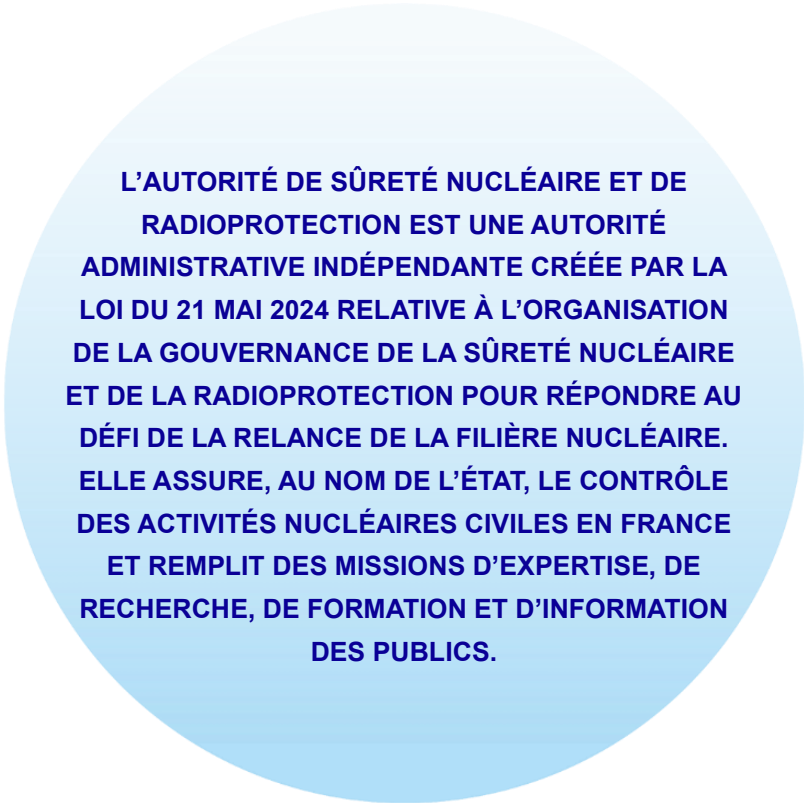


LA RADIOPROTECTION DES TRAVAILLEURS

**EXPOSITION PROFESSIONNELLE AUX
RAYONNEMENTS IONISANTS EN FRANCE :
BILAN 2024**





**L'AUTORITÉ DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE ET DE
RADIOPROTECTION EST UNE AUTORITÉ
ADMINISTRATIVE INDÉPENDANTE CRÉÉE PAR LA
LOI DU 21 MAI 2024 RELATIVE À L'ORGANISATION
DE LA GOUVERNANCE DE LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE
ET DE LA RADIOPROTECTION POUR RÉPONDRE AU
DÉFI DE LA RELANCE DE LA FILIÈRE NUCLÉAIRE.
ELLE ASSURE, AU NOM DE L'ÉTAT, LE CONTRÔLE
DES ACTIVITÉS NUCLÉAIRES CIVILES EN FRANCE
ET REMPLIT DES MISSIONS D'EXPERTISE, DE
RECHERCHE, DE FORMATION ET D'INFORMATION
DES PUBLICS.**

Sommaire

Résumé	4
Chiffres clés	5
Glossaire	7
Introduction	8
Dosimétrie « efficace »	11
01 Bilan global	11
__Effectif suivi dans SISERI	12
__Dose collective et dose moyenne	12
__Répartition des effectifs par classe de dose	13
Bilan des expositions externes	14
02 Dosimétrie « corps entier »	14
__Considérations générales	14
__Contribution des neutrons	18
__Bilan détaillé de l'exposition externe pour les activités médicales	19
__Bilan détaillé de l'exposition externe pour le domaine nucléaire	22
__Bilan détaillé de l'exposition externe pour le domaine de l'industrie non nucléaire	25
__Bilan détaillé de l'exposition externe pour le domaine de la recherche et de l'enseignement	28
__Bilan détaillé de l'exposition externe à la radioactivité naturelle	29
03 Dosimétrie « peau »	32
04 Dosimétrie « extrémités »	34
05 Dosimétrie « cristallin »	37
Bilan des expositions internes	40
06 Surveillance de routine	40
07 Surveillance spéciale	44
08 Surveillance dosimétrique de l'exposition interne	46

Dépassements des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) aux rayonnements ionisants	50
09 Bilan 2024	50
10 Évolution sur la période 1998-2024	52
Suivi des événements et incidents de radioprotection	54
11 Répartition des événements entre les domaines d'activités	54
Conclusion	58
Annexes	60
12 Rappels réglementaires	60
13 Modalités de la surveillance	63
14 Actions réglementaires de l'ASNR en lien avec la surveillance	72
15 Méthode suivie pour établir le bilan annuel	76
16 Tableaux détaillés du bilan 2024	82
17 Références	90
18 Table des illustrations et tableaux	92

Résumé

Le bilan de la surveillance des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants en France est établi chaque année par l'Autorité de Sécurité Nucléaire et Radioprotection (ASNR), conformément aux dispositions de l'article R. 4451-134 du code du travail. Ce bilan couvre l'ensemble des secteurs d'activité, y compris ceux de la défense, dans les domaines des activités médicales, dentaires, vétérinaires, de l'industrie nucléaire ou non nucléaire, de la recherche et de l'enseignement lorsqu'ils impliquent l'utilisation de rayonnements ou de sources radioactives, ainsi que les secteurs d'activité ou lieux professionnels occasionnant une exposition particulière à la radioactivité naturelle.

En 2024, l'effectif total des travailleurs suivis dans le cadre des activités civiles et de la défense, incluant l'exposition à la radioactivité naturelle, s'élève à 248 814 travailleurs. Cet effectif inclut uniquement les travailleurs exposés au sens de l'article R. 4451-64 : ceux classés en catégorie A ou B, ceux susceptibles d'être exposés au radon à plus de 6 mSv/an, ainsi que ceux intervenant en situation d'urgence radiologique (SUR). Dans le rapport, ces travailleurs sont désignés sous le terme « exposés ». En effet, depuis le 1^{er} janvier 2024, la transmission des données des travailleurs faisant l'objet d'une surveillance radiologique uniquement (anciennement appelés « travailleurs non classés ») dans le Système d'Information de la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants (SISERI) a été arrêtée, conformément à l'article R. 4451-64 du code du travail. C'est à l'employeur au niveau de l'entreprise d'assurer la traçabilité de cette surveillance radiologique. Cet effectif a diminué de 4 % par rapport au nombre de travailleurs « exposés » en 2023, cette baisse étant principalement observée dans les domaines des activités médicales, dentaires et vétérinaires. En 2024, la dose efficace collective s'élève à 87,36 H.Sv. Elle résulte, d'une part des mesures réalisées par dosimétrie externe à lecture différée ou estimées *via* le système SIEVERT PN pour l'exposition des personnels navigants civils aux rayonnements cosmiques, d'autre part des mesures issues de la dosimétrie interne. Cette dose efficace est répartie à 69 % pour les rayonnements d'origine artificielle et 31 % pour les rayonnements d'origine naturelle. L'exposition externe représente plus de 99,22 % de cette dose efficace collective, soit 86,68 H.Sv, tandis que l'exposition interne en constitue moins de 1 %, soit 0,69 H.Sv. Bien que l'effectif suivi en 2024 ne comprenne plus que les travailleurs exposés au sens de l'article R. 4451-64, la dose efficace collective a augmenté d'environ 4 % par rapport à 2023. Cette hausse est principalement due à l'augmentation de l'exposition des travailleurs dans le domaine nucléaire.

Grâce au nettoyage rendu possible par l'évolution de SISERI en 2023 (prise en compte que des travailleurs exposés), la dose efficace ou équivalente annuelle moyenne en 2024 est calculée sur l'ensemble des travailleurs ayant une surveillance dosimétrique individuelle (SDI) en cours (travailleurs exposés). Il est donc préférable de ne pas comparer les doses efficaces ou équivalentes moyennes de 2024 avec celles des années précédentes. Toutefois, afin de suivre l'évolution de ces données, les doses efficaces ou équivalentes moyennes calculées sur les effectifs ayant reçu une dose efficace ou équivalente égale ou supérieure au seuil d'enregistrement des dosimètres à lecture différée pour l'exposition externe (corps entier, extrémités et cristallin), fixé à 0,1 mSv, sont présentées en annexe du rapport. En 2024, 28 480 travailleurs ont reçu une dose efficace annuelle supérieure ou égale à 1 mSv. Parmi eux, 3 139 travailleurs ont reçu une dose efficace annuelle supérieure ou égale à 5 mSv. Un dépassement de la valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) pour la dose efficace (20 mSv) a été enregistré pour onze travailleurs, mais ces dépassements n'ont pas été confirmés par la médecine du travail à la date de rédaction du rapport. De plus, en 2024, deux cas de dépassement de la VLEP pour la dose équivalente à la peau (500 mSv) ont été enregistrés, dont un cas confirmé (779,39 mSv) par la médecine du travail.

Ces tendances générales masquent des disparités importantes en raison de la diversité des secteurs d'activité, qui présentent des niveaux d'exposition variés. Les activités médicales, qui concentrent 41 % des travailleurs suivis, enregistrent, tout comme les activités dentaires (2 %), vétérinaires (3 %) et celles de la recherche et l'enseignement (3 %), les doses efficaces annuelles moyennes les plus faibles, toutes inférieures ou égales à 0,06 mSv. Les travailleurs exposés à la radioactivité naturelle représentent 10 % de l'effectif total suivi en 2024, soit 24 184 personnes. Près de 99 % d'entre eux sont des personnels navigants civils et militaires, exposés aux rayonnements cosmiques. Parmi les 1 % restants, 87 travailleurs sont exposés au radon provenant du sol (ou radon « géogénique »), tandis que les autres sont exposés au radon anthropique et à d'autres descendants de l'uranium et du thorium. Les travailleurs exposés à la radioactivité naturelle enregistrent les doses efficaces annuelles moyennes les plus élevées en 2024, avec une valeur de 1,15 mSv. Ceux du domaine nucléaire et de l'industrie non nucléaire, représentant ensemble 40 % de l'effectif suivi, connaissent des niveaux d'exposition relativement faibles, avec des doses efficaces annuelles moyennes respectives de 0,55 mSv et 0,32 mSv. Ces valeurs restent néanmoins nettement supérieures à celles observées dans les activités médicales (0,06 mSv) ainsi que dans la recherche et l'enseignement (0,03 mSv).

Jusqu'en 2023, le bilan de l'exposition interne reposait sur un recueil *via* un questionnaire adressé aux organismes accrédités (OA), en raison de l'insuffisance des données disponibles dans SISERI. L'année 2024 marque la première utilisation des données de SISERI pour l'élaboration du bilan de la surveillance de l'exposition interne. En 2024, 161 894 analyses ont été effectuées dans le cadre de cette surveillance de routine, réparties à hauteur de 58 % pour des analyses anthroporadiométriques et de 42 % pour des analyses radiotoxicologiques des excréta. En 2024, 80 travailleurs ont présenté une dose efficace engagée supérieure ou égale à 1 mSv (contre quatre travailleurs en 2023), la dose efficace engagée la plus élevée étant de 36,85 mSv pour l'un d'eux (contre 3,92 mSv en 2023).

Ce bilan est complété par deux nouveaux focus « actualités » disponibles à l'adresse suivante : <https://expro.asnr.fr>. L'un porte sur la surveillance dosimétrique individuelle des travailleurs du domaine médical dans les pratiques interventionnelles radioguidées et l'autre sur la surveillance dosimétrique individuelle des travailleurs dans les transports de substances radioactives.

