 : Répartition des doses efficaces associées au radium (en mSv par an) dans les 94 appartements à assainir

Dans un cas, l'OFSP a évalué rétrospectivement la dose reçue par les enfants ayant séjourné dans une ancienne crèche nécessitant un assainissement lié au radium. Les résultats ont montré que la dose moyenne reçue par les enfants était inférieure à 1 mSv par an. Leur exposition annuelle aurait toutefois pu atteindre 4 mSv dans un scénario extrême. L'OFSP a communiqué ces résultats par courrier aux parents concernés en indiquant qu'aucune mesure particulière n'était à prendre en termes de suivi médical pour les enfants. Il a aussi organisé une rencontre avec quelques parents inquiets, afin de leur fournir des explications supplémentaires.

Outre les 94 appartements à assainir, de faibles traces de radium ont été détectées dans près de 200 appartements supplémentaires, toutefois sans nécessité d'assainissement, le niveau de référence de 1 mSv par an étant respecté. L'OFSP a prié les propriétaires de le contacter en cas de travaux de rénovation, afin qu'il puisse accompagner les travaux et assurer l'élimination conforme des déchets. A noter que sept propriétaires ont rapidement mis en œuvre des mesures d'optimisation à leurs frais.

Dans le cadre des diagnostics, l'OFSP a découvert des objets contenant du radium dans plus de 100 biens-fonds examinés. Il s'agissait principalement de fournitures horlogères, mais aussi de mobilier (établis, étagères, layettes...) et d'équipements (essoreuse, hotte de ventilation, poêle...) avec des contaminations au radium. L'OFSP a récupéré ces objets afin d'en assurer l'élimination conforme (voir chapitre 4.3.5). Lorsque les propriétaires souhaitaient garder le matériel, ils ont dû se soumettre au régime d'autorisation, garantissant ainsi la prise de mesures de radioprotection adéquates. Selon les constatations de l'OFSP, bon nombre d'horlogers utilisent encore aujourd'hui des fournitures au radium pour réparer de

vielles montres et manipulent même de la peinture au radium au moyen d'anciens kits (voir figure 7), sans toutefois disposer d'une autorisation. L'OFSP a donc engagé des actions ciblées pour sensibiliser le milieu horloger sur la problématique du radium (voir chapitre 6.4.1).

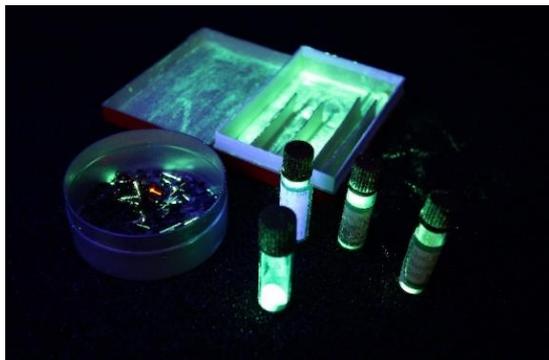


Figure 7 : Kit de posage de peinture au radium découvert lors d'un diagnostic chez un horloger

En outre, l'OFSP a découvert dans sept bâtiments des matériaux de construction riches en radioactivité d'origine naturelle (NORM), principalement des scories sous plancher. Dans deux cas, une recommandation d'assainissement lors de la prochaine rénovation majeure a été adressée aux propriétaires. L'origine exacte de ces matériaux, utilisés comme isolant thermique ou phonique, est incertaine mais le vieil usage d'inclure des scories entre les poutres des dalles en bois pour réduire la transmission du bruit est connue des professionnels du bâtiment.

Près de 90% des bâtiments examinés comportaient plusieurs appartements, rendant difficile l'accès à l'ensemble des locaux, en particulier dans les grands immeubles, et ce, malgré des visites répétées. Sur un total de 6195 appartements à examiner, l'OFSP a pu accéder à 5840 appartements, correspondant ainsi à un taux de couverture de 94%. Les appartements manquants ont vraisemblablement une faible incidence sur l'évaluation des doses, car on peut supposer que des niveaux élevés de radium auraient été détectés lors des mesures de diagnostic dans les appartements voisins.

4.2.4. Résultats des diagnostics dans les jardins

Les diagnostics ont révélé une nécessité d'assainissement dans 109 jardins avec un dépassement du seuil de 1000 Bq/kg pour la concentration de radium dans la terre. Les concentrations maximales de radium mesurées dans des échantillons de terre prélevés dans les 109 jardins à assainir s'élevaient en moyenne à 26'500 Bq/kg avec de fortes variations selon le cas (voir figure 8). Dans un jardin, elles avoisinaient ponctuellement les 668'200 Bq/kg. De faibles traces de radium ont été détectées dans près de 20 jardins supplémentaires, toutefois sans nécessité d'assainissement, l'activité spécifique étant inférieure à 1000 Bq/kg. En Suisse, la concentration naturelle de radium-226 dans les sols s'élève en moyenne à 40 Bq/kg et atteint localement 100 Bq/kg dans les régions riches en radium naturel²¹. En moyenne, le radium horloger est donc à l'origine de contaminations 600 à 700 fois supérieures aux niveaux naturels. On notera par ailleurs que des traces d'américium ont été découvertes dans quatre jardins, leur gestion n'ayant toutefois pas été problématique, notamment pour l'élimination des déchets.

Ces pollutions dans les jardins résultent vraisemblablement du déversement d'eaux de nettoyage ou de l'utilisation d'eaux usées pour l'arrosage du jardin. De plus, une directive en vigueur dans les années cinquante²² préconisait d'enterrer les déchets contaminés au radium directement sur la parcelle à un mètre de profondeur. Dans la pratique, l'OFSP a toutefois constaté que la contamination au radium se trouvait beaucoup plus en surface, représentant ainsi un risque d'ingestion pour les occupants.

²¹ Base de données ENVIRA, OFSP, août 2024

²² Richtlinien für den Schutz gegen ionisierende Strahlen in der Medizin, in Laboratorien, Gewerbe- und Fabrikationsbetrieben, EGA, 1956

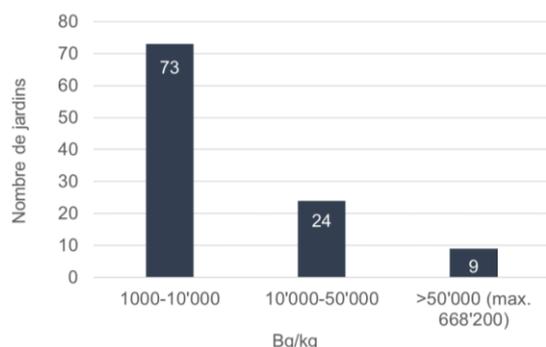


Figure 8 : Activités spécifiques maximales de radium mesurées dans les 109 jardins à assainir

4.3. Assainissements des biens-fonds contaminés au radium

L'axe d'action « assainissement des biens-fonds contaminés au radium » prévoyait la mise en œuvre d'un assainissement lorsque la dose liée au radium pouvant être reçue par les occupants dépassait 1 mSv par an dans les locaux intérieurs ou lorsque l'activité spécifique dans la terre des jardins était supérieure à 1000 Bq/kg.

4.3.1. Organisation

Une démarche standardisée a été appliquée pour l'assainissement, comprenant la planification, la décontamination, l'élimination des déchets, le contrôle de l'atteinte de l'objectif et la remise en état. Les travaux d'assainissements ont été priorisés en appliquant une approche graduée en fonction du niveau d'exposition des occupants. Les locaux intérieurs ont notamment été traités en priorité.

L'OFSP a confié les travaux de décontamination à six entreprises d'assainissement spécialisées, au bénéfice d'une autorisation pour la manipulation de sources radioactives non scellées et disposant d'un expert en radioprotection avec une formation reconnue, ceci afin de garantir une prise en charge conforme aux dispositions de radioprotection concernant le personnel, les occupants et l'environnement. L'OFSP et la Suva ont assuré la surveillance du respect de ces règles. Près de quarante collaborateurs des entreprises d'assainissement étaient soumis à une surveillance dosimétrique individuelle permettant de mesurer l'irradiation externe liée aux produits de filiation du radium (émetteurs gamma). De plus, leurs urines étaient analysées tous les six mois par l'IRA ou le PSI pour déceler une possible incorporation de radium. Le suivi dosimétrique des collaborateurs des entreprises d'assainissement a montré que leur protection avait pu être assurée. En effet, sur les près de quarante personnes concernées, seule une personne a reçu une dose correspondant à 0.6 mSv, soit bien inférieure à la limite de 20 mSv par an fixée dans l'ORaP pour les personnes professionnellement exposées aux radiations.

L'OFSP a aussi fait appel aux conseils de deux bureaux d'architecture situés à Berne et à La Chaux-de-Fonds pour analyser le bien-fondé des travaux d'assainissement dans les espaces intérieurs et extérieurs. Ces bureaux coordonnaient également les travaux de remise en état, afin d'atteindre le même standard qu'avant la décontamination.

4.3.2. Résultats globaux des assainissements

Tous les 163 biens-fonds contaminés ont pu être assainis à deux exceptions près : il s'agit d'une part d'un refus d'un propriétaire (pour un assainissement intérieur et extérieur) et d'autre part d'un assainissement d'un site industriel fortement contaminé au radium avec la présence additionnelle de pollutions chimiques, dont la complexité nécessite un projet dédié en dehors du plan d'action (voir chapitre 4.3.4). L'évolution du nombre d'assainissements réalisés entre 2014 et 2023 est indiquée dans la figure 9. Entre 2014 et 2015, l'OFSP n'a pu réaliser que huit assainissements en raison des ressources limitées (voir chapitre 5.1). Près de 130 biens-fonds ont pu être assainis entre 2016 et 2019 ainsi qu'entre 2022 et 2023. Seuls 20 biens-fonds ont été assainis entre 2020 et 2021 en raison de la pandémie de COVID-19, l'accès aux biens-fonds étant alors restreint.

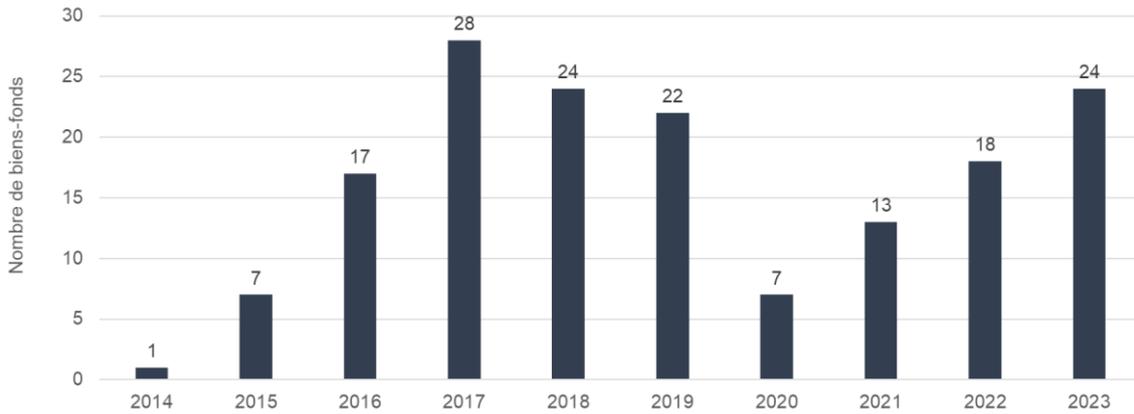


Figure 9 : Évolution du nombre de biens-fonds assainis entre 2014 et 2023

La figure 10 illustre l'abaissement progressif de la durée moyenne des travaux d'assainissement entre 2014 et 2017 et sa stabilisation à partir de 2018. Au fil du temps, les processus ont été optimisés, permettant en particulier de lancer les travaux de remise en état immédiatement après la dépollution.