Chiffres clés

Bilan de la surveillance de l'exposition des travailleurs « dosimétrie efficace externe et interne »

- Effectif total suivi : 248 814 travailleurs¹
- Dose efficace collective : 87,36 H.Sv
- Dose efficace moyenne sur l'effectif total suivi² : 0,35 mSv
- Effectif ayant enregistré une dose efficace annuelle ≥ 1 mSv : 28 480 travailleurs (soit 11,4 % de l'effectif total suivi)
- Effectif ayant enregistré une dose efficace annuelle ≥ 20 mSv : 11 travailleurs³

Bilan de la surveillance de l'exposition externe (exposition à la radioactivité naturelle incluse)

- Effectif suivi : 248 735 travailleurs¹
- Dose efficace externe collective : 86,68 H.Sv
- Dose efficace externe moyenne sur l'effectif suivi² : 0,35 mSv
- Effectif ayant enregistré une dose efficace externe annuelle ≥ 1 mSv : 28 283 travailleurs (soit 11,4 % de l'effectif total suivi)
- Effectif ayant enregistré une dose efficace externe annuelle ≥ 20 mSv : 3 travailleurs³
- Effectif ayant enregistré une dose équivalente annuelle à la peau ≥ 500 mSv : 2 travailleurs⁴

Bilan de la surveillance de l'exposition interne dont le radon⁵

- Nombre d'examens de routine réalisés : 161 894 (dont 6,5 % considérés positifs)
- Effectif concerné par une estimation dosimétrique : 2 362 travailleurs
- Dose efficace engagée collective : 0,69 H.Sv
- Dose efficace engagée moyenne sur l'effectif suivi (effectif concerné pour une estimation dosimétrique) : 1,74 mSv⁶
- Effectif ayant enregistré une dose efficace engagée annuelle ≥ 1 mSv : 80 travailleurs
- Effectif ayant enregistré une dose efficace engagée annuelle ≥ 20 mSv : 8 travailleurs

Évolution de l'exposition sur les sept dernières années

	Effectif suivi	Dose collective (H.Sv)	Dose moyenne sur l'effectif exposé (mSv)	Part de l'effectif ayant une dose efficace ≥ 1 mSv	Effectif ayant une dose efficace ≥ 20 mSv
2018	390 363	104,1	1,12	8,1 %	10
2019	395 040	112,3	1,20	8,1 %	5
2020	387 452	72,5	0,78	8,6 %	5
2021	392 180	82,7	0,85	5,7 %	1
2022	386 080	88,4	0,90	6,2 %	6
2023	360 743	84,2	0,95	7,3 %	6
2024	248 814 ¹	87,4	0,35 ²	11,4 %	11 ³

¹ L'effectif total suivi en 2024 concerne uniquement les travailleurs classés catégorie A, B et/ou ceux de la catégorie « Autres expositions », regroupant les expositions au radon, aux rayonnements cosmiques et les travailleurs en situation d'urgence radiologique. Cet effectif inclut des données agrégées pour les activités de défense, données transmises hors système SISERI par le service de protection radiologique des armées (SPRA) pour l'établissement de ce rapport.

² Tous les travailleurs classés étant considérés comme exposés au sens de la réglementation, la dose moyenne est désormais calculée sur l'effectif total suivi et non pas sur l'effectif ayant reçu une dose supérieure au seuil d'enregistrement des dosimètres, fixé à 0,1 mSv, comme cela se faisait dans les précédents rapports.

³ À noter que sur les 11 cas référencés ici, un cas concerne un dépassement ponctuel d'une dose efficace détecté en 2023 (23,49 mSv), entraînant un dépassement sur 12 mois glissant, de décembre 2023 à novembre 2024, et non sur l'année civile et qu'il n'apparaît donc pas dans les figures/tableaux qui suivent, relatifs à 2024.

⁴ À noter que sur les deux cas référencés ici, un cas concerne un dépassement d'une dose équivalente à la peau détectée en 2023 (520,42 mSv), entraînant un dépassement sur une période de 12 mois glissants, de février 2023 à janvier 2024, et non sur l'année civile et qu'il n'apparaît donc pas dans les figures/tableaux qui suivent, relatifs à 2024.

⁵ Pour la première fois, les données de SISERI ont été utilisées pour réaliser le bilan de la surveillance de l'exposition interne. Auparavant, c'est-à-dire dans les précédents bilans travailleurs, les données étaient issues d'un questionnaire envoyé aux organismes accrédités en charge de la transmission des résultats dosimétriques des travailleurs.

⁶ La dose moyenne pour l'exposition interne (1,74 mSv) est élevée du fait de l'existence de 8 dépassements avec des doses comprises entre 21 mSv et 37 mSv, dont cinq non encore confirmées ou infirmées par la médecine du travail, mais qui restent tout de même comptabilisées à la date de rédaction du rapport. Si ces doses ne sont pas prises en compte, la dose moyenne pour l'exposition interne serait de 1,23 mSv.

Glossaire

ASN	Autorité de Sûreté Nucléaire (devenue ASNR depuis le 1 ^{er} janvier 2025)
ASNR	Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique et aux énergies alternatives
CES	Correspondant de l'employeur pour SISERI
CIPR	Commission Internationale de Protection Radiologique
CNPE	Centrale Nucléaire de Production d'Électricité
CRP	Conseiller en Radioprotection
DAM	Direction des Applications Militaires du CEA
DAMA	Diamètre aérodynamique médian en activité
DGT	Direction Générale du Travail
EDF	Électricité de France
ESNA	Escadrille des Sous-marins Nucléaires d'Attaque
ESOREX	European Platform for Occupational Radiation Exposure
ESR	Évènement Significatif en Radioprotection
H.Sv	Homme.Sievert
INB	Installation Nucléaire de Base
IRSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (devenu ASNR depuis le 1 ^{er} janvier 2025)
ISO	International Standard Organization
LBM	Laboratoire de Biologie Médicale
LD	Limite de détection
MDT	Médecin du Travail
NIR	Numéro d'Inscription au Répertoire
NORM	Naturally Occurring Radioactive Materials
OA	Organisme Accrédité
OSL	Optically Stimulated Luminescence
PN	Personnel Navigant
PST	Professionnel de Santé au Travail
RPL	RadioPhotoLuminescent dosimeter
SDI	Surveillance Dosimétrique Individuelle
SIEVERT	Système Informatisé d'Évaluation par Vol de l'Exposition aux Rayonnements cosmiques dans les Transports aériens
SIR	Suivi individuel renforcé
SISERI	Système d'Information de la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants
SPRA	Service de Protection Radiologique des Armées
SPST	Service de Prévention et de Santé au Travail
SR	Surveillance Radiologique
SRON	Substances Radioactives d'Origine Naturelles
SUR	Situation d'Urgence Radiologique
TLD	ThermoLuminescent Dosimeter
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
VLEP	Valeur Limite d'Exposition Professionnelle

Introduction

Chaque année, conformément aux dispositions de l'article R4451-134 du Code du travail, l'Autorité de Sûreté Nucléaire et Radioprotection (ASNR) établit le bilan de la surveillance des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants en France. Le présent rapport constitue ce bilan pour l'année 2024.

Il présente les expositions des travailleurs des divers secteurs d'activité concernés par les rayonnements ionisants, à savoir les activités médicales, dentaires, vétérinaires, l'industrie nucléaire, l'industrie non nucléaire et la recherche et l'enseignement. Ces secteurs sont eux-mêmes décomposés en sous-secteurs d'activité. Les travailleurs exposés à des sources naturelles de rayonnements ionisants (rayonnements cosmiques, Naturally Occurring Radioactive Materials ou NORM, radon) sur leur lieu de travail sont également inclus.

Sur le plan méthodologique, comme pour les sept années précédentes, le bilan de l'exposition externe 2024 a été élaboré à partir des données administratives et dosimétriques enregistrées dans le Système d'Information de la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants (SISERI). La refonte du système SISERI et la mise en service de son nouveau portail le 26 juin 2023 ont permis d'améliorer significativement la qualité et la fiabilité des données collectées, en particulier pour l'exposition interne, grâce à une meilleure complétude des informations administratives (nom, prénom, Numéro d'Inscription au Répertoire (NIR), secteur d'activité) et dosimétriques. Jusqu'en 2023, le bilan de l'exposition interne reposait sur un recueil via un questionnaire adressé aux laboratoires de dosimétrie, en raison de l'insuffisance des données disponibles dans SISERI. Désormais, le renforcement des obligations déclaratives et la modernisation de l'outil permettent d'exploiter directement les données enregistrées dans SISERI pour établir ce bilan. Ainsi, pour la première fois, le bilan 2024 de l'exposition interne a pu être établi à partir des données centralisées dans SISERI, sans recourir aux questionnaires. De plus, grâce à la complétude des informations, en particulier celles concernant le secteur d'activité des travailleurs, il a été possible de s'assurer qu'en 2024, tous les travailleurs ayant reçu au moins un résultat dosimétrique disposent désormais d'un secteur d'activité attribué, ce qui explique l'absence de la catégorie « Non déterminé » dans le présent rapport. **L'utilisation des données de SISERI pour établir le bilan de l'exposition interne, ainsi que l'exhaustivité de la catégorisation des travailleurs par secteur d'activité, constitue une avancée significative dans la surveillance de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants.**

Concernant la présentation des résultats, pour alléger le contenu du rapport et améliorer la lisibilité, certains résultats, auparavant présentés sous forme de tableaux, ont été remplacés par des graphiques. Ces graphiques agrègent les données. À titre d'exemple, les activités médicales, dentaires et vétérinaires sont regroupées sous le domaine « Médical », sans distinction. De même, les graphiques sur l'exposition des travailleurs présentent moins de classes de doses : < 1 mSv, 1-5 mSv et > 5 mSv. Les données détaillées pour chaque domaine, y compris pour les activités médicales, dentaires et vétérinaires, ainsi que l'ensemble des classes de doses, sont présentées en annexe du rapport. Dans les rapports précédents, la dose efficace ou équivalente moyenne était calculée sur l'effectif des travailleurs ayant reçu une dose efficace ou équivalente égale ou supérieure au seuil d'enregistrement des dosimètres à lecture différée pour l'exposition externe (corps entier, extrémités et cristallin), fixé à 0,1 mSv. Conformément aux articles R. 4451-64 et 66 du code du travail (CT), seuls les travailleurs « exposés » au sens réglementaire doivent être enregistrés dans SISERI. Parmi les améliorations apportées à SISERI, on note la mise en place, depuis le 1^{er} janvier 2024, d'une option rendant impossible la transmission par les organismes accrédités des résultats dosimétriques des travailleurs uniquement en surveillance radiologique (anciennement appelés « travailleurs non classés » ou NC), conformément à l'article R. 4451-66 du CT. Par conséquent, la dose efficace ou équivalente moyenne pour 2024 a été calculée sur l'ensemble de l'effectif suivi, tous les travailleurs étant désormais classés en catégorie A ou B, susceptibles d'être exposés à plus de 6mSv/an au radon ou intervenant en groupe 1 ou groupe 2 en SUR (travailleurs exposés au sens de l'article R. 4451-64 du code du travail). Les doses efficaces ou équivalentes moyennes du présent rapport et celles des années précédentes ne sont donc pas directement comparables, sauf pour l'exposition aux rayonnements cosmiques, où la majorité des travailleurs suivis ont toujours été exposés. De même, en raison de l'arrêt de la transmission des données des travailleurs en seule surveillance radiologique (SR, anciennement NC), la comparaison entre les effectifs du présent rapport avec ceux des années précédentes n'apparaît pas opportune. En revanche, il est possible de comparer les effectifs de 2024 avec ceux des travailleurs exposés au sens de l'article R. 4451-64, présentés dans les précédents rapports dont celui de 2023 [1].

Le rapport présente le bilan avec :

- les résultats de la surveillance de l'exposition des travailleurs : la dose efficace collective (additionnant les doses externe et interne) ;
- les résultats de la surveillance de l'exposition externe : la dose efficace externe pour toutes les activités, mais également la dose efficace neutrons, la dose équivalente aux extrémités et au cristallin pour les activités concernées ;

- les résultats de la surveillance de l'exposition interne (surveillance de routine, surveillance spéciale) et les doses efficaces engagées associées lorsqu'elles sont évaluables ;
- les dépassements des VLEP des doses efficaces et équivalentes ;
- le suivi des événements et incidents de radioprotection concernant les travailleurs.

Une version numérique et interactive du rapport facilitant les comparaisons d'une année sur l'autre est disponible à l'adresse suivante : <https://expro.asnr.fr>.

Pour ce qui concerne l'analyse par activité professionnelle, le présent rapport adopte une structure similaire à celle de 2023, qui se rapproche de la nomenclature des familles professionnelles établie par la Direction de l'Animation de la Recherche, des Études et des Statistiques du ministère du Travail (DARES). Les activités médicales, dentaires et vétérinaires sont regroupées sous le domaine « Médical », mais sont présentées distinctement en annexe du rapport.

De plus, le site <https://expro.asnr.fr> propose des focus « actualités » portant un regard particulier sur un sujet à fort enjeu de radioprotection. Les focus « actualités » pour 2024 couvrent :

- la surveillance dosimétrique individuelle des travailleurs du domaine médical dans les pratiques interventionnelles radioguidées ;
- la surveillance dosimétrique individuelle des travailleurs dans les transports de substances radioactives.

Enfin, les annexes du rapport contiennent :

- des rappels réglementaires, avec la présentation des évolutions récentes du Code du travail ;
- les modalités de la surveillance des travailleurs pour l'exposition aux rayonnements ionisants (externe et interne) ;
- les missions réglementaires de l'ASNR en lien avec la surveillance de l'exposition des travailleurs ;
- la méthode appliquée pour l'établissement du rapport ;
- les tableaux détaillés du bilan 2024 de la surveillance dosimétrique individuelle de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants.