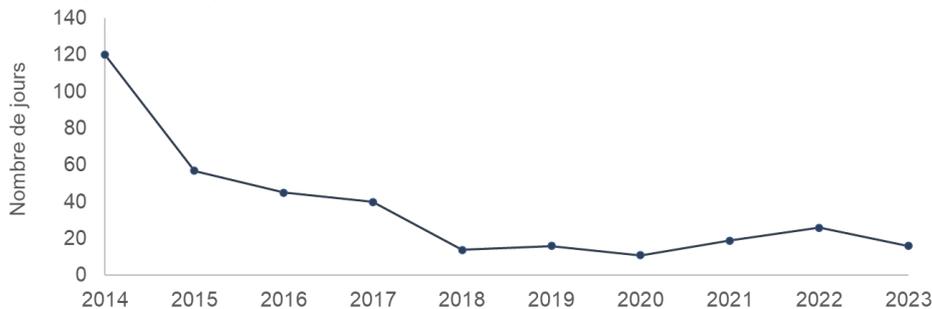


Figure 10 : Évolution de la durée moyenne des assainissements entre 2014 et 2023

Le coût d'assainissement d'un bien-fonds (remise en état incluse, mais sans l'élimination des déchets) s'élevait à 47'300 francs en moyenne (environ 40'000 francs en supprimant les valeurs extrêmes), mais il était très variable et dépendait fortement des conditions locales. Le coût moyen par bien-fonds peut être réparti en 3 catégories :

- Assainissement intérieur : 38'000 francs
- Assainissement extérieur : 35'000 francs
- Assainissement intérieur et extérieur : 95'000 francs

Dans six biens-fonds (soit moins de 4% des cas), les coûts d'assainissement ont été pris en charge directement par les propriétaires, en application du principe du pollueur-payeur, car ils étaient eux-mêmes à l'origine des contaminations.

4.3.3. Assainissements intérieurs

Les diagnostics ont révélé une nécessité d'assainissement dans 94 appartements. Afin de planifier au mieux les travaux, l'OFSP a systématiquement organisé une visite sur place avec les différentes parties prenantes, à savoir le propriétaire et éventuellement le locataire, ainsi que les représentants de l'entreprise d'assainissement et du bureau d'architecture. Le déroulement des travaux ainsi que les responsabilités étaient précisés dans un procès-verbal. L'OFSP a cherché à réduire le caractère invasif de l'assainissement, par exemple en prévoyant une entrée dans la pièce à assainir depuis l'extérieur par un échafaudage. Suivant l'ampleur de l'assainissement, certains occupants ont tout de même dû quitter temporairement les lieux. Dans 43% des appartements, l'assainissement concernait en effet plusieurs pièces (jusqu'à 6 pièces au maximum). Les coûts de relogement ont été systématiquement pris en charge par les propriétaires.

En règle générale, les contaminations au radium se trouvaient au niveau des sols (plancher, parquet, scories d'isolation...), mais aussi sur d'autres éléments de construction (portes, fenêtres, radiateurs...). De plus, il n'était pas rare de constater la présence de traces résiduelles de radium dans les conduites d'eaux usées et les cheminées. La décontamination en tant que telle consiste à retirer ces matériaux et à les éliminer conformément aux dispositions légales, sous l'égide de l'expert en radioprotection de l'entreprise d'assainissement.



Figure 11 : Travaux de décontamination dans un appartement

La décontamination requiert des moyens de protection particuliers. Afin d'éviter toute propagation de la pollution, un confinement avec un sas d'entrée est installé autour de la zone à assainir. Les ouvriers sont équipés de vêtements de protection et de masques respiratoires, parfois raccordés à de l'air propre (voir figure 11). Les matériaux contaminés au radium sont retirés avec une aspiration à la source permettant d'éviter les émanations de poussières. Les matériaux ainsi extraits sont triés selon leur filière d'élimination, puis emballés dans des fûts et évacués du confinement. L'expert en radioprotection caractérise chaque fût selon une procédure standardisée en vue de son élimination conforme (voir chapitre 4.3.5).

Des mesures de protection supplémentaires ont dû être engagées en présence d'autres polluants du bâtiment, par exemple de l'amiante ou des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Pour ces polluants, il a fallu veiller à la protection des travailleurs, mais aussi au respect des dispositions de l'ordonnance sur les déchets (OLED)²³. Un tri supplémentaire des déchets combustibles a notamment été nécessaire pour l'amiante et les HAP, sachant qu'ils ne peuvent pas être incinérés. A cela s'ajoute la problématique des monuments historiques protégés, dans lesquels les matériaux de construction anciens ont dû être préservés dans la mesure du possible. A titre d'exemple, les boiseries contaminées au radium du *Neues Schloss Bümpliz* à Berne ont fait l'objet d'un ponçage, puis ont été remises en place. D'autres méthodes telles que la décontamination chimique ont aussi été mises en œuvre sur certains chantiers. On relèvera par ailleurs que la décontamination inclut également le suivi de la concentration de radon-222 dans l'air intérieur, exprimée en becquerels par mètre cube (Bq/m^3), en tant que produit de filiation du radium-226. Dans certains cas, l'assainissement lié au radium a permis d'abaisser de manière substantielle la concentration de radon dans l'air intérieur (voir chapitre 6.3.3).

Après la phase de décontamination, l'OFSP procédait à un contrôle final de l'atteinte de l'objectif, à savoir le respect de la dose efficace de 1 mSv par an pour les occupants. En réalité, la réduction de la contamination allait au-delà du respect de cette valeur et visait à atteindre dans la mesure du raisonnablement possible un débit de dose inférieur à 100 nSv/h au-dessus du bruit de fond naturel, en application du principe d'optimisation fixé à l'article 4 de l'ORaP. Après confirmation de l'atteinte de l'objectif d'assainissement, la remise en état pouvait démarrer, coordonnée par le bureau d'architecte en charge du cas, afin d'atteindre le même standard qu'avant les travaux.

Sur les 83 bâtiments assainis, 18 ne présentaient plus aucune trace de radium après la décontamination et 65 contenaient encore de faibles traces de radium, toutefois bien inférieures au niveau de référence de 1 mSv par an. Ces contaminations résiduelles concernaient en particulier d'autres appartements du même immeuble, dans lesquels l'élimination

²³ Ordonnance sur les déchets du 4 décembre 2015 (OLED, RS 814.600)

des faibles traces de radium ne se justifiait pas. Dans certains cas, il n'a pas été possible de poursuivre la décontamination afin de ne pas endommager la statique du bâtiment ; là aussi, la dose annuelle de 1 mSv a été respectée dans tous les cas. Dans les courriers de clôture des assainissements, l'OFSP a prié les propriétaires de le contacter en cas de rénovation dans ces secteurs, afin qu'il puisse accompagner les travaux et assurer l'élimination conforme des déchets.

4.3.4. Assainissements extérieurs

Les diagnostics du radium ont révélé une nécessité d'assainissement dans 109 jardins. La contamination liée au radium a fait l'objet d'une cartographie sur la base des mesures du débit de dose et des forages effectués, afin de délimiter les zones à assainir. De plus, l'OFSP s'est systématiquement procuré les plans des conduites souterraines (eau, électricité et télécommunication) afin de ne pas les endommager lors de la décontamination. Comme pour les locaux intérieurs, une visite sur site était organisée avec les différentes parties prenantes, afin de coordonner au mieux les travaux d'assainissement. Un permis de construire s'est avéré nécessaire pour l'assainissement de quatre jardins en raison des importants volumes de terre à excaver.

La procédure de décontamination consiste à excaver la terre contaminée au radium à l'aide d'une pelleteuse, après avoir clôturé le périmètre d'assainissement. L'expert en radioprotection de l'entreprise d'assainissement s'occupe de mesurer le débit de dose, afin d'indiquer où creuser au conducteur de la pelleteuse. La terre ainsi excavée est déversée dans une benne, dans laquelle trois échantillons représentatifs sont prélevés, permettant de caractériser les déchets en vue de leur élimination conforme (voir chapitre 4.3.5). Afin de faciliter la procédure, une méthode a été développée pour établir une relation entre l'activité spécifique de radium d'un échantillon de terre (dans une géométrie donnée) et le débit de dose mesuré.



Figure 12 : Contrôle final de l'OFSP afin de vérifier le succès de la décontamination (source : Hanna Girard)

Une fois la décontamination terminée, l'OFSP était chargé de contrôler l'atteinte de l'objectif d'assainissement (respect de la valeur de seuil de 1000 Bq/kg pour la concentration de radium dans la terre) par des mesures du débit de dose et la prise d'échantillons de fonds de fouille (voir figure 12). Comme pour les locaux intérieurs, on visait à atteindre dans la mesure du possible un débit de dose inférieur à 100 nSv/h au-dessus du bruit de fond naturel. Une fois ce contrôle terminé, l'OFSP donnait son feu vert pour la remise en état du site.

Dans les jardins, la présence de contaminations résiduelles en profondeur ne peut pas être exclue, même après l'assainissement, car le débit de dose correspondant n'est plus mesurable à la surface du sol à partir d'une certaine profondeur (de l'ordre de 0.5 mètre). Dans certains cas isolés, l'OFSP a été contraint de laisser des contaminations en profondeur dépassant la valeur de seuil de 1000 Bq/kg, notamment lorsqu'une excavation n'était pas réalisable ou aurait demandé des moyens disproportionnés. De plus, certaines anciennes canalisations situées sous les bâtiments ou en profondeur dans les jardins n'ont pas pu être retirées. Comme pour les locaux intérieurs, l'OFSP a prié les propriétaires de le contacter en cas de travaux d'excavation dans les secteurs concernés, afin qu'il puisse accompagner les travaux et assurer l'élimination conforme des déchets.

Il n'a pas été possible d'appliquer la méthode d'assainissement standardisée sur la parcelle du *Neues Schloss Bümpliz* à Berne, autrefois occupée par le principal fabricant de peinture luminescente au radium de Suisse. Compte tenu de l'utilisation actuelle du site comme parc public et de l'impact financier lié aux importants volumes à excaver, l'application du critère d'assainissement de 1000 Bq/kg de radium aurait été disproportionnée. L'impossibilité d'abattre certains arbres protégés et la présence de vestiges archéologiques ont ajouté un niveau de complexité supplémentaire. En conséquence, un concept d'assainissement basé sur le principe d'optimisation de l'article 4 de l'ORaP et sur le scénario d'une utilisation à long terme comme parc public a été développé. Les zones à assainir ont été déterminées à l'aide de deux critères (débit de dose net supérieur à 250 nSv/heure et activité spécifique de radium dans la terre supérieure à 2500 Bq/kg). Ces critères ont permis de respecter la dose de 1 mSv par an pour les adultes et les enfants dans le cadre de scénarios d'exposition conservateurs, compte tenu d'une utilisation à long terme du terrain comme parc public. Un accompagnement radiologique restera toutefois nécessaire en cas de futurs travaux d'excavation, par exemple dans le cadre de la rénovation des conduites souterraines.