Dosimétrie « efficace »

01 Bilan global

Ce chapitre présente les résultats de la surveillance dosimétrique individuelle (SDI), basée sur le cumul des expositions externes et internes.

Le Tableau 1 ci-après présente, pour l'année 2024, les résultats de la SDI par domaine d'activité, incluant l'exposition externe aux rayonnements X, gamma, bêta et neutrons, les rayonnements cosmiques dans le domaine « naturel », ainsi que l'exposition interne. Les données des travailleurs civils et de ceux relevant de la défense sont regroupées pour les domaines concernés. Il est important de noter que les activités médicales, dentaires et vétérinaires sont intégrées dans le domaine médical, sans distinction spécifique. Le Tableau 15 en annexe du présent rapport (cf. page 82) détaille les données de manière distincte pour les activités médicales, dentaires et vétérinaires, ainsi que les données pour chaque classe de doses (< seuil, seuil à 1 mSv, 1-5 mSv, 5-10 mSv, 10-15 mSv, 15-20 mSv, > 20 mSv).

Tableau 1 : Surveillance de l'exposition des travailleurs (exposition externe et interne) – année 2024

Domaine d'activité ^(a)	Effectif suivi ^(b)			Dose collective (H.Sv)	Dose moyenne (mSv) ^(d)	Répartition des effectifs par classe de dose		
	Classé A	Classé B	Autres expositions ^(c)			< 1 mSv	1-5 mSv	> 5 mSv
Médical ^(e)	4 236	110 192	7	6,09	0,05	112 818	1 577	40
Nucléaire ^(f)	23 349	66 380	3	49,80	0,55	77 883	8 957	2 892
Industrie non nucléaire	765	8 364	0	2,90	0,32	8 385	600	144
Recherche et enseignement ^(g)	150	6 281	1	0,18	0,03	6 396	33	3
Naturel ^(h)	22	23 353	809	27,74	1,15	10 136	14010	38
Autres ⁽ⁱ⁾	257	4 585	60	0,65	0,13	4 716	164	22
Total	28 779	219 155	880	87,36	0,35	220 334	25 341	3 139

^(a) Grâce à la complétude des informations, en particulier celles concernant le secteur d'activité des travailleurs, il a été possible de s'assurer qu'en 2024, tous les travailleurs ayant reçu au moins un résultat dosimétrique disposent désormais d'un secteur d'activité attribué, ce qui explique l'absence de la catégorie « Non déterminé » dans le présent rapport.

^(b) L'effectif suivi en 2024 regroupe les travailleurs classés A, B et/ou autres expositions (travailleurs susceptibles d'être exposés au radon à plus de 6 mSv/an, ceux susceptibles de l'être uniquement en SUR, ainsi que ceux exposés aux rayonnements cosmiques dont le classement A ou B n'a pas été renseigné). Les données des travailleurs non classés, qui avaient le label « NC » ou sans mention de classement dans les précédents bilans travailleurs ne sont plus transmises à SISERI. Cet effectif inclut des données agrégées pour les activités de défense, données transmises hors système SISERI par le service de protection radiologique des armées (SPRA) pour l'établissement de ce rapport.

^(c) Les 880 travailleurs mentionnés ici sont ceux susceptibles d'être exposés au radon à plus de 6 mSv/an, ceux susceptibles de l'être uniquement en SUR, ainsi que ceux exposés aux rayonnements cosmiques dont le classement A ou B n'a pas été renseigné.

^(d) La dose efficace moyenne en 2024 est calculée sur la totalité de l'effectif suivi (ou exposé au sens de la réglementation) et non pas sur l'effectif ayant reçu une dose supérieure au seuil d'enregistrement des dosimètres pour l'exposition externe, seuil fixé à 0,1 mSv.

^(e) Le domaine médical regroupe les activités médicales, dentaires et vétérinaires.

^(f) Le domaine nucléaire inclut également le transport de matières radioactives lié à ce domaine.

^(g) Le domaine de la recherche et de l'enseignement inclut la recherche médicale, les activités au sein des installations de recherche liées au nucléaire, la recherche (autre que médicale et nucléaire) et l'enseignement.

^(h) Le domaine naturel concerne les travailleurs exposés aux rayonnements cosmiques, au radon et à ses descendants, ainsi qu'à ceux manipulant des matières premières contenant des éléments issus des familles naturelles du thorium, de l'uranium ou d'autres sources d'origine naturelle.

⁽ⁱ⁾ La catégorie « Autres » regroupe les secteurs d'activité suivants : la gestion des situations de crise, les activités des organismes d'inspection et de contrôle, les activités à l'étranger, les activités des laboratoires de dosimétrie à lecture différée.

Contrairement aux années précédentes, pour lesquelles la dose efficace ou équivalente moyenne était calculée sur l'effectif des travailleurs ayant reçu une dose efficace ou équivalente supérieure à 0,1 mSv (seuil d'enregistrement des dosimètres à lecture différée pour l'exposition externe), la dose efficace ou équivalente moyenne en 2024 est désormais calculée sur l'effectif total suivi. En effet, depuis le 1^{er} janvier 2024, la transmission à SISERI des données des travailleurs uniquement en surveillance radiologique (anciennement NC) a été arrêtée. De ce fait, le bilan 2024 n'inclut que les travailleurs faisant l'objet d'une surveillance dosimétrique individuelle (SDI), conformément à l'article R. 4451-64 du code du travail. Dans le Tableau 15 en annexe du présent rapport (cf. page 82), il est fait mention à la fois des doses efficaces et équivalentes moyennes calculées sur l'effectif ayant reçu plus de 0,1 mSv et de celles calculées sur l'effectif total suivi à des fins de comparaison avec les années précédentes.

__Effectif suivi dans SISERI

L'effectif total suivi en 2024 dans le cadre de la surveillance dosimétrique individuelle des travailleurs (exposition externe et interne) est de 248 814 travailleurs. Depuis le 1^{er} janvier 2024, les améliorations apportées à l'outil SISERI pour la précision des données administratives transmises permettent d'être en conformité avec l'article R. 4451-64 du code du travail. En conséquence, l'effectif suivi de 2024 est à la baisse, car il concerne désormais uniquement les travailleurs classés en catégories A, B, ainsi que ceux relevant de la catégorie « Autres expositions », qui regroupe les travailleurs exposés au radon, aux rayonnements cosmiques et ceux intervenant en situation d'urgence radiologique. Cet effectif connaît une légère diminution (baisse de 4 %) par rapport à celui des travailleurs exposés en 2023 (258 276 travailleurs). Cette diminution est en grande partie due au fait que la transmission des résultats dosimétriques dans SISERI par les organismes accrédités n'est pas encore entièrement opérationnelle. À ce jour, environ 10 % des travailleurs précédemment exposés au sens de l'article R. 4451-64 du code du travail n'ont pas encore vu leurs résultats dosimétriques remontés dans SISERI, leur dernière dose ayant été enregistrée avant la refonte du système, le 26 juin 2023. Ces travailleurs, non comptabilisés dans ce bilan, expliquent la baisse de l'effectif en 2024 par rapport à 2023 (cf. Chapitre « Méthode suivie pour établir le bilan annuel », en annexe du présent rapport, page 76).

Pour la première fois, le bilan permet de distinguer clairement les travailleurs classés en catégorie A de ceux en catégorie B, ce qui constitue une avancée majeure. Parmi l'effectif total, 28 779 travailleurs (soit 12 % de l'effectif total) sont classés en catégorie A, tandis que 219 155 travailleurs sont classés en catégorie B (soit 88 % de l'effectif total). La catégorie « Autres expositions » inclut les travailleurs exposés uniquement au radon, ceux susceptibles de l'être uniquement en situation d'urgence radiologique (SUR), ainsi que des personnels navigants dont l'employeur n'a pas renseigné leur classification en catégorie A ou B. Au total, 87 travailleurs sont exposés au radon, dont 33 sont également classés en catégorie A ou B. L'effectif total des travailleurs en SUR s'élève à 4 540, dont 4 473 sont également classés en catégorie A ou B.

Malgré cette distinction désormais claire entre les catégories A et B, il ne paraît pas pertinent de présenter les niveaux d'exposition en fonction de ce classement. En effet, plus de 90 % des travailleurs de la catégorie A reçoivent une dose efficace annuelle inférieure à 6 mSv, tandis que certains travailleurs classés en catégorie B sont exposés à des doses efficaces annuelles supérieures à 6 mSv à la suite d'incident.

Pour ce qui concerne la répartition par domaine d'activité, comme les années précédentes, le domaine médical compte l'effectif le plus important, avec 114 435 travailleurs, soit 46 % de l'effectif total. Viennent ensuite le domaine nucléaire, avec 89 732 travailleurs (soit 36 % de l'effectif total), et le domaine d'exposition à la radioactivité naturelle, qui regroupe 24 184 travailleurs, représentant près de 10 % de l'effectif total.

__Dose collective et dose moyenne

En 2024, la dose efficace collective enregistrée est de 87,36 H.Sv, marquant une augmentation d'environ 4 % par rapport à 2023 (84,23 H.Sv). En termes de répartition par domaine d'activité, le domaine nucléaire représente la plus grande part, avec plus de la moitié de la dose efficace collective, suivi par le domaine d'exposition à la radioactivité naturelle, qui constitue près du tiers de la dose efficace collective.

La dose efficace moyenne calculée pour l'ensemble de l'effectif suivi en 2024 est de 0,35 mSv. Les résultats montrent que les travailleurs exposés à la radioactivité naturelle sont les plus exposés, avec une dose efficace moyenne de 1,15 mSv, suivis par ceux du domaine nucléaire (0,55 mSv) et de l'industrie non nucléaire (0,32 mSv).

__Répartition des effectifs par classe de dose

En 2024, la majorité des travailleurs suivis (environ 88 % de l'effectif total) ont une exposition inférieure à 1 mSv, tous domaines confondus. Plus de la moitié des travailleurs ayant une exposition comprise entre 1 mSv et 5 mSv sont des personnels navigants exposés aux rayonnements cosmiques. Pour ce qui concerne les travailleurs exposés à plus de 5 mSv, la majorité (92 %) appartient au domaine nucléaire. Onze travailleurs ont dépassé la valeur limite d'exposition professionnelle de 20 mSv sur 12 mois pour la dose efficace, mais ces dépassements n'ont pas été confirmés par la médecine du travail à la date de rédaction du rapport. Parmi eux, huit relèvent du domaine de l'exposition à la radioactivité naturelle, deux du domaine médical, et un du domaine de l'industrie non nucléaire (cf. Chapitre « *Dépassements des VLEP de doses efficaces et équivalentes* », page 50 du présent rapport).

Bilan des expositions externes

02 Dosimétrie « corps entier »

__Considérations générales

Ce chapitre présente les résultats de la surveillance dosimétrique pour l'année 2024 concernant les expositions aux rayonnements X, gamma, bêta et neutrons, ainsi qu'aux rayonnements cosmiques, répartis par domaine d'activité. Il convient de noter que les activités médicales, dentaires et vétérinaires sont incluses directement dans le domaine médical, sans distinction spécifique. Le Tableau 16 en annexe du présent rapport (cf. page 83) détaille les données de manière distincte pour les activités médicales, dentaires et vétérinaires, ainsi que les données pour chaque classe de dose efficace externe (< seuil, seuil à 1 mSv, 1-5 mSv, 5-10 mSv, 10-15 mSv, 15-20 mSv, > 20 mSv). Outre la dose efficace externe moyenne calculée sur l'ensemble de l'effectif suivi, le tableau indique également la dose efficace externe moyenne calculée uniquement pour les travailleurs ayant reçu une dose efficace externe supérieure à 0,1 mSv, seuil correspondant à la valeur d'enregistrement des dosimètres pour l'organisme entier.

La Figure 1 ci-après illustre la répartition des effectifs suivis pour les expositions externes en 2024, selon le domaine d'activité et la catégorie.