L'OFSP a découvert des pollutions chimiques dans près de 20% des jardins à assainir, la moitié d'entre eux se situant sur une parcelle inscrite au cadastre des sites pollués²⁴. La problématique des pollutions mixtes a nécessité le développement de compétences spécifiques, en particulier pour la détection *in situ* de polluants chimiques dans la terre, par exemple des métaux lourds et différents types d'hydrocarbure. En termes de responsabilités, on relève que ce sont les cantons, sous la supervision de l'OFEV, qui sont chargés de la gestion des sites pollués par des substances chimiques. Les situations rencontrées ont donc fait l'objet de discussions spécifiques, au cas par cas, entre l'OFSP et les cantons (ainsi qu'avec l'OFEV et la Suva lors de situations complexes). De plus, des collaborations avec le Laboratoire de Spiez et l'entreprise Econetta ont été mises en place pour l'analyse accréditée de produits chimiques sur des échantillons contaminés au radium, permettant de vérifier le respect des limites de l'OLED pour l'élimination des polluants chimiques en décharge de type E, en plus de la limite d'élimination fixée pour le radium dans l'ORaP (voir chapitre 4.3.5).

Un cas particulier concerne un ancien site industriel du canton de Bâle-Campagne fortement contaminé au radium avec la présence additionnelle de pollutions chimiques, dont la complexité nécessite un projet dédié en dehors du plan d'action. Sur cette parcelle, on estime à environ 30 m³ le volume de terre fortement contaminée (>10'000 Bq/kg) nécessitant une élimination au Centre fédéral de ramassage (voir chapitre 4.3.5) en cas d'excavation. Toutefois, la présence additionnelle de traces de mercure empêche la vitrification des déchets dans un four à plasma, étape nécessaire à leur conditionnement pour un stockage en profondeur. De plus, le local de stockage pour les « déchets bruts non conditionnés » du Centre fédéral de ramassage n'a pas de capacité suffisante pour stocker une telle quantité de terres. En conséquence, il n'existe à l'heure actuelle aucun exutoire possible pour ces déchets. D'un commun accord avec le propriétaire (qui est aussi le pollueur), le canton, l'OFEV et la Suva, le site sera sécurisé en 2025 par la pose d'un confinement pour les dix prochaines années. Un assainissement définitif sera reconsidéré à l'horizon 2035, soit par excavation (si l'état de la technique le permet), soit par une méthode d'assainissement alternative en vue de résoudre le problème pour les prochaines générations.

4.3.5. Élimination des déchets

Les déchets issus des travaux de décontamination ont suivi les trois filières suivantes :

- Élimination des déchets combustibles faiblement contaminés dans des installations d'incinération des ordures ménagères
- Élimination des déchets inertes faiblement contaminés dans des décharges de type E
- Élimination des déchets plus fortement contaminés au Centre fédéral de ramassage

Les déchets combustibles faiblement contaminés au radium (parquets, sous-construction...) ont été éliminés dans des installations d'incinération des ordures ménagères conformément

²⁴ Ordonnance sur les sites contaminés du 26 août 1998 (OSites, RS 814.680)

à l'article 116 de l'ORaP, qui fixe une activité hebdomadaire maximale de 2 MBq pour le radium-226 (soit 1000 fois la limite d'autorisation fixée dans l'annexe 3 de l'ORaP). L'incinération de grands volumes de déchets faiblement contaminés au radium issus d'héritages radiologiques est justifiée, car leur élimination par les canaux habituels nécessiterait des moyens disproportionnés. Compte tenu de toutes les autres options envisageables, l'incinération constitue ainsi la meilleure solution pour l'être humain et pour l'environnement. S'agissant d'une activité hebdomadaire, les déchets ont été entreposés en lieu sûr dans l'attente de leur élimination. Quatre sites de stockage temporaires ont été aménagés à cette fin dans les cantons de Berne, Genève, Neuchâtel et Soleure, dans le respect des dispositions de radioprotection.

Les déchets inertes faiblement contaminés au radium (terre, béton...) avec une activité spécifique de radium-226 inférieure à 10'000 Bq/kg ont été éliminés en décharge de type E, conformément à l'article 114 de l'ORaP et à la directive associée²⁵. Cette disposition est spécifique aux héritages radiologiques liés au radium, la valeur correspondant à 1000 fois la limite de libération, fixée à 10 Bq/kg dans l'annexe 3 de l'ORaP. A noter qu'une valeur de 40'000 Bq/kg a été utilisée jusqu'à fin 2017, avant l'abaissement de la limite de libération de 40 Bq/kg à 10 Bq/kg dans l'ORaP révisée, entrée en vigueur début 2018. Les autorités cantonales ont soutenu l'OFSP dans la recherche de décharges de type E au sein même de leur territoire. Le canton de Neuchâtel ne possédant pas ce type de décharge, leurs déchets ont été éliminés dans les cantons de Berne et de Soleure. L'OFSP a mis en place une surveillance des eaux de percolation des six décharges concernées dans les cantons de Bâle-Campagne, Berne, Soleure et Zurich, en commençant par une mesure de l'état « zéro » avant toute élimination, puis en intégrant ces décharges dans son programme de surveillance de la radioactivité dans l'environnement. Les concentrations de radium-226 mesurées à ce jour dans ces eaux de percolation ont montré dans certains cas un léger marquage, s'élevant au maximum à 13 mBq/L, toutefois bien inférieur à la limite d'immission dans les eaux (LL_{eaux}) fixée à 580 mBq/L pour le radium-226 dans l'annexe 7 de l'ORaP.

Sur l'ensemble du plan d'action, le volume de déchets faiblement contaminés au radium représente environ 250 m³ pour les déchets combustibles éliminés dans les installations d'incinération et environ 4400 m³ pour les déchets inertes éliminés en décharges de type E. Les coûts associés à l'élimination de ces déchets s'élèvent à près de 989'000 francs au total.

Les déchets d'assainissement avec une activité supérieure aux valeurs susmentionnées sont considérés comme des déchets radioactifs. Ils ont été caractérisé et conditionné dans des fûts en métal de type A (voir figure 13), puis acheminés au Centre fédéral de ramassage. Au total, 6.6 m³ de déchets radioactifs ont été éliminés par cette voie pour un coût d'environ 986'000 francs. Parmi ces déchets, on trouve également des fournitures horlogères récupérées lors des diagnostics, comme évoqué au chapitre 4.2.3.



Figure 13 : Conditionnement de terres fortement contaminées au radium en vue de leur transport au Centre fédéral de ramassage

²⁵ Directive sur la mise en décharge de déchets radioactifs de faible activité, OFSP, V1.2 30.05.2024 ([lien](#))

L'évolution des quantités de déchets d'assainissement éliminés entre 2015 et 2023 selon les filières d'élimination est présentée dans la figure 14. Les plus grands volumes de déchets inertes ont été éliminés entre 2022 et 2023 en raison de l'assainissement de près de 30 espaces extérieurs. Il s'agissait en outre de jardins avec des pollutions mixtes nécessitant une coordination préalable avec les cantons concernés et/ou l'OFEV ainsi que des analyses chimiques en vue d'une élimination conforme des déchets.

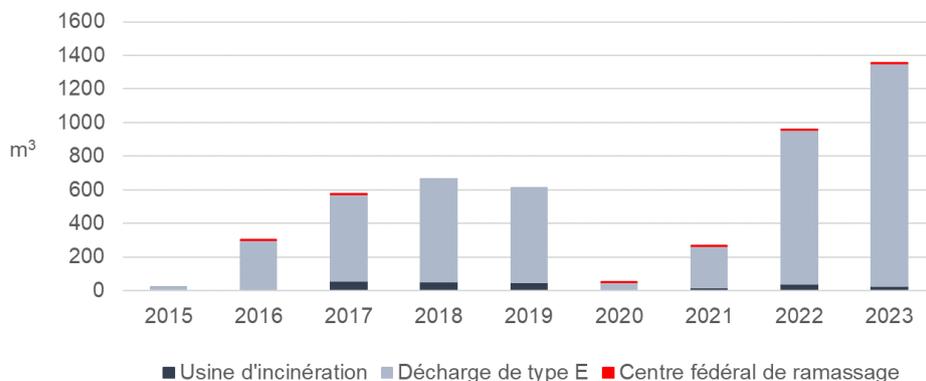


Figure 14 : Évolution des quantités de déchets d'assainissements (en m³) éliminés entre 2015 et 2023 selon les filières d'élimination

Comme évoqué au chapitre 4.2.3, l'OFSP a récolté bon nombre de déchets spéciaux lors des diagnostics, notamment du mobilier et des équipements contaminés au radium. A cela s'ajoutent d'autres déchets spéciaux issus des assainissements, par exemple des conduites métalliques contaminées au radium. Une entreprise d'assainissement spécialisée a été mandatée pour traiter ces déchets par décontamination mécanique. A quelques exceptions près, la totalité de ces déchets a pu être éliminée comme déchet conventionnel chez un ferrailleur, permettant un recyclage des matières premières, la limite de libération (LL) de 10 Bq/kg étant respectée. Quelques objets métalliques avec une activité spécifique supérieure à LL, mais inférieure à 10 fois LL, ont été recyclés dans une fonderie au sens de l'article 115 de l'ORaP. Au total, le traitement des déchets spéciaux a coûté près de 389'000 francs.

4.4. Gestion des anciennes décharges pouvant contenir des déchets contaminés au radium

L'axe d'action « gestion des anciennes décharges » visait d'une part à recenser les anciennes décharges susceptibles de contenir des déchets contaminés au radium, éliminés de manière conventionnelle avant l'entrée en vigueur de la première ordonnance sur la radioprotection en 1963. D'autre part, il avait pour but de définir des mesures appropriées à prendre pour protéger la santé de la population et des travailleurs ainsi que l'environnement des dangers liés à la présence de ces déchets dans les anciennes décharges.

4.4.1. Recensement et classification des anciennes décharges

L'OFSP a développé une méthodologie visant à identifier les anciennes décharges susceptibles de contenir des déchets contaminés au radium issus de l'industrie horlogère et à les classer en trois catégories de risque associées à des mesures de protection appropriées. Ces travaux, menés en collaboration avec l'OFEV, la Suva et les cantons concernés, sont décrits dans un rapport technique²⁶.

Une liste de 15'000 anciennes décharges inscrites dans les cadastres cantonaux des sites pollués a constitué la base pour la sélection des anciennes décharges susceptibles de contenir des déchets contaminés au radium. L'approche appliquée prenait en compte la période

²⁶ Rapport technique sur le recensement et gestion des anciennes décharges susceptibles de contenir des déchets contaminés au radium, OFSP, 17 mars 2021 ([lien](#))

d'exploitation des anciennes décharges, limitée entre 1920 et 1970, et leur localisation géographique. En considérant l'hypothèse d'une élimination locale des déchets générés par le posage du radium, on a considéré les anciennes décharges comme susceptibles de contenir des déchets contaminés au radium lorsqu'elles étaient situées dans une commune avec au moins un bien-fonds potentiellement contaminé au radium selon l'inventaire de l'annexe 1. A cela s'ajoute les anciennes décharges localisées dans un rayon de deux kilomètres autour des communes de Bienne, La Chaux-de-Fonds et Granges (SO), qui regroupent plus de la moitié des biens-fonds potentiellement contaminés au radium.