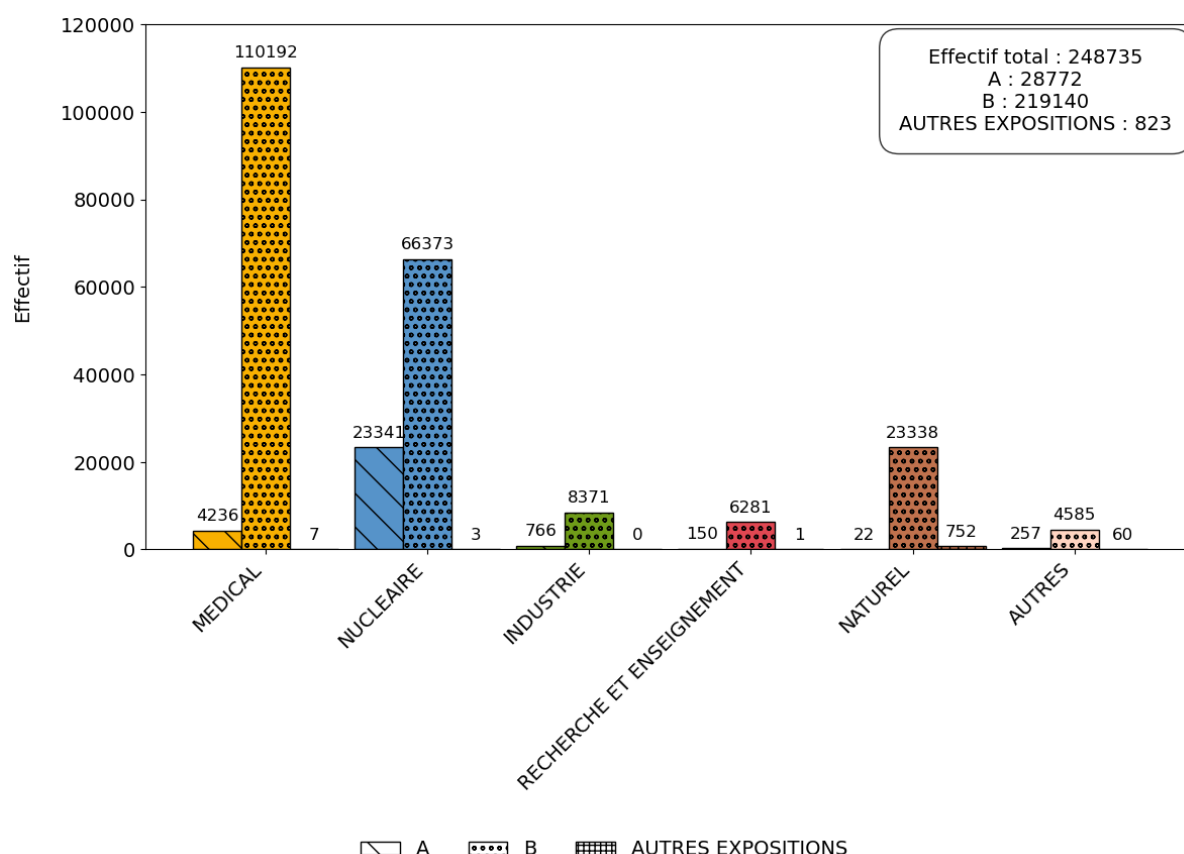


Figure 1 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) en 2024 – effectif et classement des travailleurs par domaine d'activité

Depuis la refonte de SISERI, la mise à jour des données des travailleurs, y compris leurs secteurs d'activité, relevant de la responsabilité des employeurs, ainsi que l'obligation pour ces derniers de saisir ces informations dans SISERI lors de l'enregistrement d'un nouveau travailleur, ont permis de garantir que tous les travailleurs ayant

fait l'objet d'au moins une transmission de résultats dosimétriques par les organismes accrédités (OA) en 2024 disposent désormais d'un domaine d'activité renseigné. Cela explique l'absence de la catégorie « non déterminé » des domaines d'activité, qui figurait dans les rapports précédents. La catégorie « Autres » regroupe les secteurs suivants : la gestion des situations de crise, les activités des organismes d'inspection et de contrôle, les activités à l'étranger, ainsi que les activités des laboratoires de dosimétrie à lecture différée.

En 2024, un effectif total de 248 735 travailleurs a été suivi pour une exposition externe, soit une diminution d'environ 4 % par rapport au nombre de travailleurs exposés en 2023. Cet effectif comprend des données agrégées pour les activités de défense, fournies en dehors du système SISERI par le service de protection radiologique des armées (SPRA) dans le cadre de l'établissement du rapport. La majorité de ces travailleurs (près de 88 %) sont classés en catégorie B, et 11 % en catégorie A. Certains travailleurs, qu'ils soient classés en catégorie A ou B, sont également suivis pour d'autres expositions (radon, urgence radiologique). Par ailleurs, les 823 travailleurs répertoriés dans la catégorie « Autres expositions » incluent uniquement ceux susceptibles d'être exposés au radon à plus de 6 mSv/an, ceux susceptibles de l'être uniquement en SUR, ainsi que ceux exposés aux rayonnements cosmiques dont le classement A ou B n'a pas été renseigné.

La figure ci-après présente la répartition de la dose efficace externe collective par domaine d'activité en 2024. **La dose efficace externe collective pour l'année 2024 est estimée à 86,68 H.Sv**, soit une augmentation d'environ 3 % par rapport à 2023 (84,23 H.Sv). En termes de répartition par domaine d'activité :

- le domaine nucléaire représente plus de la moitié de la dose efficace externe collective ;
- le domaine d'exposition à la radioactivité naturelle constitue près du tiers de la dose efficace externe collective ;
- le domaine médical, qui regroupe l'effectif le plus élevé, ne représente que 7 % de la dose efficace externe collective.

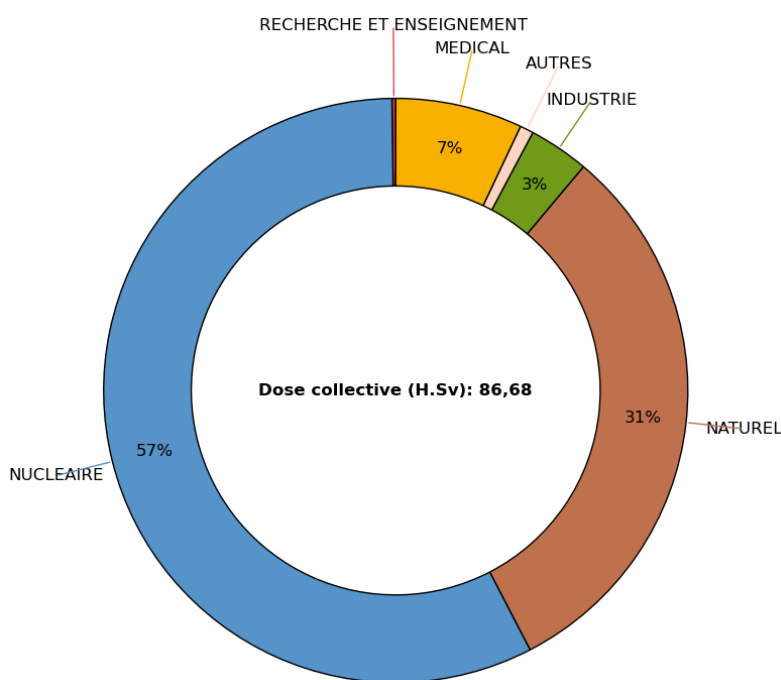


Figure 2 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) en 2024 – répartition de la dose efficace externe par domaine d'activité

La Figure 3 ci-après présente l'effectif et la dose efficace moyenne par domaine d'activité pour la surveillance de l'exposition externe.

La répartition des effectifs par domaine d'activité en 2024 montre que :

- le domaine médical est le plus représenté, avec près de 46 % de l'effectif total. Cet effectif inclut également les travailleurs des activités dentaires (4 867 travailleurs) et vétérinaires (8 009 travailleurs) (cf. Tableau 16 en annexe du présent rapport, page 83).
- l'industrie nucléaire représente 36 % de l'effectif total (24 % en 2023) ;

- l'industrie non nucléaire demeure stable, représentant environ 4 % de l'effectif total, comme en 2023 ;
- le domaine de la recherche demeure stable avec environ 3 % de l'effectif total, comme en 2023 ;
- le domaine d'exposition à la radioactivité naturelle représente près de 10 % de l'effectif total, contre 6 % en 2023 ;
- la catégorie « AUTRES » regroupe environ 2 % de l'effectif total, une proportion inchangée par rapport à 2023.

Contrairement aux années précédentes, pour lesquelles seuls les travailleurs ayant reçu une dose efficace externe supérieure au seuil d'enregistrement des dosimètres à lecture différée, fixé à 0,1 mSv (cf. Tableau 14 en annexe du présent rapport, page 65), étaient pris en compte dans le calcul de la dose efficace externe moyenne, tous les travailleurs suivis sont désormais inclus, conformément à la réglementation qui considère tous les travailleurs faisant l'objet d'une SDI comme exposés au sens de l'article R. 4451-64 du code du travail.

En 2024, la dose efficace moyenne pour l'ensemble des travailleurs suivis pour une exposition externe est de 0,35 mSv. La répartition de la dose efficace externe moyenne par domaine d'activité montre que :

- le domaine de l'exposition à la radioactivité naturelle présente la dose efficace externe moyenne la plus élevée (1,12 mSv) ;
- le domaine nucléaire suit avec une dose efficace externe moyenne de 0,55 mSv, tandis que l'industrie non nucléaire enregistre une dose efficace externe moyenne de 0,32 mSv ;
- les doses efficaces externes moyennes les plus faibles sont observées dans le domaine médical (0,05 mSv) et dans celui de la recherche et l'enseignement (0,03 mSv).

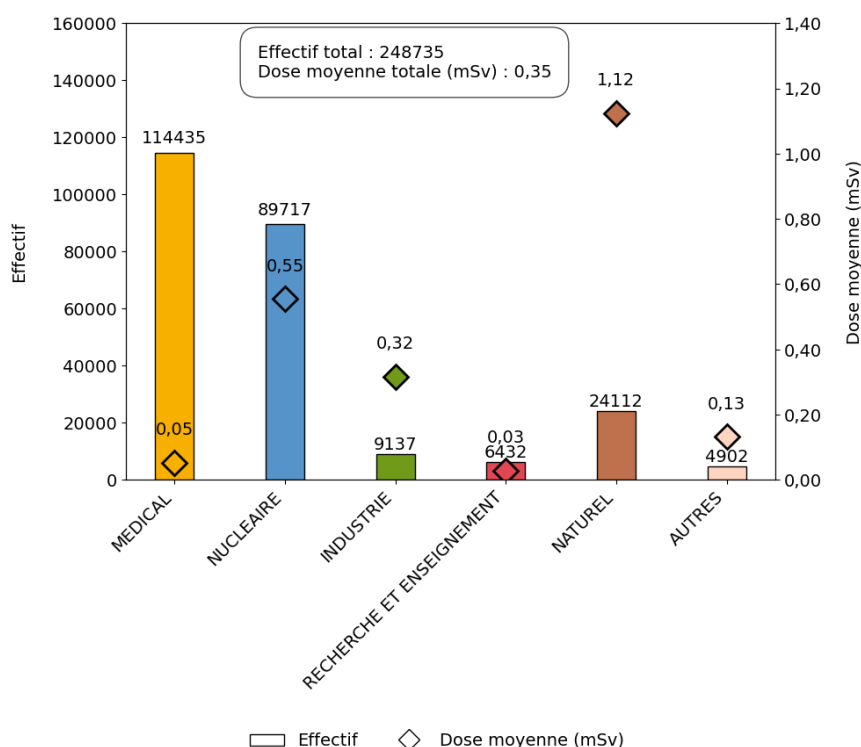


Figure 3 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) en 2024 – effectif et dose efficace externe moyenne par domaine d'activité

La Figure 4 ci-après présente la répartition des effectifs par classe de dose et par domaine d'activité pour l'année 2024. L'analyse des données agrégées, réparties en trois classes de dose efficace externe (< 1 mSv, 1-5 mSv, > 5 mSv), révèle que :

- la majorité des travailleurs suivis, soit près de 89 % de l'effectif total, ont une exposition inférieure à 1 mSv, tous domaines confondus ;
- dans le domaine d'exposition à la radioactivité naturelle, plus de la moitié des travailleurs exposés se situent dans la classe de dose efficace externe 1-5 mSv ;
- aucun travailleur du domaine de l'exposition à la radioactivité naturelle n'a une exposition supérieure à 5 mSv ;
- le domaine nucléaire concentre le plus grand nombre de travailleurs exposés à plus de 5 mSv ; il comprend près de 93 % de l'effectif total ayant une exposition supérieure à cette valeur.

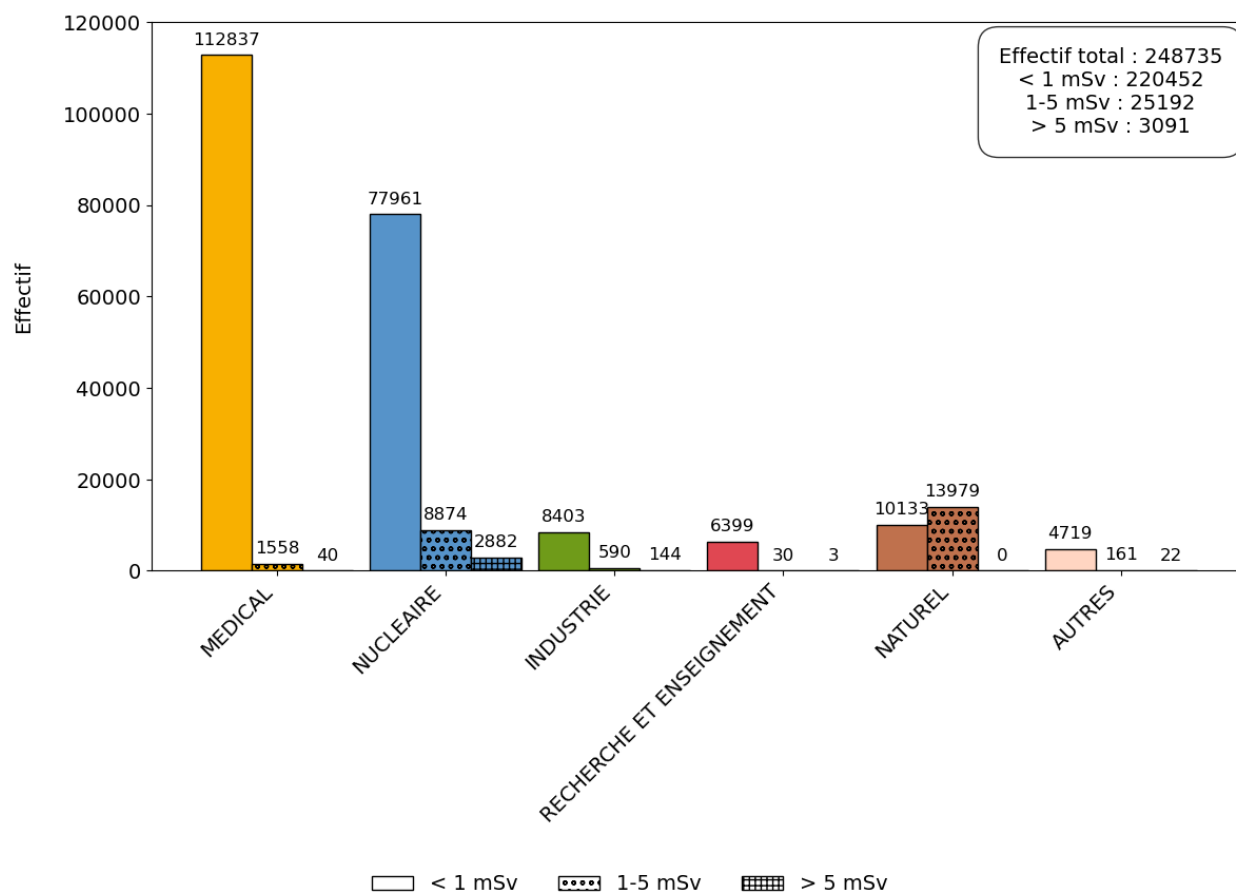


Figure 4 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) en 2024 – répartition de l'effectif exposé par domaine d'activité en fonction des différentes classes de dose efficace externe et par domaine d'activité

Les doses efficaces maximales enregistrées en 2024 dans le cadre de la surveillance de l'exposition externe, par domaine d'activité, sont présentées dans le Tableau 2 ci-après.

Tableau 2 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) en 2024 – dose efficace externe maximale par domaine d'activité

	Médical	Nucléaire	Industrie	Recherche et enseignement	Naturel	Autres
Dose efficace externe maximale (mSv)	30,00	19,59	21,48	8,06	2,73	12,17

Il est à noter que les doses efficaces externes maximales observées dans le domaine médical (30 mSv) et dans l'industrie non nucléaire (21,48 mSv) dépassent la VLEP de 20 mSv pour la dose efficace. À ce jour, aucun de ces cas n'a été confirmé ni infirmé par la médecine du travail (cf. Chapitre « Dépassements des VLEP de doses efficaces et équivalentes », page 50 du présent rapport).

Contribution des neutrons

L'effectif suivi pour l'exposition aux neutrons s'élève à 69 090 travailleurs en 2024, marquant une légère augmentation par rapport à 2023 (68 204 travailleurs).

La Figure 5 ci-après illustre la répartition des effectifs suivis et de la dose efficace externe collective, par domaine d'activité, pour l'exposition aux neutrons. Il est à noter que :

- les travailleurs du domaine nucléaire représentent la majorité de l'effectif suivi et contribuent à 99 % de la dose efficace externe pour ce rayonnement, comme en 2023 ;
- les travailleurs de l'industrie non nucléaire constituent environ 4 % de l'effectif total suivi pour l'exposition aux neutrons, contre 6 % en 2023 ;
- le domaine de la recherche représente environ 5 % de l'effectif total, une proportion stable par rapport à 2023 ;
- la dose efficace externe pour l'exposition aux neutrons en 2024 est de 3,69 H.Sv, soit 4 % de la dose efficace externe collective tous rayonnements confondus (X, gamma, bêta, neutrons et cosmiques), une proportion identique à celle de 2023.

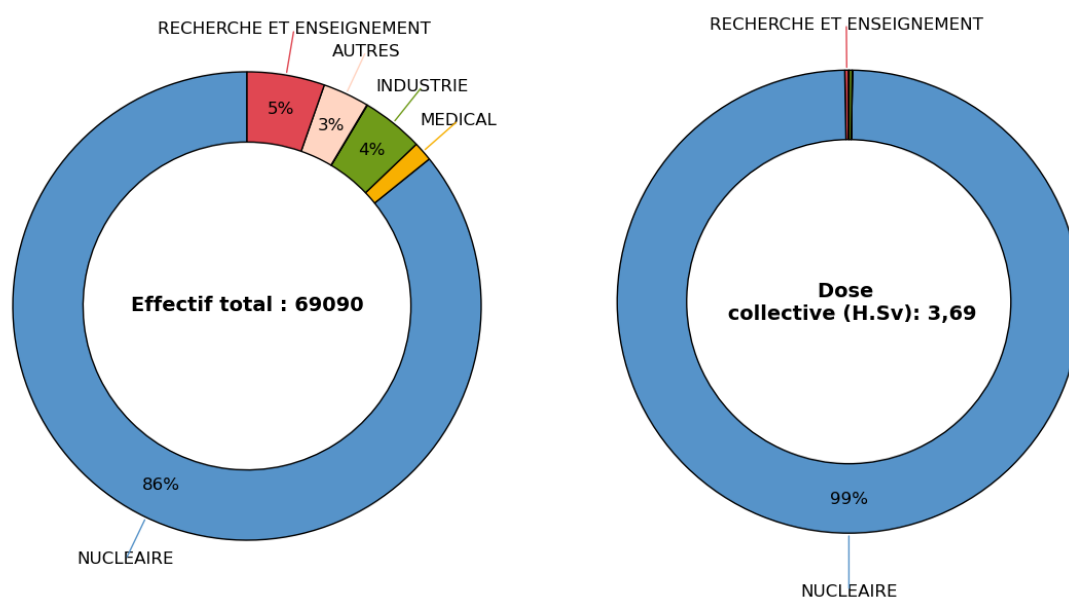


Figure 5 : Répartition des effectifs suivis (à gauche) et de la dose efficace externe (à droite) pour l'exposition aux neutrons en 2024

Bilan détaillé de l'exposition externe pour les activités médicales

Ce chapitre présente les résultats de la SDI externe (rayonnements X, gamma, bêta et neutrons), répartis par secteur au sein des activités médicales. La Figure 6 ci-après présente les résultats des effectifs suivis pour chaque secteur des activités médicales. La catégorie « Autres du médical » regroupe les travailleurs des secteurs suivants : laboratoires d'analyses médicales avec radio-immunologie, médecine du travail et dispensaires, irradiation de produits sanguins, transport de sources à usage médical. Le Tableau 17 en annexe du présent rapport (cf. page 84) présente les données agrégées, incluant notamment la dose efficace externe moyenne calculée uniquement pour les travailleurs ayant reçu une dose efficace externe supérieure à 0,1 mSv, ainsi que les données pour chaque classe de doses efficaces externes (< seuil, seuil à 1 mSv, 1-5 mSv, 5-10 mSv, 10-15 mSv, 15-20 mSv, > 20 mSv).

En 2024, l'effectif total suivi pour l'exposition externe (dose efficace externe) dans les activités médicales est de **101 559 travailleurs**, ce qui représente une baisse d'environ 11 % par rapport au nombre de travailleurs exposés au sens de l'article R. 4451-64 du CT dans ces activités en 2023 (114 734 travailleurs). La répartition de cet effectif entre les différents secteurs d'activité est la suivante :

- le secteur des pratiques interventionnelles représente le plus grand nombre de travailleurs suivis (53 % de l'effectif total suivi) ;
- près du quart de l'effectif total du domaine médical concerne le secteur du radiodiagnostic ;
- l'effectif suivi dans le secteur de la radiothérapie est de 5 092 travailleurs ;
- le secteur de la logistique et maintenance présente l'effectif le plus faible, avec moins de 2 % de l'effectif total.

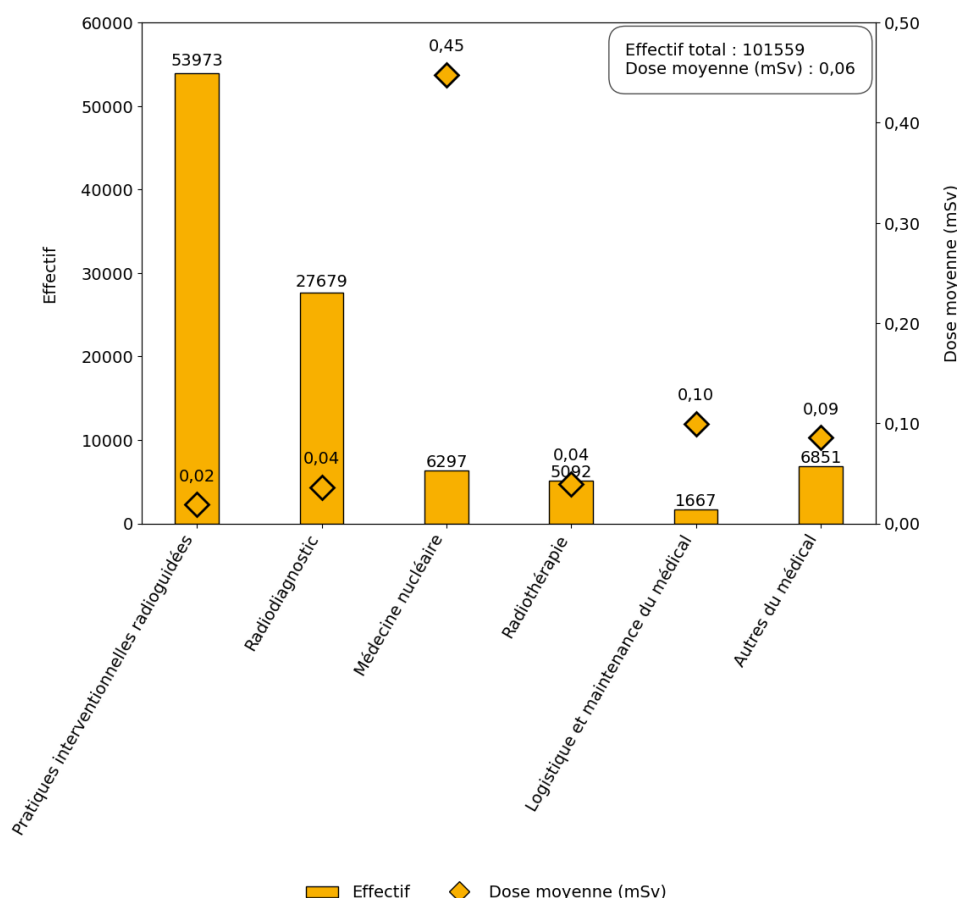


Figure 6 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans les activités médicales en 2024 – répartition de l'effectif et de la dose efficace externe par secteur d'activité

La Figure 7 ci-après présente la répartition de la dose efficace externe collective par secteur au sein des activités médicales. **Pour 2024, cette dose efficace externe collective est de 5,80 H.Sv**, marquant une diminution de 14 % par rapport à 2023 (6,76 H.Sv). Cette diminution résulte de l'amélioration des données transmises à SISERI, excluant les résultats de la surveillance radiologique des travailleurs ne faisant pas l'objet d'une SDI (anciennement NC). La répartition de la dose efficace externe collective entre les principaux secteurs d'activité est la suivante :

- près de la moitié de la dose efficace externe collective du domaine résulte de la contribution des travailleurs de la médecine nucléaire (contre 38 % en 2023) ;
- le secteur des pratiques interventionnelles contribue à hauteur de 18 % à la dose efficace externe collective du domaine, en légère diminution par rapport à 2023 où cette contribution était de 20 % ;
- la contribution des secteurs de la radiothérapie et de la logistique et maintenance est bien plus faible, et reste relativement stable par rapport à 2023.