Il n'est généralement pas possible de déterminer dans quelle décharge communale les déchets issus de biens-fonds particuliers ont été éliminés à l'époque. Pour cette raison, on a supposé que la probabilité pour une décharge de contenir des déchets contaminés au radium augmentait avec le nombre de biens-fonds dans lesquels de la peinture au radium avait été utilisée au sein de la commune et, à l'opposé, diminuait avec le nombre de décharges communales disponibles pour les éliminer. C'est donc le rapport du nombre de biens-fonds par décharge (BF/D) qui a été retenu comme indicateur de la probabilité qu'une décharge contienne ou non des déchets contaminés au radium. La méthode de classification tient donc compte du nombre de BF/D, mais aussi de la présence d'un important producteur de déchets contaminés au radium dans la commune concernée, par exemple un fabricant de peintures luminescentes (voir **annexe 2**).

Les anciennes décharges ainsi sélectionnées ont ensuite été classées en trois catégories de risque, selon que la présence de déchets contaminés au radium y soit très peu probable, probable ou avérée :

- La catégorie R-A « décharges pour lesquelles on ne s'attend à aucune nuisance due à la présence de déchets contaminés au radium » regroupe les décharges situées dans une commune avec un nombre de BF/D inférieur à 1 et sans présence d'un important producteur de déchets contaminés au radium. Pour ces anciennes décharges, aucune mesure de protection particulière n'est à entreprendre.
- La catégorie R-B « décharges nécessitant des mesures de radioprotection des travailleurs et de l'environnement en cas d'ouverture » regroupe les décharges situées dans une commune avec un nombre de BF/D situé entre 1 et 5 ou dans une commune concernée par la présence d'un important producteur de déchets contaminés au radium.
- La catégorie R-C « décharges nécessitant une surveillance radiologique » regroupe les décharges situées dans une commune avec un nombre de BF/D supérieur ou égal à 5 ou dans une commune concernée par la présence d'un important producteur de déchets contaminés au radium.

Cette méthodologie a été appliquée par les cantons principalement concernés, à savoir Berne, Genève, Jura, Neuchâtel et Soleure, pour attribuer à chaque décharge sélectionnée une catégorie de risque. Les cantons ont ainsi classé 253 anciennes décharges dans la catégorie de risque R-B, de manière provisoire ou définitive (voir 4.4.2) ; la liste associée est publiée depuis 2021 sur le site internet de l'OFSP²⁷. Aucune des anciennes décharges sélectionnées dans le cadre du plan d'action radium n'a été attribuée à ce jour à la catégorie de risque R-C ; on notera toutefois qu'il en existait déjà une auparavant, située à proximité du deuxième plus important fabricant de peinture luminescente au radium en Suisse. En plus de la publication de la liste, l'OFSP a demandé aux cantons d'ajouter à la partie interne du cadastre des sites pollués une mention sur les mesures à prendre en cas de travaux dans les décharges de la catégorie R-B, afin de garantir la pérennité de l'information.

Cette démarche ainsi que les mesures de protection à prendre en fonction de la catégorie de risque sont illustrées dans la figure 15.

²⁷ Liste des anciennes décharges pouvant contenir des déchets contaminés au radium, OFSP, état octobre 2023 ([lien](#))

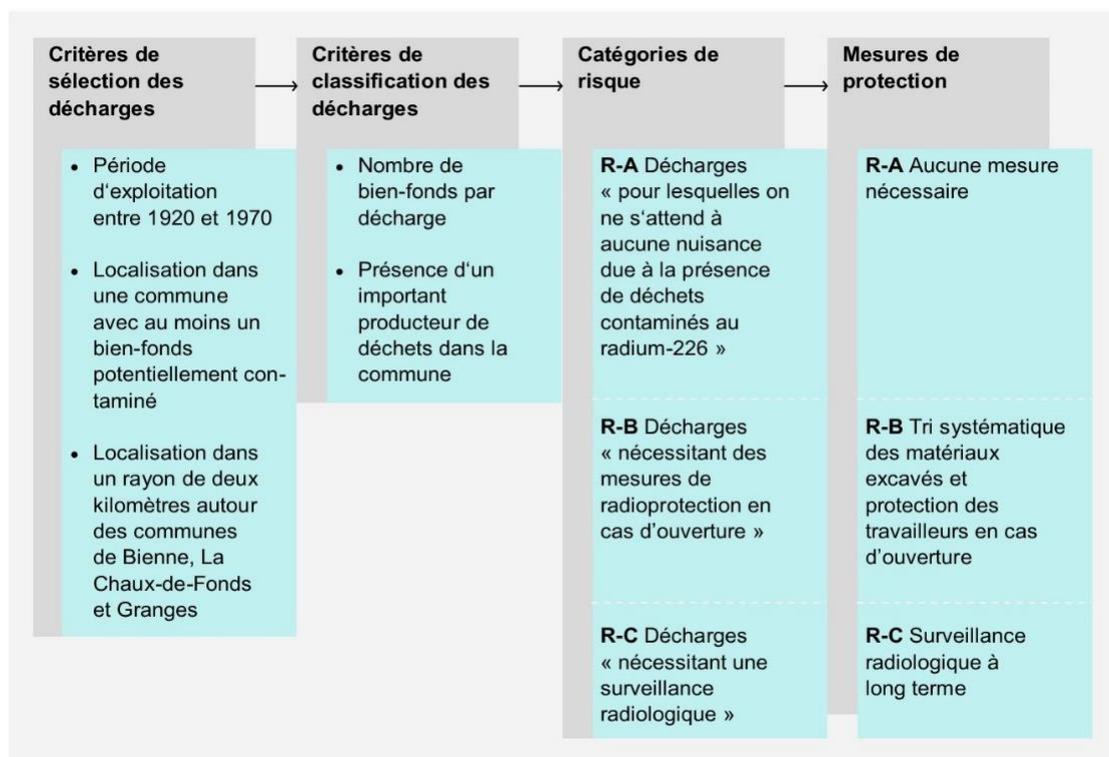


Figure 15 : Démarche de sélection et de classification des anciennes décharges susceptibles de contenir des déchets au radium, ainsi que mesures de protection associées

4.4.2. Actions de protection associées aux risques

Les actions de protection associées aux trois niveaux de risque ont été définies sur la base des résultats des mesures de la radioactivité effectuées par l'OFSP dans plusieurs anciennes décharges affectées par des contaminations au radium (notamment celles des Fléoles et du Marais de Mâche à Bienne). Ces mesures ont montré que les déchets contaminés au radium contenu dans les décharges étaient le plus souvent indétectables à la surface en raison de leur caractère ponctuel et de leur localisation en profondeur. En effet, les décharges étaient fréquemment recouvertes par une couche de terre après leur fermeture. Par ailleurs, le radium des peintures luminescentes étant peu soluble dans l'eau, les concentrations de radium-226 mesurées dans les eaux souterraines étaient bien inférieures à 500 mBq/L, garantissant le respect de la dose indicative de 0.1 mSv par an définie pour la consommation d'eau potable²⁸. Ce contexte, très différent de celui des biens-fonds contaminés au radium, explique pourquoi aucune mesure de radioprotection n'est requise tant que les déchets contaminés restent enfouis dans la décharge, un dépassement du niveau de référence de 1 mSv par an pour un membre du public dû à la présence de radium au sein d'une ancienne décharge étant improbable.

En revanche, en cas de travaux d'excavation sur une ancienne décharge classée en catégorie R-B, le risque pour les travailleurs qui entreraient en contact avec de tels déchets ne peut être exclu, tout comme une dissémination dans l'environnement. Pour les 253 décharges identifiées comme telles, des mesures de radioprotection, comme le tri systématique des matériaux, doivent être mis en œuvre en cas de travaux d'excavation (voir figure 16). A noter toutefois que, la période d'exploitation des décharges n'étant pas toujours renseignée dans les cadastres cantonaux, certaines décharges ont été classées provisoirement en catégorie R-B en vertu du principe de précaution et en attente d'une investigation administrative complémentaire. Cette investigation pourra avoir lieu uniquement en cas de besoin, au moment

²⁸ Ordonnance sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public du 16 décembre 2016 (OPBD, RS 817.022.11)

où des travaux d'excavation sur ladite décharge seront planifiés. Si les investigations permettent de conclure que la décharge n'était pas en exploitation durant la période concernée, aucune mesure de radioprotection ne sera nécessaire et la décharge pourra être déclassée. Le nombre de 253 anciennes décharges pourrait donc à terme être revu à la baisse.

Pour les décharges de la catégorie R-A, aucune mesure n'est requise. En effet, la présence de déchets contaminés au radium est jugée très peu probable, bien que cette éventualité ne puisse être totalement écartée. Il ne serait toutefois pas justifié de mettre systématiquement en place des mesures de radioprotection en cas de travaux sur de telles décharges, car dans ce cas, le risque radiologique pour les travailleurs et l'environnement serait comparable à celui encouru lors de travaux d'excavation sur n'importe quelle autre des 15'000 anciennes décharges inscrites au cadastre des sites pollués. Une trace pérenne de la classification dans la partie interne des cadastres cantonaux des sites pollués n'est pas non plus nécessaire. Les décharges de la catégorie R-A ne sont donc pas mentionnées sur la liste publiée par l'OFSP.



Figure 16 : Mesures de radioprotection dans une ancienne décharge susceptible de contenir des déchets contaminés au radium

4.4.3. Mise en œuvre pratique de la gestion des anciennes décharges

Le rapport technique et la liste des 253 anciennes décharges classées comme « nécessitant des mesures de radioprotection en cas d'ouverture » (catégorie R-B) ont été publiés en 2021, la mise à jour régulière de la liste des décharges incombant désormais aux cantons. L'OFSP a alors développé une nouvelle directive²⁹, de concert avec l'OFEV, la Suva et les cantons concernés, afin de préciser les modalités des mesures de radioprotection ainsi que les responsabilités des différents acteurs appelés à intervenir.

La directive prévoit une approche graduée pour les deux types de travaux suivants :

- Lors de sondages effectués dans le cadre d'investigations selon l'OSites, la directive prévoit une mesure du débit de dose sur les échantillons prélevés, permettant d'exclure toute contamination au radium avant leur analyse dans un laboratoire de chimie.
- Lors de travaux d'excavation conséquents (assainissement selon l'OSites ou projet de construction), l'autorité cantonale responsable des sites pollués est chargée d'informer l'autorité compétente pour les permis de construire au sujet des mesures de radioprotection nécessaires. Il est prévu que l'entreprise en charge des mesures de radioprotection demande une autorisation à l'OFSP avant le début des travaux. Pour l'obtenir, il faut d'une part disposer d'une personne experte en radioprotection au sens de l'ORaP. D'autre part, l'entreprise doit soumettre pour validation un concept de radioprotection, qui définit les mesures à effectuer et les actions à entreprendre en cas de découverte de matériel contaminé au radium, permettant son élimination conforme.

²⁹ Procédure lors de travaux sur d'anciennes décharges susceptibles de contenir des déchets contaminés au radium issus d'activités passées, OFSP, 11.10.2024 ([lien](#))

5. Ressources du plan d'action

5.1. Ressources financières

Le budget mis à disposition par la Confédération pour le Plan d'action radium 2015-2023 s'élève à 9 millions de francs³⁰. Les ressources financières allouées au plan d'action et les dépenses effectives pour les années 2016 à 2023 sont détaillées dans le tableau 4.