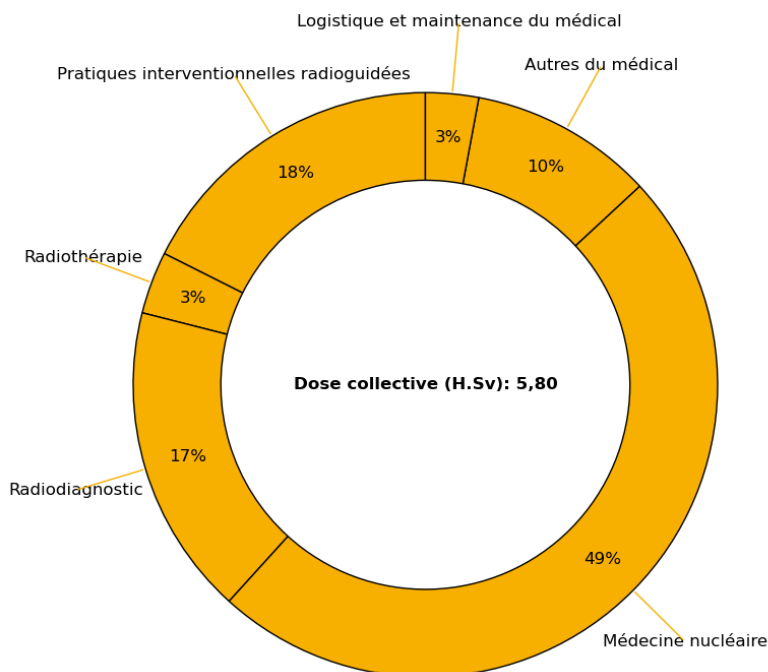


Figure 7 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans les activités médicales en 2024 – répartition de la dose efficace externe collective par secteur d'activité

La dose efficace externe moyenne des travailleurs des activités médicales s'établit à 0,06 mSv en 2024. Les résultats présentés dans la Figure 6 ci-avant montrent que :

- les travailleurs de la médecine nucléaire sont les plus exposés en moyenne, avec une dose efficace externe moyenne de 0,45 mSv, suivis par ceux du secteur de la logistique et maintenance (0,10 mSv) ;
- comme les années précédentes, la dose efficace externe moyenne la plus faible est observée dans le secteur des pratiques interventionnelles (0,02 mSv en 2024) ;
- la dose efficace externe moyenne dans les secteurs du radiodiagnostic et de la radiothérapie est de 0,04 mSv.

Il peut sembler étonnant que l'exposition moyenne dans les pratiques interventionnelles radioguidées soit inférieure à celle du radiodiagnostic, notamment au regard des activités en blocs opératoires, parfois marquées par de longues durées de scopie. Plusieurs éléments peuvent contribuer à cette observation : le port non systématique d'équipements de protection individuelle (EPI) alors qu'il est requis, un possible biais dans la répartition des effectifs entre les deux secteurs, ainsi que le port non systématique du dosimètre lors des actes interventionnels. Par ailleurs, il est probable que de nombreux travailleurs identifiés dans le secteur des pratiques interventionnelles radioguidées n'y exercent pas à temps plein, intervenant également dans des domaines où les niveaux d'exposition sont moindres.

La Figure 8 ci-après présente la répartition, en 2024, des effectifs du domaine médical par secteur d'activité en fonction des différentes classes de dose efficace externe. L'analyse de la répartition des effectifs selon leur niveau d'exposition révèle que :

- plus de 98 % de l'effectif total du domaine médical ont une exposition inférieure à 1 mSv ;
- le nombre de travailleurs ayant une exposition comprise entre 1 mSv et 5 mSv représente 1,5 % de l'effectif total ;
- le secteur de la médecine nucléaire compte le plus grand nombre de travailleurs exposés à plus de 1 mSv, représentant environ 71 % de l'effectif total des travailleurs concernés par cette exposition ;
- 40 travailleurs ont une exposition supérieure ou égale à 5 mSv.

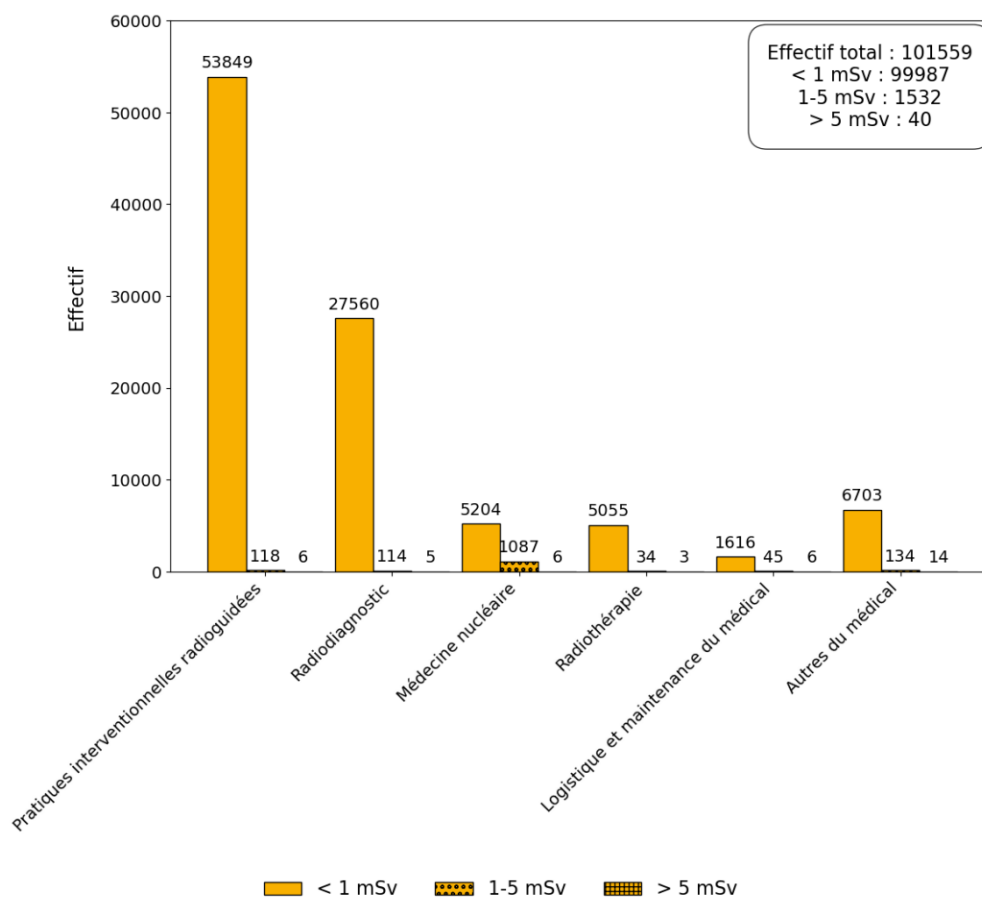


Figure 8 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans les activités médicales en 2024 – répartition des effectifs en fonction des différentes classes de dose efficace externe et par secteur d'activité

Les doses efficaces externes maximales enregistrées par secteur d'activité, présentées dans le Tableau 3 ci-après, révèlent une dose efficace externe de 30 mSv observée pour un travailleur du secteur « Autres du médical ». À ce jour, cette dose efficace externe n'a été ni confirmée ni infirmée par la médecine du travail. Ce cas de dépassement de la VLEP de 20 mSv pour la dose efficace, fixée par la réglementation, est détaillé ultérieurement dans le présent rapport (cf. Chapitre « Dépassements des VLEP de doses efficaces et équivalentes », page 50 du présent rapport).

Tableau 3 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans les activités médicales en 2024 – dose efficace externe maximale par secteur d'activité

	Pratiques interventionnelles radioguidées	Radiodiagnostic	Médecine nucléaire	Radiothérapie	Logistique et maintenance du médical	Autres du médical
Dose efficace externe maximale (mSv)	8,10	8,40	9,10	14,88	11,86	30,00

Bilan détaillé de l'exposition externe pour le domaine nucléaire

Ce chapitre présente les résultats de la SDI externe (rayonnements X, gamma, bêta et neutrons), répartis par secteur d'activité du domaine nucléaire. La Figure 9 ci-après présente les résultats relatifs aux effectifs suivis et aux doses efficaces externes moyennes pour chaque secteur d'activité du domaine. Le secteur « Amont du cycle » inclut les travailleurs des secteurs suivants : « extraction et traitement du minerai d'uranium », « enrichissement et conversion », ainsi que « fabrication du combustible ». Le secteur « Aval du cycle » regroupe les travailleurs des secteurs « retraitement du combustible » et « effluents, déchets et matériaux récupérables ». Enfin, la catégorie « Autres du nucléaire » regroupe les travailleurs des secteurs « propulsion nucléaire », « armement », et « transport pour le cycle du nucléaire ». Le Tableau 18 en annexe du présent rapport (*cf.* page 84) présente les données globales, y compris la dose efficace externe moyenne calculée pour les travailleurs ayant reçu une dose efficace externe supérieure à 0,1 mSv, ainsi que les données pour chaque classe de dose efficace externe (< seuil, seuil à 1 mSv, 1-5 mSv, 5-10 mSv, 10-15 mSv, 15-20 mSv, > 20 mSv).

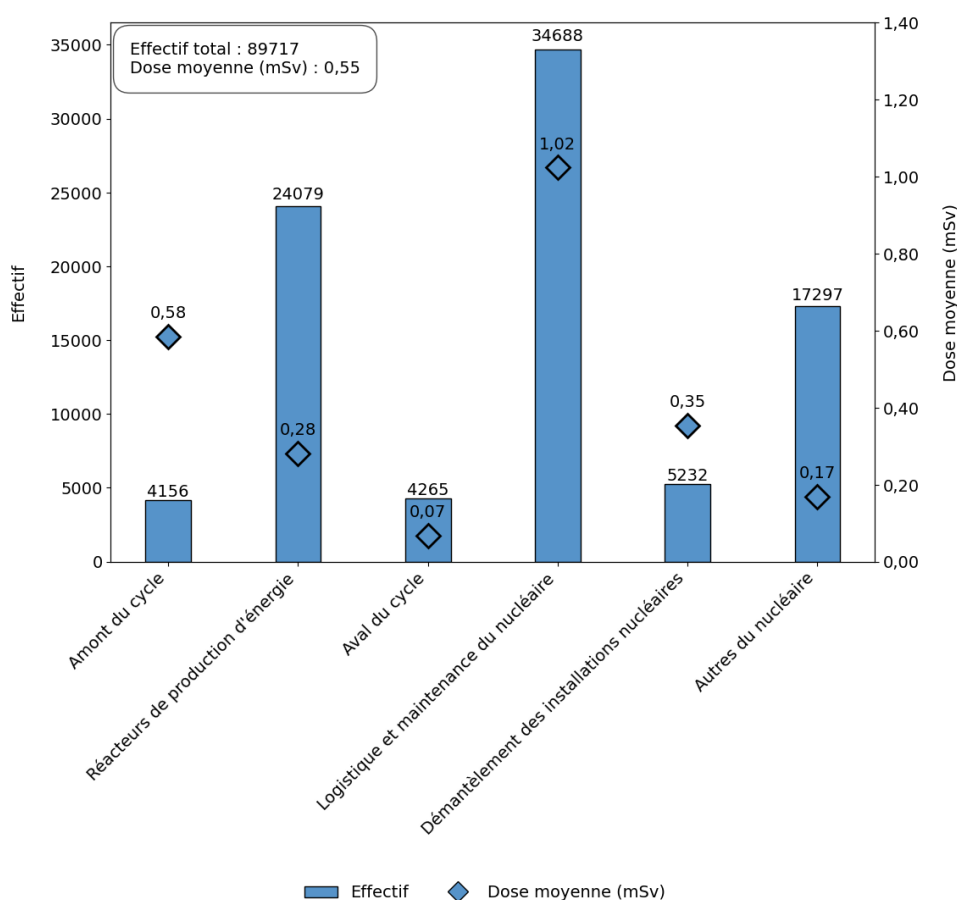


Figure 9 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine nucléaire en 2024 – répartition de l'effectif et de la dose efficace externe moyenne par secteur d'activité

En 2024, l'effectif total suivi dans le domaine nucléaire atteint 89 717 travailleurs, soit une hausse de 9 % par rapport à l'effectif classé en catégorie A ou B en 2023 (82 165 travailleurs). Cette augmentation pourrait s'expliquer par le classement en 2024 de certains travailleurs qui ne l'étaient pas l'année précédente. En effet, les améliorations apportées à l'outil SISERI ont obligé certains employeurs (ou CES) à être plus précis dans les données administratives des travailleurs, notamment le classement. Cette hausse pourrait également résulter d'un nombre plus élevé de visites décennales sur les Centrales Nucléaires de Production d'Électricité (CNPE) d'Électricité de France (EDF) en 2024 comparé à 2023.

Pour ce qui concerne la répartition de l'effectif entre les différents secteurs d'activité par rapport à 2023, il convient de noter que :

- le secteur de la logistique et maintenance ainsi que le secteur des réacteurs de production d'énergie regroupe le plus grand nombre de travailleurs avec respectivement 39 % et 27 % de l'effectif total du domaine (contre 40 % et 28 % en 2023) ;
- les secteurs ayant le plus faible nombre de travailleurs en 2024 sont ceux de l'amont et de l'aval du cycle, chacun représentant près de 5 % de l'effectif total suivi, une proportion stable par rapport à 2023.

Comme le montre la Figure 10 ci-après, la dose efficace externe collective des travailleurs du domaine nucléaire s'établit en 2024 à 49,76 H.Sv, enregistrant une augmentation d'environ 9 % par rapport à 2023. Cette augmentation provient de la hausse de l'effectif suivi en 2024 dans ce domaine. La répartition de cette dose efficace externe collective entre les différents secteurs d'activité est similaire à celle observée en 2023 :

- le secteur de la logistique et maintenance reste celui ayant la plus grande contribution à la dose efficace externe collective du domaine (71 %) ;
- les travailleurs du secteur des réacteurs de production d'énergie contribuent à hauteur de 14 % à la dose efficace externe collective du domaine ;
- le secteur de l'amont du cycle représente 5 % de la dose efficace externe collective du domaine, tandis que celui de l'aval du cycle en représente moins de 1 %.

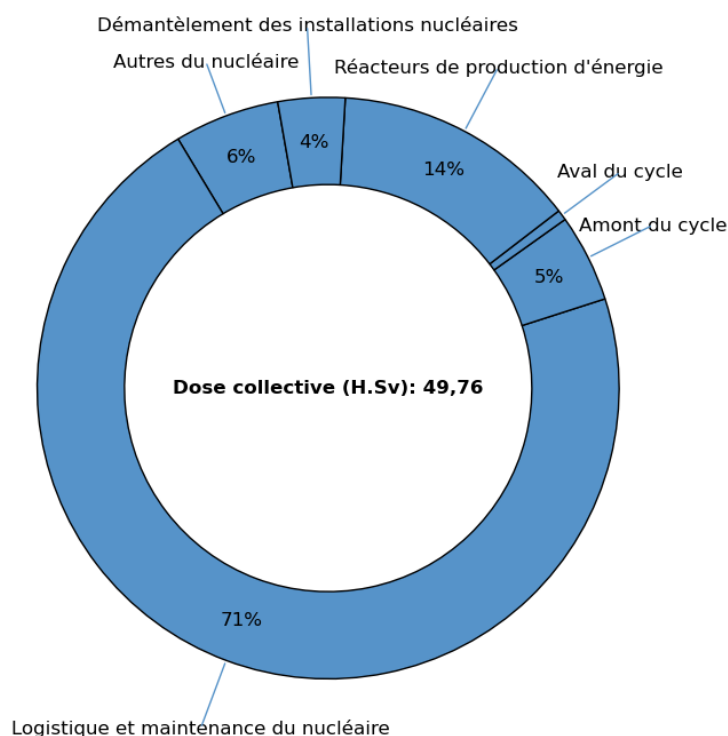


Figure 10 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine nucléaire en 2024 – répartition de la dose efficace externe collective par secteur d'activité

La dose efficace externe moyenne pour l'ensemble des travailleurs suivis dans le domaine nucléaire est de 0,55 mSv (cf. Figure 9 ci-avant). Comme les années précédentes, des disparités subsistent entre les secteurs d'activité :

- le secteur de la logistique et maintenance enregistre la dose efficace externe moyenne la plus élevée avec 1,02 mSv, tandis qu'en 2023, le secteur de l'amont du cycle enregistrait la dose efficace externe moyenne la plus élevée ;
- le secteur de l'aval du cycle, avec une dose efficace externe moyenne de 0,07 mSv, demeure celui où les travailleurs sont les moins exposés, comme en 2023.

Aucun dépassement de la VLEP de 20 mSv pour la dose efficace n'a été enregistré dans le domaine nucléaire en 2024 (cf. Tableau 4 ci-après). La dose efficace externe individuelle la plus élevée, 19,59 mSv, a été observée dans le secteur de la logistique et maintenance.

Tableau 4 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine nucléaire en 2024 – dose efficace externe maximale par secteur d'activité

	Amont du cycle	Réacteurs de production d'énergie	Aval du cycle	Logistique et maintenance	Démantèlement des installations nucléaires	Autres du nucléaire
Dose efficace externe maximale (mSv)	11,14	12,80	8,04	19,59	11,19	13,51

La Figure 11 ci-après présente la répartition des effectifs par classe de dose efficace externe et par secteur d'activité dans le domaine nucléaire.

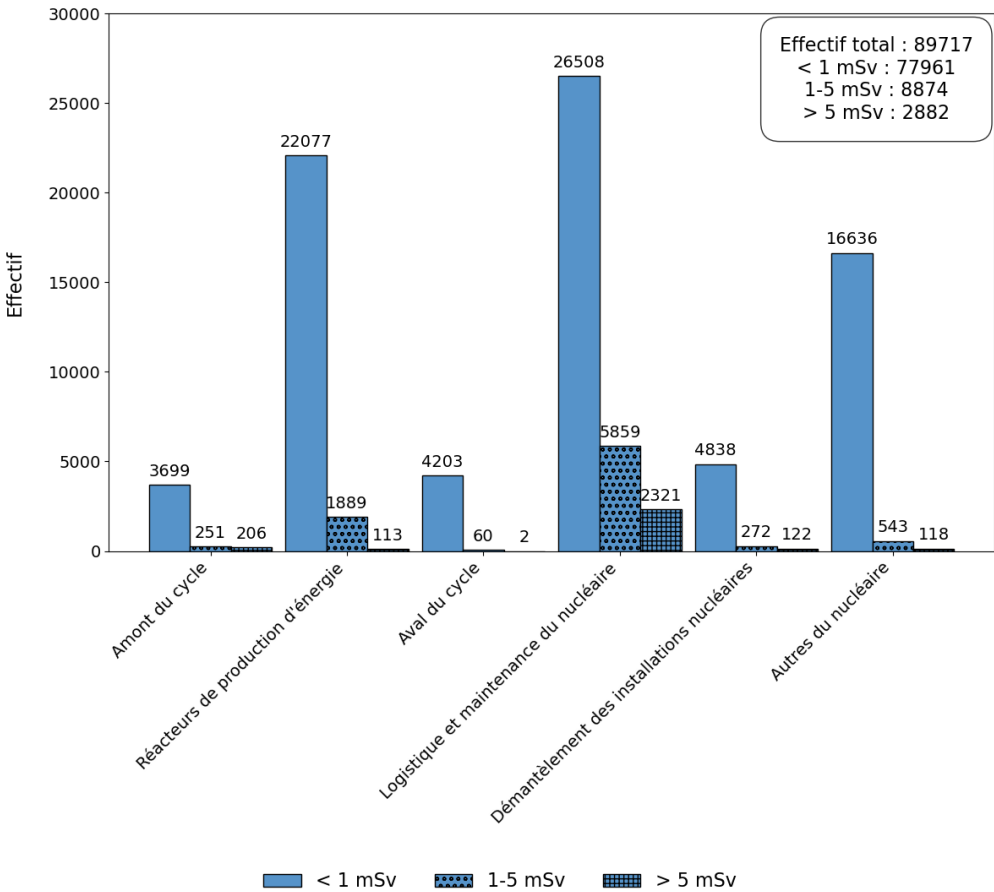


Figure 11 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine nucléaire en 2024 – répartition des effectifs en fonction des différentes classes de dose efficace externe et par secteur d'activité

L'analyse des données montre les points suivants :

- la grande majorité des travailleurs suivis, soit environ 87 % de l'effectif total du domaine, ont une exposition inférieure à 1 mSv ;
- près de 10 % de l'effectif total est exposé entre 1 mSv et 5 mSv, et environ 3 % sont exposés à plus de 5 mSv ;
- le secteur de la logistique et maintenance regroupe plus de la moitié des travailleurs exposés entre 1 mSv et 5 mSv (66 %). Ce secteur compte également la majorité des travailleurs exposés à plus de 5 mSv, ce qui représente environ 80 % de l'effectif ayant une exposition supérieure à 5 mSv.

Bilan détaillé de l'exposition externe pour le domaine de l'industrie non nucléaire

Ce chapitre présente les résultats de la SDI externe (rayonnements X, gamma, bêta et neutrons), répartis par secteur d'activité du domaine de l'industrie non nucléaire. Les résultats des effectifs suivis et des doses efficaces externes moyennes pour chaque secteur d'activité du domaine de l'industrie non nucléaire sont présentés dans la Figure 12 ci-après. La catégorie « Autres de l'industrie » regroupe les travailleurs des secteurs suivants : soudage par faisceau d'électrons, radiopolymérisation et traitement de surface, stérilisation, autres usages industriels et de services, détection géologique (Well logging), sources à usages divers (industriels, etc.). Le

Tableau 19 en annexe du présent rapport (cf. page 85) présente les données agrégées, incluant notamment la dose efficace externe moyenne calculée pour les travailleurs ayant reçu une dose efficace externe supérieure à 0,1 mSv, ainsi que les données pour chaque classe de dose efficace externe (< seuil, seuil à 1 mSv, 1-5 mSv, 5-10 mSv, 10-15 mSv, 15-20 mSv, > 20 mSv).

L'effectif total du domaine est de 9 137 travailleurs en 2024, soit une baisse d'environ 14 % par rapport à l'effectif classé en catégorie A ou B en 2023 (10 681 travailleurs).

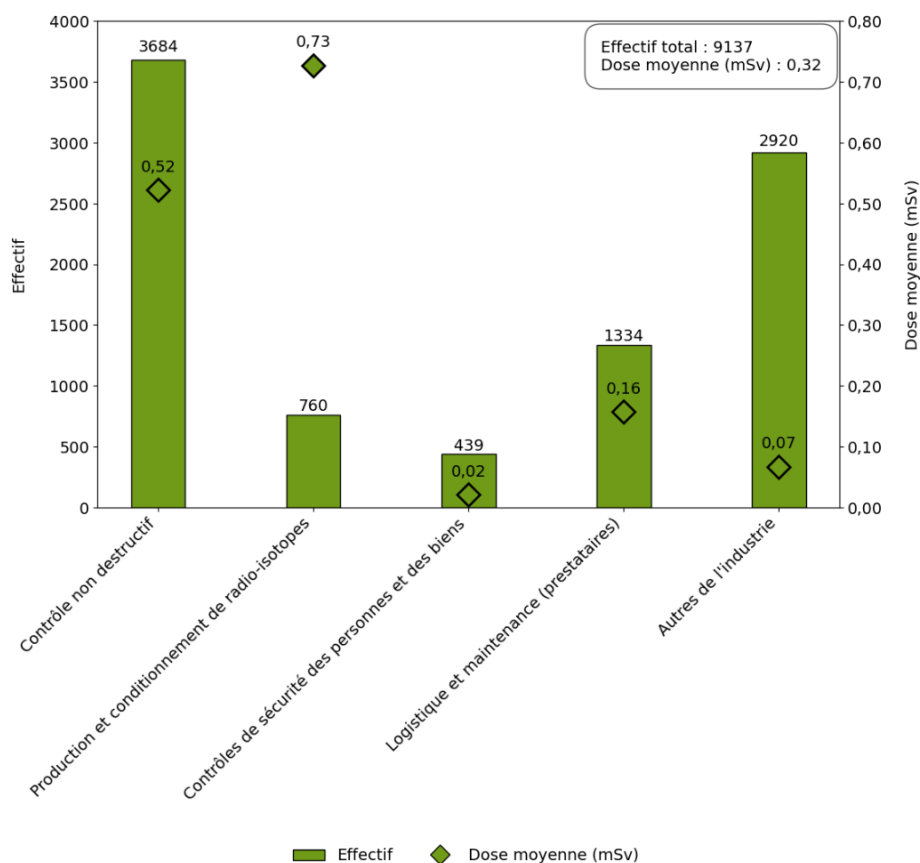


Figure 12 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine de l'industrie non nucléaire en 2024 – répartition de l'effectif et de la dose efficace externe moyenne par secteur d'activité

Concernant la répartition par secteur, il convient de noter que :

- le secteur du contrôle non destructif regroupe le plus grand nombre de travailleurs suivis avec environ 40 % de l'effectif total du domaine, suivi par la catégorie « Autres de l'industrie » et le secteur de la logistique et maintenance ;
- l'effectif le plus faible se concentre dans le secteur des contrôles de sécurité des personnes et des biens.