	2016	2017	2018	2019	2020 ¹⁾	2021 ¹⁾	2022	2023	Total
Crédit approuvé	1'000'000	1'500'000	1'500'000	1'000'000	360'000	1'140'000	1'000'000	1'500'000	9'000'000
Dépenses effectives	959'000	2'196'000	1'490'000	1'216'000	340'000	1'140'000	1'487'000	1'897'000	10'725'000

¹⁾ Montants ajustés en 2020 et 2021 en raison du report à 2023 du budget non utilisé pendant la pandémie de COVID-19

Tableau 4 : Ressources financières allouées au plan d'action et dépenses effectives

Les ressources financières ont avant tout été utilisées pour la gestion des biens-fonds contaminés au radium, avec environ 20% du budget consacré aux recherches historiques et aux diagnostics et 80% aux assainissements (incluant la décontamination, la remise en état et l'élimination des déchets faiblement contaminés). Au total, 10.725 millions de francs ont été dépensés dans le cadre du plan d'action, dépassant ainsi de 1.725 million de francs le budget alloué. Cet écart s'explique par un taux d'assainissement qui s'est maintenu, tout au long du projet, dans la fourchette haute des prévisions initiales. De plus, quelques assainissements de grande envergure, représentant plusieurs centaines de milliers de francs, ont dû être mis en œuvre. A cela s'ajoute l'élimination des déchets radioactifs du plan d'action radium au Centre fédéral de ramassage pour un coût total de 986'000 francs, financé par le budget ordinaire dédié à l'élimination des héritages radiologiques.

On notera qu'une partie du budget mis à disposition par la Confédération a été compensé par des contributions financières volontaires. En 2019, le Conseiller fédéral Alain Berset a organisé une table ronde avec des représentants des principales parties prenantes du plan d'action. Suite à cette table ronde, l'industrie horlogère s'est engagée volontairement à soutenir le plan d'action à hauteur de 400'000 francs. Les cantons principalement concernés (Berne, Neuchâtel et Soleure) ont contribué, quant à eux, à hauteur de 640'000 francs.

Au final, le plan d'action a coûté 10.671 millions de francs à la Confédération en considérant l'ensemble des dépenses et des recettes, sans compter les coûts en personnel.

Enfin, les coûts d'assainissement de six biens-fonds ont été pris en charge directement par les propriétaires en application du principe du pollueur-payeur, correspondent à un coût d'environ 250'000 francs.

5.2. Ressources humaines

L'OFSP disposait de deux collaborateurs supplémentaires à temps plein entre 2016 et 2023 pour la mise en œuvre du plan d'action. Ces postes ont fait l'objet d'un financement additionnel entre 2016 et 2019, puis ont été compensé entre 2020 et 2023 à l'intérieur du budget global de l'OFSP par une priorisation des tâches.

5.3. Bilan de l'utilisation des ressources

Le Contrôle fédéral des finances a mené un audit transversal de la gestion des substances problématiques par la Confédération, notamment le radium³¹. Le rapport d'audit conclut que le Plan d'action radium 2015-2023 illustre de manière exemplaire la manière dont la Confédération traite une substance problématique de manière globale. Il émet toutefois un bémol sur la mise en œuvre du principe du pollueur-payeur, les coûts d'assainissement ayant été pris en charge par la Confédération au sens d'une exécution par substitution.

³⁰ L'année 2015 a été financée par un crédit supplémentaire de 0.4 millions de francs

³¹ Querschnittsprüfung des Umgangs des Bundes mit problematischen Stoffen, EFK-23489, 2024 ([lien](#))

6. Bilan et enseignements du plan d'action

6.1. Gestion des biens-fonds potentiellement contaminés au radium

Ce chapitre vise à tirer le bilan et les principaux enseignements des trois axes d'action mis en œuvre pour la gestion des biens-fonds potentiellement contaminés au radium, ainsi que pour l'élimination des déchets d'assainissement qui s'est révélée complexe.

6.1.1. Recherches historiques

Dans son rapport d'évaluation, l'entreprise EBP Schweiz AG mentionne que les recherches sur les biens-fonds potentiellement contaminés étaient étendues, ciblées et donc très pertinentes. Elle approuve aussi l'approche priorisée (sur suspicion fondée) adoptée pour la sélection des biens-fonds à mesurer. Cependant, elle estime qu'il n'y a pas de déclaration objective possible sur l'exhaustivité de l'inventaire des biens-fonds potentiellement contaminés au radium. Il est en effet difficile de chiffrer le nombre non identifié de biens-fonds potentiellement contaminés au radium, notamment à cause du travail à domicile qui n'était à l'époque souvent pas annoncé à l'autorité compétente. L'effort à consentir pour recenser la proportion manquante des biens-fonds potentiellement contaminés ne serait pas acceptable. En conséquence, même si l'on peut raisonnablement considérer que la plupart des anciens lieux de posage du radium du domaine horloger ont été identifiés, la découverte future de nouvelles adresses à examiner et éventuellement à assainir est probable.

6.1.2. Diagnostics

Avec un taux de participation de 99%, les diagnostics dans les biens-fonds potentiellement contaminés au radium ont reçu un accueil très favorable de la part des propriétaires concernés, seuls sept propriétaires ayant refusé le diagnostic. Sur les 1093 biens-fonds examinés, 163 (soit 15%) ont révélé une nécessité d'assainissement. La majeure partie des contaminations au radium ont été découvertes dans les cantons à tradition horlogère de Berne, Neuchâtel et Soleure, principalement dans des logements et des jardins privés. Ainsi, les locaux où le radium a été manipulé sont restés durablement contaminés, même près d'un siècle après son utilisation dans l'industrie horlogère. Les personnes ayant vécu dans les appartements à assainir ont été exposées à des doses de radiation non acceptables, toutefois sans que des mesures de protection immédiates aient dûes être engagées. Rappelons qu'au moment du lancement du plan d'action, de grandes incertitudes subsistaient quant au niveau de contamination de ces biens-fonds, le risque d'une contamination sévère pour certains d'entre eux, conduisant à une mise en danger directe de la santé des occupants, ne pouvant pas être exclu d'emblée. On notera en outre la découverte de nombreuses fournitures horlogères contenant du radium lors des diagnostics, en particulier chez les horlogers. Dans le cadre de son évaluation, EBP Schweiz AG souligne la grande efficacité des diagnostics et salue le fait que les méthodes de mesure et de détermination des doses s'appuient sur des bases scientifiques validées par des pairs.

6.1.3. Assainissements

Le plan d'action radium a permis le développement de nouvelles compétences en matière de décontamination radiologique dans l'industrie suisse. Les pollutions au radium ont pu être réduites à des niveaux inférieurs à 1 mSv par an dans 99% des 163 biens-fonds à assainir, assurant ainsi leur habitabilité à long terme. Il n'a pas été nécessaire de prendre de mesures de restriction d'utilisation. Seul un site a fait l'objet d'un confinement en raison de l'impossibilité, selon l'état actuel de la technique, d'éliminer de grands volumes de terres fortement contaminés au radium, contenant en plus des pollutions chimiques. En outre, un propriétaire a refusé l'assainissement. Les faibles traces résiduelles de radium encore présentes dans près de 80% des bâtiments assainis conduisent à des doses bien inférieures au niveau de référence de 1 mSv par an. Par ailleurs, la présence de pollutions mixtes a nécessité la mise en œuvre d'une approche globale sur de nombreux chantiers. Au final, la Confédération a pris en charge les coûts d'assainissement dans plus de 96% des cas, le principe du pollueur-

payeur n'ayant pu être appliqué que dans six biens-fonds appartenant encore aujourd'hui aux entreprises responsables de la pollution.

Selon le CEPN, les réunions de planification organisées par l'OFSP en amont des assainissements 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. Il salue également la documentation des assainissements permettant une traçabilité à long terme de l'information, ainsi que l'amélioration constante des pratiques d'assainissement. L'entreprise EBP Schweiz AG mentionne l'efficacité et la durabilité des assainissements. Elle considère les assainissements (et les coûts d'assainissement) comme étant généralement proportionnés, avec d'importantes différences selon les cas. La grande acceptation des assainissements par les personnes concernées indique la qualité élevée de leur mise en œuvre. Elle estime par ailleurs que la procédure de gestion des contaminations mixtes était très pertinente et ciblée.

Enfin, il est important de souligner que les enseignements tirés du plan d'action radium sont aussi utiles pour la gestion future des situations d'exposition existantes, en particulier en cas de contamination durable du territoire suisse suite à un accident radiologique.

6.1.4. Élimination des déchets

La stratégie d'élimination des déchets d'assainissement utilise les flexibilités de l'ORaP, qui permet d'éliminer à un coût acceptable de grands volumes de déchets faiblement contaminés, améliorant ainsi la situation radiologique tout en apportant un bénéfice à la société. A titre d'exemple, il est préférable d'éliminer de grands volumes de déchets contaminés dans une décharge de type E que de les maintenir en l'état dans des jardins privés, en raison du risque d'incorporation du radium et de l'exposition des occupants au rayonnement externe. Les déchets faiblement contaminés au radium ont ainsi été éliminés de façon contrôlée en décharge de type E ou en installation d'incinération, si possible au sein-même du canton dans lequel ils avaient été produits, tout en limitant le nombre de sites et en assurant une traçabilité.

Les communes et cantons principalement concernés ont soutenu l'OFSP dans la recherche de solutions, tant pour le stockage temporaire des déchets faiblement contaminés au radium que pour leur élimination. A souligner que l'élimination des déchets inertes (notamment la terre) a représenté un défi tout au long du plan d'action. En effet, les décharges de type E présentent l'avantage d'une traçabilité à long terme des contaminations. Néanmoins, elles sont relativement peu nombreuses dans les cantons concernés et il a été difficile de trouver des exploitants favorables à reprendre ces déchets. A cela s'ajoute l'abaissement d'un facteur 4 de la limite de libération pour le radium dans le cadre de la révision de l'ORaP, limitant ainsi les volumes de déchets inertes pouvant être éliminés en décharge de type E à partir de début 2018. La présence additionnelle de pollutions mixtes dans certains jardins a engendré une complexité supplémentaire à l'élimination de ces déchets, car il a fallu en plus respecter les limites pour les polluants chimiques de la législation sur la protection de l'environnement.

L'OFSP a tenté, par des mesures de tri, de minimiser les volumes de déchets radioactifs en raison de leur coût d'élimination élevé. Au final, les coûts liés à l'élimination des 4650 m³ de déchets faiblement contaminés au radium ont été comparables à ceux de l'élimination des 6.6 m³ de déchets radioactifs. Par ailleurs, la présence de traces de mercure dans les terres radioactives a entravé leur élimination au Centre fédéral de ramassage, lequel s'avère peu adapté à ce type de déchets.

6.2. Gestion des anciennes décharges pouvant contenir des déchets au radium

L'OFSP a développé une approche graduée en fonction du risque pour la gestion des anciennes décharges susceptibles de contenir des déchets contaminés au radium issus de l'industrie horlogère, en collaboration avec l'OFEV, la Suva et les cantons concernés. S'agissant d'anciennes décharges, la démarche s'est appuyée sur la politique nationale de gestion

des sites pollués. Ainsi, 253 anciennes décharges ont été classées dans les cantons de Berne, Genève, Jura, Neuchâtel et Soleure comme nécessitant des mesures de radioprotection en cas d'ouverture (catégorie R-B). Dans le cadre du plan d'action, aucune ancienne décharge n'a été classée comme nécessitant une surveillance radiologique à long terme (catégorie R-C), soulignant ainsi le caractère ponctuel des pollutions au radium dans les anciennes décharges.

L'évaluation de l'entreprise EBP Schweiz AG met en évidence la pertinence du recensement des anciennes décharges au moyen des données des cadastres cantonaux des sites pollués ainsi que des recherches historiques complémentaires. La gestion et la surveillance à long terme des anciennes décharges sont conçues de manière judicieuse et durable. Elle relève toutefois que les données des cadastres cantonaux des sites pollués, de qualité variable, n'étaient pas toujours suffisantes pour localiser les décharges potentiellement contaminées au radium.

Depuis la publication en 2021 du rapport technique, plusieurs sondages et projets d'assainissement ou de construction ont été réalisés sur des anciennes décharges de la catégorie R-B. Les mesures mises en œuvre ont révélé la présence de radium dans deux de ces anciennes décharges. L'OFSP a apporté un soutien technique aux entreprises d'ingénierie environnementale chargées de suivre les travaux sur des sites pollués, dont les connaissances en matière de radioprotection font encore souvent défaut. La nouvelle directive de l'OFSP indiquée au chapitre 4.4.3 permet de fixer les modalités de surveillance ainsi que les responsabilités des différents acteurs appelés à intervenir, afin que ces derniers puissent gagner en autonomie.

6.3. Atteinte des objectifs de protection

Les mesures mises en œuvre dans les quatre axes d'action poursuivaient la protection de la santé de la population et des travailleurs, ainsi que de l'environnement.

6.3.1. Réduction du risque radiologique pour la population concernée

Même un siècle après l'utilisation de peintures au radium dans l'horlogerie, le plan d'action a montré que 15% des biens-fonds mesurés étaient restés durablement contaminés et susceptibles d'exposer les occupants à des doses de radiation supérieures à 1 mSv par an. Aujourd'hui, les anciens ateliers de posage du radium sont en grande partie alloués à des fins d'habitation impliquant de longs temps de séjour. Le radium étant un agent cancérigène avéré pour l'être humain³², une exposition chronique de la population à des contaminations supérieures au niveau de référence de 1 mSv par an n'est pas acceptable. Dans son avis d'expert³³, le CEPN estime que le niveau de référence de 1 mSv par an constitue un objectif de protection à la fois "raisonnable" et "ambitieux" pour les raisons suivantes :

- Un niveau de référence proche de 0 (retrait total de la contamination) aurait entraîné une augmentation massive des coûts d'assainissement et d'élimination des déchets, bien au-delà du budget alloué, sans gain significatif en termes de dose et donc de risque.
- On ne peut pas non plus qualifier le niveau de référence de 1 mSv par an de trop conservateur, si on le compare aux limites de la législation suisse sur la protection de l'environnement pour les polluants chimiques³⁴.

Les assainissements menés dans le cadre du plan d'action ont permis de décontaminer les bâtiments et de garantir leur habitabilité à long terme. Afin d'apprécier le gain dosimétrique lié à l'assainissement des logements sur l'ensemble du plan d'action, le CEPN a évalué la réduction de l'exposition en termes de dose collective, c'est-à-dire la somme des doses individuelles épargnées, qu'il juge significative du point de vue de la radioprotection au regard des moyens déployés.

³² [List of Classifications – IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans \(who.int\)](#)

³³ Avis du CEPN sur les aspects de radioprotection du plan d'action radium 2015-2023, 30 septembre 2024

³⁴ Détermination des valeurs de concentration et des valeurs limites, OFEV, 2013

En raison de leur proximité avec les contaminations au radium situées au niveau des sols, aussi bien dans les logements que dans les jardins, les enfants étaient particulièrement exposés, faisant d'eux les principaux concernés par le scénario le plus pénalisant. Rappelons qu'à exposition égale aux rayonnements ionisants, le risque de cancer associé est nettement plus élevé chez les enfants que chez les adultes. Si l'on considère l'exemple d'un enfant habitant depuis sa naissance dans un bien-fonds contaminé au radium dans lequel il aurait reçu une dose de l'ordre de 5 mSv par an en l'absence d'assainissement et en admettant que l'assainissement réduise cette dose bien en dessous de 1 mSv par an, la dose évitée pour cet enfant au cours des vingt premières années de sa vie serait de 100 mSv, correspondant à une augmentation du risque de mortalité par cancer sur la vie entière de l'ordre de 1%^{35/36}. Cette réduction du risque est significative à l'échelle individuelle et contribue en particulier à abaisser le risque de mortalité prématuré par cancer.

Si aucune action n'avait été entreprise, cela aurait impliqué d'accepter une répartition inégale des doses individuelles et des risques associés au sein de la population, affectant à la fois les générations actuelles et futures, ce qui soulève des questions éthiques. De plus, certains occupants auraient été contraints de vivre dans un habitat contaminé au radium en toute connaissance de cause, ou auraient appris de manière fortuite la présence de radium dans leurs habitations. Même s'ils sont difficiles à évaluer, les impacts de telles situations sur le bien-être et la santé mentale des personnes directement concernées ne peuvent être négligés³⁷. En effet, dans la plupart des situations où des personnes ont dû vivre sur un site contaminé, les effets psychologiques, tels que l'anxiété due à l'incertitude liée à l'exposition, se sont avérés significatifs.

6.3.2. Réduction du risque radiologique pour les travailleurs

Le recours à des entreprises spécialisées, autorisées et dotées d'un expert en radioprotection pour l'assainissement des biens-fonds a permis de minimiser les risques pour les travailleurs. La surveillance dosimétrique des collaborateurs intervenant dans les chantiers de décontamination a montré que leur protection avait pu être assurée (voir chapitre 4.3.1). De plus, la dépollution des biens-fonds contaminés au radium présente non seulement l'avantage de protéger les occupants, mais aussi les ouvriers appelés à intervenir lors de futurs travaux de rénovation. La protection des travailleurs restera une priorité à l'avenir, car il est prévu d'assurer une surveillance dosimétrique du personnel intervenant lors de futurs travaux d'excavation dans des anciennes décharges de la catégorie R-B.

6.3.3. Réduction de la contamination dans les jardins et dans l'environnement

En ce qui concerne les jardins, le CEPN estime que le critère opérationnel de 1000 Bq/kg est cohérent avec le niveau de référence de 1 mSv par an. Les diagnostics ont mis en évidence des contaminations massives dans les jardins privés (voir chapitre 4.2.4). L'assainissement a donc permis de rétablir la qualité des sols dans l'environnement immédiat des zones habitées pour les générations futures, sachant que la demi-vie du radium-226 est d'environ 1600 ans. Selon les hypothèses retenues³⁸, la concentration de radium pourrait atteindre 10 Bq/kg dans les légumes (soit un marquage non négligeable correspondant à la limite de libération pour le radium fixée dans l'annexe 3 de l'ORaP), lorsqu'ils sont cultivés dans une terre avec une contamination de 1000 Bq/kg. Si l'on admet une consommation annuelle³⁹ de 20 kg pour

³⁵ Si l'on admet une relation linéaire entre la dose et le risque à faible dose (modèle LNT), on peut en extrapolant le risque inférer un risque de décès par cancer associé à l'exposition aux radiations de 10% par Sv pour les enfants (voir aussi [Rapport concernant l'état des connaissances sur les risques des radiations ionisantes à faibles doses \(admin.ch\)](#))

³⁶ Cette estimation est entachée d'une grande incertitude (facteur ± 10)

³⁷ ICRP Task Group 98 Application of the Commission's Recommendations to Exposures Resulting from Contaminated Sites from Past Industrial, Military and Nuclear Activities ([lien](#))

³⁸ Le facteur de transfert sol-légumes utilisé est de 1% selon la littérature. Les valeurs du facteur de transfert mesurées par l'OFSP étaient toujours inférieures à ce pourcentage. On relèvera toutefois le caractère limité de cette étude, en raison du nombre restreint d'analyses en laboratoire de légumes.

³⁹ Scénario prenant en compte une quantité réaliste de légumes contaminés

un adulte et de 5 kg pour un enfant de légumes cultivés dans un potager privé avec une concentration de radium de 1000 Bq/kg, la dose annuelle efficace résultant de l'ingestion de radium serait toutefois inférieure au niveau de référence de 1 mSv par an.

Enfin, les mesures de radioprotection appliquées sur les chantiers de décontamination, ainsi que l'élimination contrôlée des déchets, ont permis d'éviter la dispersion de pollutions au radium dans l'environnement. Le suivi à long terme en cas de travaux d'excavation dans les anciennes décharges de la catégorie R-B contribuera également à cet objectif.

6.4. Enseignements particuliers

6.4.1. Communication et engagement des parties prenantes

Afin de répondre au besoin accru d'information au début du plan d'action, l'OFSP a organisé des rencontres avec la population et les médias en collaboration avec les communes de Bienne et de La Chaux-de-Fonds. Il a aussi informé activement sur certains cas spécifiques, par exemple la découverte de contaminations dans une ancienne crèche à Bienne (voir chapitre 4.2.3). De plus, des communiqués de presse ont été publiés lors des étapes importantes du plan d'action telles que la publication de la recherche historique ainsi que les décisions de prolongation du Conseil fédéral. L'OFSP a également actualisé deux fois par an l'état d'avancement du plan d'action sur son site internet⁴⁰. Ces divers enseignements ont contribué à l'élaboration d'un concept sur la communication en cas d'événements radiologiques (voir également 14.3610 Interpellation Trede⁴¹), en particulier pour les événements d'intérêt public, désormais concrétisés dans l'article 196 de l'ORaP.

L'OFSP a engagé des actions ciblées pour sensibiliser le milieu horloger sur la problématique du radium, en élaborant notamment une fiche d'information sur la manipulation de montres et de composants d'horlogerie contenant du radium⁴². Il a installé à plusieurs reprises des stands d'information dans des foires horlogères et observé de nombreuses fournitures au radium (aiguilles, cadrans, peinture luminescente) en circulation sur le marché.

L'OFSP a régulièrement informé les autorités communales et cantonales concernées sur l'état de l'inventaire ainsi que sur les résultats des diagnostics et des assainissements, conformément aux articles 152 et 153 de l'ORaP. Le Groupe d'accompagnement a permis un échange régulier avec les parties prenantes. Les cantons et les communes ont joué un rôle de facilitateur dans la mise en œuvre pratique du plan d'action. Selon EBP Schweiz AG, l'OFSP a assumé un rôle de leader clair et fort et sa collaboration avec les autorités cantonales et communales a permis d'atteindre les objectifs fixés. EBP Schweiz AG ajoute que la communication vis-à-vis des autorités et des personnes concernées était hautement pertinente et s'est améliorée au fil du temps. Selon le CEPN, 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.

6.4.2. Cadre légal en radioprotection concernant les héritages radiologiques

Au début du plan d'action, il n'existait pas de dispositions légales pour la gestion des héritages radiologiques en Suisse. L'OFSP a profité de la révision totale de l'ORaP, entrée en vigueur en 2018, pour combler ces lacunes (voir chapitre 2.2). Par ailleurs, la LRaP fait actuellement l'objet d'une révision partielle visant à préciser l'application du principe du pollueur-payeur ancré dans l'article 4 de la LRaP pour de nombreux domaines, en particulier les héritages radiologiques. Dans ce cadre, le projet de révision vise à introduire une base légale formelle pour la prise en charge des coûts d'assainissement de sites ou de biens-fonds contaminés, notamment par du radium, selon un mécanisme similaire à celui de la loi sur la

⁴⁰ www.baq.admin.ch/heritages-radium

⁴¹ [14.3610 | Nouveaux cas de contamination radioactive à Bienne. Il faut des procédures de communication claires | Objet | Le Parlement suisse \(parlament.ch\)](https://www.parlament.ch/fr/r/d/text/document/14.3610)

⁴² Fiche d'information sur la manipulation de montres et de composants d'horlogerie contenant du radium, OFSP, V2.1 du 21 juin 2024 ([lien](#))

protection de l'environnement (LPE) (voir également 22.3936 Interpellation Munz⁴³). Suite à la révision la LRaP, de nouvelles dispositions devront être fixées dans le cadre de la prochaine révision de l'ORaP (voir chapitre 7).

6.4.3. Impact sur les concentrations de radon dans l'habitat

Le processus d'assainissement lié au radium incluait un suivi de la concentration de radon-222 dans l'air intérieur, en tant que produit de filiation du radium-226. Dans les appartements assainis, la concentration de radon a pu être abaissée jusqu'à un facteur 10 suite à la décontamination liée au radium, passant d'environ 2000 Bq/m³ à un niveau inférieur à 200 Bq/m³ dans le cas le plus extrême. Cela constitue un impact supplémentaire du plan d'action radium, contribuant aux objectifs de la stratégie nationale de protection contre le radon⁴⁴. En raison de la large utilisation passée de radium dans une ville comme La Chaux-de-Fonds, il est probable qu'une partie des pollutions au radon dans les bâtiments soient issues de contaminations résiduelles de radium horloger dans les sols et les canalisations. Cette part est toutefois difficilement quantifiable par rapport au fort potentiel naturel d'émanation de radon dans l'Arc jurassien.

6.4.4. Aspects scientifiques

L'OFSP a pu compter sur l'appui scientifique du PSI et de l'IRA pour les aspects métrologiques liés aux mesures de diagnostics et pour l'élimination des déchets, permettant d'assurer la qualité des procédures développées. On mentionnera dans ce cadre la publication scientifique de l'IRA sur le modèle d'équivalent de dose ambiant pour la contamination par le radium⁴⁵. Comme évoqué au chapitre 4.2.1, l'OFSP a publié un article scientifique revu par des pairs sur la méthodologie appliquée pour définir les critères de diagnostic et pour évaluer les doses efficaces à partir des mesures effectuées. On notera que les modèles sont basés sur l'hypothèse de l'équilibre complet du radium-226 avec ses produits de filiation. Les mesures réalisées par la suite sur des échantillons contaminés ont toutefois montré que l'équilibre n'était généralement pas atteint⁴⁶. Malgré cela, ces résultats n'impactent pas sensiblement les procédures de diagnostic utilisées. De plus, l'OFSP prépare actuellement un autre article sur les méthodes de gestion des déchets. Enfin, le plan d'action radium a suscité un vif intérêt de la communauté scientifique internationale. La Commission internationale de protection radiologique (CIPR)⁴⁷ élabore actuellement un rapport sur les sites contaminés en raison d'activités industrielles passées qui présente comme cas d'étude la gestion des héritages au radium en Suisse. Dans ce cadre, elle prévoit de réduire sur le long terme les expositions de la population associées à ces sites à un niveau proche de 1 mSv par an.

7. Mesures à prendre au-delà du plan d'action

Bien que le plan d'action radium ait atteint ses objectifs, certains points restent encore ouverts au terme de la réalisation du plan d'action et devront être intégrés aux prestations de base de l'OFSP.

7.1. Gestion à long-terme des biens-fonds

Si l'on peut raisonnablement considérer que la plupart des biens-fonds contaminés au radium ont été identifiés et assainis, la future découverte de nouveaux biens-fonds contaminés est probable. De plus, il est important d'assurer une traçabilité à long terme des contaminations résiduelles. Les mesures suivantes s'avèrent donc nécessaires au-delà du plan d'action radium.

⁴³ [22.3936 | Peintures radioactives. Le principe du pollueur-payeur ne s'applique-t-il pas à l'industrie horlogère ? | Objet | Le Parlement suisse \(parlament.ch\)](#)

⁴⁴ Plan d'action sur le radon 2021-2030, OFSP ([Plan d'action sur le radon 2021-2030 \(admin.ch\)](#))

⁴⁵ Desorgher L., Bochud F., Flury T., Murith C., Baechler S., Bailat C., Model of ambient dose equivalent for radium contamination: Dependence on the geometry of the source, Journal of Environmental Radioactivity, 2018

⁴⁶ Les activités des produits de filiation correspondaient en moyenne à environ 40% de celles du radium-226

⁴⁷ ICRP Task Group 98 Application of the Commission's Recommendations to Exposures Resulting from Contaminated Sites from Past Industrial, Military and Nuclear Activities ([lien](#))

7.1.1. Pérennisation de l'information

Dans son évaluation, l'entreprise EBP Schweiz AG relève l'importance d'assurer une traçabilité à long terme de l'inventaire du radium et en particulier des contaminations résiduelles dans les biens-fonds. Elle encourage l'OFSP à partager (et mettre régulièrement à jour) cette information avec les communes et cantons concernés. Elle recommande aux autorités délivrant les permis de construire de fixer des mesures de radioprotection, par le biais de charges, lors travaux de construction dans les biens-fonds avec des traces résiduelles de radium (qui en l'état, ne représentent pas de risque, mais qui seraient remobilisées en cas de travaux majeurs), permettant de protéger les travailleurs et d'éliminer les déchets de manière conforme. L'OFSP tient l'inventaire des biens-fonds potentiellement contaminés au radium, ainsi que les résultats des diagnostics et assainissements. Il est désormais prévu d'intégrer cet inventaire au futur Portail sur le radon, afin de pérenniser l'information, tout en fournissant un accès aux autorités communales et cantonales concernées. Les bases légales nécessaires devront être élaborées dans le cadre de la prochaine révision de l'ORaP. Cette révision sera aussi l'occasion d'étudier la possibilité d'une inscription des contaminations résiduelles dans le Cadastre des restrictions de droit public à la propriété foncière (RDPPF)⁴⁸.

7.1.2. Maintien des compétences techniques

L'OFSP étant appelé à effectuer des diagnostics à l'avenir, il doit pouvoir maîtriser à long terme les procédures et disposer d'instruments de mesure adéquats, tout en étant apte à détecter des pollutions mixtes. Il faut aussi veiller au maintien des compétences des entreprises d'assainissement, permettant d'avoir recours à leurs services pour de futurs travaux.

7.1.3. Financement à long terme

Si l'OFSP pourra effectuer à l'avenir des diagnostics isolés dans le cadre de ses prestations de base sans frais pour les propriétaires, la prise en charge des coûts d'assainissement sera réglée dans le cadre de la révision actuelle de la LRaP, qui prévoit d'acquérir les bases légales nécessaires à l'application du principe du pollueur-payeur pour les héritages radiologiques, selon un mécanisme similaire à celui de la LPE (voir chapitre 6.4.2). Ce mécanisme implique notamment une clef de répartition des coûts entre le perturbateur par comportement (pollueur), le perturbateur par situation (détenteur du site ou du biens-fonds) et la Confédération. A noter toutefois que, contrairement aux sites pollués soumis à la LPE, les responsables des contaminations liées au radium ne peuvent être identifiés que dans de très rares cas. Par conséquent, la Confédération devrait prendre en charge les coûts de défaillance en l'absence de pollueurs. Le nombre d'assainissements futurs est estimé à deux par an, correspondant à un coût d'environ 100'000 francs à la charge de la Confédération. Si un site impliquant d'importantes contaminations au radium devait être découvert à l'avenir, la Confédération pourrait être confrontée à des coûts plus élevés.

7.2. Gestion à long-terme des anciennes décharges

La gestion des héritages au radium dans les anciennes décharges s'inscrivant sur le long terme, les actions prévues sont détaillées dans ce chapitre.

7.2.1. Responsabilité et financement

Selon le rapport technique mentionné au chapitre 4.4.1, les cantons concernés (Berne, Genève, Jura, Neuchâtel et Soleure) sont en charge de l'actualisation régulière de leur liste respective relative aux anciennes décharges. Pour ce faire, l'OFSP informera ces cantons en cas de découverte de nouveaux biens-fonds potentiellement contaminés, afin qu'ils puissent évaluer si d'autres anciennes décharges sont touchées. Par ailleurs, la nouvelle directive élaborée par l'OFSP (voir chapitre 4.4.3) fixe les modalités et les responsabilités dans la mise en œuvre concrète des mesures de radioprotection à prendre en cas d'ouverture d'une

⁴⁸ Cadastre des restrictions de droit public à la propriété foncière (Cadastre RDPPF, Swisstopo ([lien](#)))

décharge classée en risque R-B. Il incombe en particulier aux autorités cantonales responsables des sites pollués d'informer les acteurs impliqués de la protection requise (autorités délivrant les permis de construire, maîtres d'ouvrage, bureaux spécialisés dans les sites pollués...). Ces dispositions devront être reprises dans le cadre de la prochaine révision de l'ORaP. Comme indiqué aux chapitres 6.4.2 et 7.1.3, la révision actuelle de la LRaP prévoit d'élaborer les bases légales nécessaires à l'application du principe du pollueur-payeur pour les héritages radiologiques. A la différence des biens-fonds, on ne s'attend pas à devoir assainir une ancienne décharge en raison d'une contamination au radium. Ainsi, l'application du principe du pollueur-payeur concerne avant tout l'élimination conforme des déchets.

7.2.2. Acquisition et maintien des compétences techniques

Selon la directive de l'OFSP, les travaux d'excavation conséquents (assainissement selon l'OSites ou projet de construction) dans une décharge classée en risque R-B sont soumis à l'autorisation de l'OFSP. Le développement de nouvelles compétences, notamment par la formation d'experts en radioprotection au sein des entreprises spécialisées dans les travaux d'excavation sur des sites pollués, revêt ainsi une importance toute particulière. Il s'agit là de créer des synergies, ces entreprises étant appelées à intervenir sur de tels chantiers. EBP Schweiz AG recommande à l'OFSP et à l'OFEV de poursuivre leur collaboration pour la gestion des contaminations mixtes.

7.2.3. Suivi de la stratégie de gestion du radium horloger

D'entente avec les cantons, l'OFSP procédera à un suivi et à une réévaluation périodique de la stratégie de gestion du radium horloger et en particulier du processus de classification des anciennes décharges, sur la base du retour d'expérience à long terme chez les cantons⁴⁹. Il s'agira en particulier d'évaluer la proportion de décharges classées en catégorie R-B, dans lesquelles des déchets contaminés au radium ont effectivement été détectés lors de travaux d'excavation. Si cette proportion devait être trop faible ou trop élevée, les critères pourraient être respectivement durcis ou élargis et le processus modifié en conséquence. La fréquence de ce suivi périodique n'est pas définie ici, car elle dépendra du nombre d'anciennes décharges concernées par des travaux chaque année : un rythme quinquennal semble toutefois raisonnable. Le processus (communication systématique des retours d'expérience et réévaluation des cantons) doit encore être définis par l'OFSP en accord avec les cantons.

7.2.4. Mise en place d'une vigilance sur les héritages au radium en dehors de l'horlogerie

La méthodologie mise en place dans le cadre du plan d'action radium pour la gestion des anciennes décharges ne s'appliquait qu'au radium horloger. Pourtant, il est connu que des objets ou matériaux contenant du radium ont été largement utilisés dans d'autres domaines, tels que la médecine, l'industrie ou le secteur militaire⁵⁰. Avant l'entrée en vigueur de la législation sur la radioprotection, ces objets ont pu être jetés dans les ordures ménagères sans précautions particulières ou dans des décharges pour les déchets spéciaux sans qu'ils soient répertoriés. La découverte en 2024 de pollutions au radium dans une ancienne décharge du canton de Fribourg, dans lequel la recherche historique menée dans le cadre du plan d'action radium n'a indiqué aucune utilisation de radium horloger, en est la confirmation. Cela souligne l'importance de maintenir une vigilance adaptée en fonction du risque sur la présence de radium non horloger dans les 15'000 anciennes décharges inscrites au cadastre des sites pollués. On prévoit dans ce cadre une gestion au cas par cas (suspicion selon le type de décharge ou encore sur la base d'informations ou de découvertes), sans engager des recherches historiques et des contrôles systématiques, à la vue du faible risque associé et des ressources à engager. Les contrôles de la radioactivité mis en place ou prévus à l'entrée des filières conventionnelles d'élimination des déchets au sens de l'ORaP permettront d'affiner la démarche.

⁴⁹ Chapitre 5.2 du Rapport technique sur le recensement et gestion des anciennes décharges susceptibles de contenir des déchets contaminés au radium, OFSP, 17 mars 2021 ([lien](#))

⁵⁰ Recommandation de la CPR concernant la gestion des héritages radiologiques, janvier 2003

7.3. Gestion des objets, montres et fournitures horlogères au radium

De nombreuses fournitures au radium (montres, aiguilles, cadrans, kit de peinture luminescente, meubles horlogers...) sont encore en circulation sur le marché. Lors des diagnostics, l'OFSP a en outre observé que bon nombre d'horlogers utilisaient encore aujourd'hui des fournitures au radium pour réparer de vieilles montres et manipulaient même de la peinture au radium au moyen d'anciens kits, sans toutefois disposer d'une autorisation. A cela s'ajoute les nombreux objets détectés chaque année aux portiques de détection de la radioactivité installés à l'entrée des installations d'incinération. Il est donc nécessaire d'acquérir de meilleures connaissances sur l'usage actuel d'objets contenant du radium en Suisse, en collaboration avec l'industrie horlogère et la Suva, et d'évaluer plus en détail les risques sanitaires associés à leur possession, leur manipulation, leur utilisation à des fins d'exposition, leur circulation sur le marché et le commerce de tels objets. Ainsi, des mesures adéquates et proportionnées au risque pourront, le cas échéant, être définies par le biais de nouvelles dispositions légales ou de recommandations. Cette démarche s'inscrit également dans le cadre des mesures prévues par le Plan d'action Radiss 2020-2025, prolongé jusqu'en 2028⁵¹.

7.4. Réflexion sur l'élimination des déchets

Les enseignements du plan d'action ont montré qu'il n'existait actuellement pas de filière d'élimination en Suisse pour de grands volumes de déchets fortement contaminés au radium, contenant en plus des pollutions chimiques. Selon l'ORaP, les terres avec une concentration de radium dépassant la limite de 10'000 Bq/kg ne peuvent en effet pas être éliminées en décharges de type E. Elles ne peuvent pas non plus être éliminées au Centre fédéral de ramassage à cause des pollutions chimiques, notamment le mercure. Des réflexions doivent donc être engagées afin de définir une filière d'élimination appropriée pour ce type de déchets, répondant à la fois aux exigences des législations en matière de radioprotection et de protection de l'environnement. Une fois cette filière définie, l'ancien site industriel situé dans le canton de Bâle-Campagne (voir chapitre 4.3.4) pourra être durablement assaini. Il n'est en outre pas exclu que des contaminations similaires soient découvertes à l'avenir dans d'autres biens-fonds ou anciennes décharges.

8. Conclusions et perspectives

Prévu à l'origine pour cinq ans, le Plan d'action radium 2015-2023 s'est finalement étendu sur dix ans, révélant l'ampleur de l'utilisation historique du radium dans l'industrie horlogère suisse, ainsi que des contaminations résiduelles associées. Les vastes recherches historiques engagées, ainsi que l'acceptance élevée des diagnostics et des assainissements chez les propriétaires, ont permis de maîtriser la problématique des biens-fonds contaminés au radium, garantissant leur habitabilité à long terme. De plus, une approche graduée en fonction du risque a été développée pour la gestion des anciennes décharges susceptibles de contenir des déchets contaminés au radium. Ainsi, le plan d'action a atteint ses objectifs en termes de protection de la santé de la population et des travailleurs, ainsi que de l'environnement. Avec ce plan d'action, une approche orientée vers l'avenir a été privilégiée, afin de préserver les générations futures des pollutions au radium, en parfaite adéquation avec les démarches de développement durable.

Bien que les travaux dans les biens-fonds soient très largement avancés, le suivi radiologique des plus de 250 anciennes décharges susceptibles de contenir des déchets au radium horloger s'inscrit dans une perspective à long terme. À l'avenir, il sera essentiel d'intégrer le principe du pollueur-payeur dans la législation sur la radioprotection pour ces héritages, tout en pérennisant l'information et en consolidant la collaboration avec les parties prenantes. En dix ans, ce plan d'action a permis de régler un grand nombre de situations associées aux héritages du radium et de définir un cadre adéquat pour gérer les situations à venir.

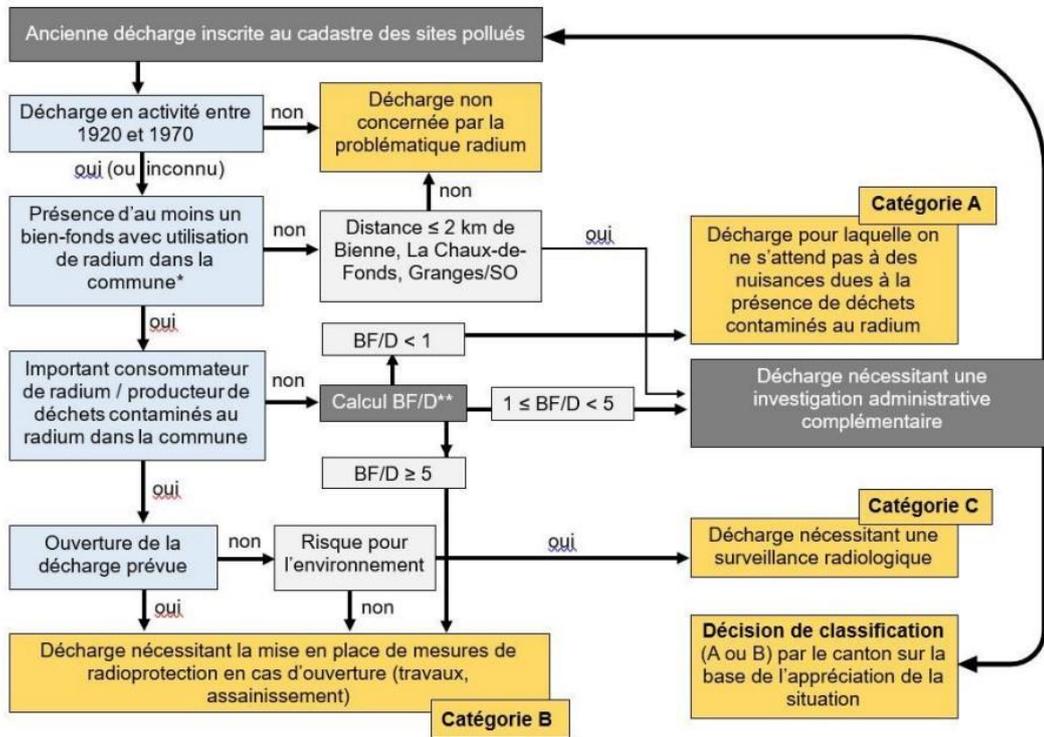
⁵¹ Plan d'action 2020-2025 visant à renforcer la sûreté et la sécurité radiologiques en Suisse (Radiss), OFSP ([lien](#))

Annexe 1 : Inventaire des biens-fonds potentiellement contaminés au radium (selon l'état au 31.12.2023)

Canton	Nombre de biens-fonds
Canton de Berne	326
Bern	7
Biel/Bienne	205
Brügg	1
Büren an der Aare	1
Cortébert	1
Erlach	1
Hasle b. Burgdorf	2
Kräiligen	2
La Ferrière	1
La Neuveville	1
Lengnau b. Biel	8
Loveresse	1
Lyss	1
Meinisberg	1
Moutier	4
Nidau	14
Orpund	8
Péry-La Heutte	4
Pieterlen	1
Reconvilier	1
Renan	1
Safnern	4
Saint-Imier	16
Sonceboz	1
Sonvilier	2
Tavannes	15
Tramelan	20
Villeret	2
Canton de Bâle-Campagne	15
Bubendorf	1
Gelterkinden	1
Hölstein	2
Langenbruck	3
Niederdorf	2
Oberdorf	1
Tecknau	1
Waldenburg	3
Ziefen	1
Canton de Bâle-Ville	1
Basel	1
Canton de Genève	38
Bellevue	1
Carouge	1
Chêne-Bougeries	1
Genève	34
Petit-Lancy	1
Canton du Jura	29
Alle	1
Courgenay	2
Delémont	4
Fontenais	3
Le Noirmont	3
Les Bois	1
Les Breuleux	1
Porrentruy	11
Saignelégier	3
Canton de Lucerne	4
Luzern	4
Canton de Neuchâtel	456
La Brévine	1
La Chaux-de-Fonds	360
La Grande Beroche	1
La Sagne	2
Le Locle	26
Les Ponts-de-Martel	1
Neuchâtel	43
Milvignes	3
Val-de-Ruz	2
Val-de-Travers	17

Canton	Nombre de biens-fonds
Canton de Saint-Gall	1
Bazenheid	1
Canton de Schaffhouse	1
Schaffhausen	1
Canton de Soleure	187
Aedermannsdorf	1
Balsthal	1
Bellach	3
Bettlach	7
Biberist	5
Breitenbach	1
Derendingen	1
Flumenthal	1
Gerlafingen	3
Grenchen	60
Günsberg	3
Herbetswil	1
Holderbank	2
Langendorf	15
Lommiswil	2
Luterbach	1
Matzendorf	1
Mümliswil	2
Oensingen	1
Olten	10
Rechterswil	1
Selzach	1
Solothurn	38
Trimbach	1
Welschenrohr	11
Wolfwil	13
Zuchwil	1
Canton du Tessin	8
Arogno	1
Bissone	1
Isone	1
Locarno-Solduno	1
Losone	1
Lugano	3
Canton de Vaud	25
Belmont-sur-Lausanne	1
Lausanne	10
Le Chenit	1
Le Sentier	2
L'Orient	1
Pully	1
Rolle	1
Sainte-Croix	1
St-Sulpice	1
Vallorbe	3
Vevey	3
Canton de Zürich	9
Küsnacht	1
Weiningen	1
Zürich	7
Total	1100

Annexe 2 : Processus de classification des anciennes décharges susceptibles de contenir des déchets contaminés au radium



* ou dans le groupement de communes utilisant la même décharge

** BF/D = rapport indiquant le nombre de biens-fonds par décharge

Source : Rapport technique sur le recensement et gestion des anciennes décharges susceptibles de contenir des déchets contaminés au radium, OFSP, 17 mars 2021