En 2024, la dose efficace externe collective des travailleurs du domaine de l'industrie non nucléaire s'élève à **2,89 H.Sv**, contre 3,39 H.Sv en 2023, marquant une diminution d'environ 15 %. Cette baisse est principalement due à la réduction de près de 14 % du nombre de travailleurs suivis dans ce domaine sur cette même année. La répartition de cette dose efficace externe collective entre les différents secteurs, présentée dans la Figure 13 ci-après, est similaire à celle de 2023. Le constat principal est que le secteur du contrôle non destructif continue d'avoir la plus grande contribution à la dose efficace externe collective, représentant environ 66 % de la dose efficace externe collective du domaine.

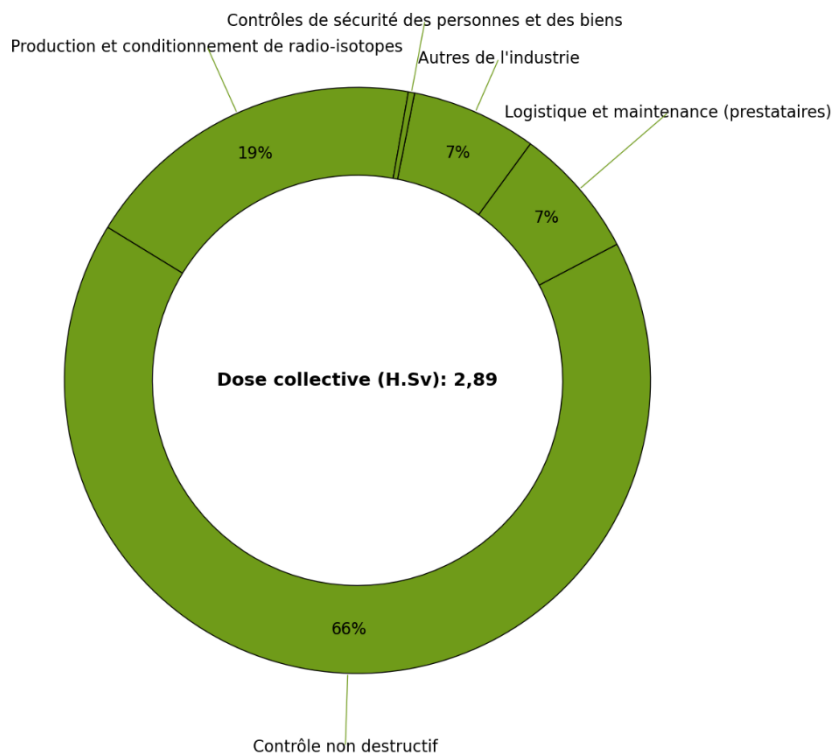


Figure 13 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine de l'industrie non nucléaire en 2024 – répartition de la dose efficace externe collective par secteur d'activité

La dose efficace externe moyenne calculée pour les travailleurs du domaine de l'industrie non nucléaire est de **0,32 mSv en 2024**. Les résultats détaillés par secteur d'activité, présentés dans la Figure 12 précédente, montrent que :

- comme en 2023, les doses efficaces externes moyennes les plus élevées ont été enregistrées dans les secteurs de la production et du conditionnement de radio-isotopes (0,73 mSv) et du contrôle non destructif (0,52 mSv) ;
- les travailleurs du secteur des contrôles de sécurité restent, en moyenne, les moins exposés en 2024, comme en 2023.

Pour ce qui concerne les doses efficaces externes maximales, les résultats présentés dans le Tableau 5 ci-après montrent, pour 2024, un dépassement de la VLEP pour la dose efficace, avec une dose efficace externe de 21,48 mSv enregistrée pour un travailleur du secteur du contrôle non destructif (cf. Chapitre « Dépassements des VLEP de doses efficaces et équivalentes », page 50 du présent rapport). À ce jour, cette dose efficace externe n'a été ni confirmée ni infirmée par la médecine du travail.

Tableau 5 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine de l'industrie non nucléaire en 2024 – dose efficace externe maximale par secteur d'activité

	Contrôle non destructif	Production et conditionnement de radio-isotopes	Contrôles de sécurité des personnes et des biens	Logistique et maintenance (prestataires)	Autres de l'industrie
Dose efficace externe maximale (mSv)	21,48	10,58	1,04	9,92	8,58

L'analyse de la répartition des effectifs en fonction des niveaux d'exposition, présentée dans la Figure 14 ci-après, révèle que :

- la majorité des travailleurs suivis dans ce domaine (près de 92 %) ont une exposition inférieure à 1 mSv ;
- environ 6,5 % des travailleurs sont exposés entre 1 mSv et 5 mSv, tandis que moins de 2 % ont une exposition supérieure à 5 mSv ;
- le secteur du contrôle non destructif regroupe le plus grand nombre de travailleurs ayant une exposition comprise entre 1 mSv et 5 mSv (environ 53 %), et environ 83 % des travailleurs exposés à plus de 5 mSv proviennent également de ce secteur.

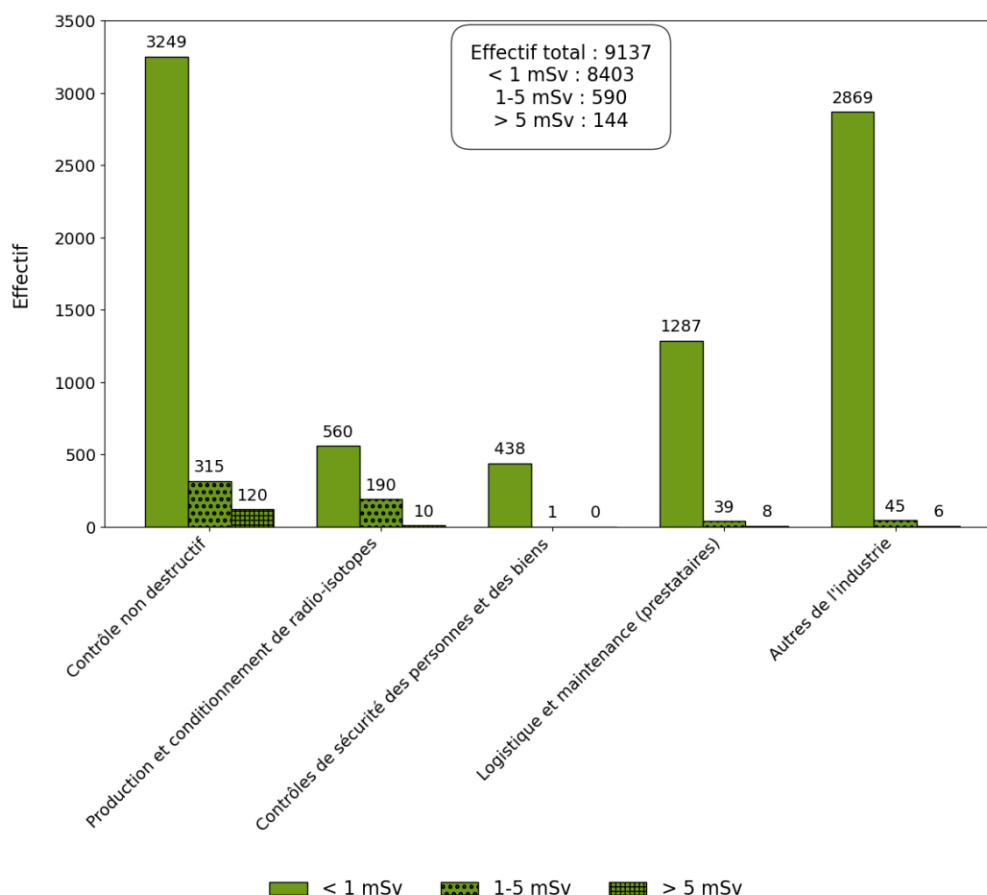


Figure 14 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine de l'industrie non nucléaire en 2024 – répartition des effectifs en fonction des différentes classes de dose efficace externe et par secteur d'activité

Bilan détaillé de l'exposition externe pour le domaine de la recherche et de l'enseignement

Ce chapitre présente l'effectif suivi ainsi que la dose moyenne pour chaque secteur d'activité du domaine de la recherche et l'enseignement (à savoir, recherche et enseignement, et recherche liée au nucléaire), dans le cadre de la SDI externe (rayonnements X, gamma, bêta et neutrons). Le Tableau 20 en annexe du présent rapport (cf. page 85) présente les données agrégées, incluant notamment la dose efficace externe collective, la dose efficace externe moyenne calculée pour les travailleurs ayant reçu une dose efficace externe supérieure à 0,1 mSv, ainsi que les données pour chaque classe de dose efficace externe (< seuil, seuil à 1 mSv, 1-5 mSv, 5-10 mSv, 10-15 mSv, 15-20 mSv, > 20 mSv).

Les résultats de 2024 présentés dans la Figure 15 ci-après montrent que :

- l'effectif total suivi dans le domaine de la recherche et de l'enseignement est de 6 432 travailleurs ;
- le secteur de la recherche (autre que nucléaire) et l'enseignement regroupe 46 % des travailleurs et le secteur des installations de recherche liées au nucléaire 54 %.

La dose efficace externe moyenne en 2024 dans le domaine de la recherche et l'enseignement est de 0,03 mSv.

Cette dose efficace externe moyenne est pratiquement identique dans les deux secteurs : 0,02 mSv pour le secteur de la recherche (autre que nucléaire) et l'enseignement, et 0,03 mSv pour le secteur de la recherche liée au nucléaire. Concernant les doses efficaces externes maximales, elles sont de 3,80 mSv pour le secteur de la recherche et l'enseignement, et de 8,06 mSv pour le secteur de la recherche liée au nucléaire.

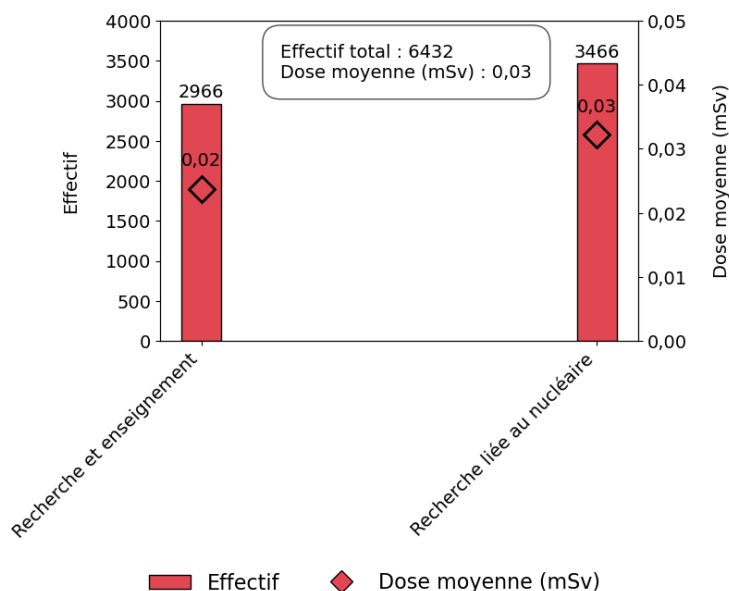


Figure 15 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine de la recherche et l'enseignement en 2024 – répartition de l'effectif et de la dose efficace externe moyenne par secteur d'activité

En 2024, la dose efficace externe collective du domaine de la recherche et l'enseignement s'élève à 0,18 H.Sv (cf. Tableau 20 en annexe du présent rapport, page 85), en légère diminution par rapport à l'année précédente (0,20 H.Sv en 2023). Le secteur de la recherche liée au nucléaire contribue à 61 % de la dose efficace externe collective du domaine, contre 50 % en 2023, tandis que le secteur de la recherche (autre que nucléaire) et de l'enseignement représente 39 % de cette dose efficace externe collective, contre 50 % en 2023.

L'analyse de la répartition des effectifs par niveau d'exposition montre que :

- la majorité des travailleurs (près de 99,5 %) ont une exposition inférieure à 1 mSv ;
- moins de 1 % des travailleurs sont exposés entre 1 mSv et 5 mSv et seuls trois travailleurs ont une exposition supérieure à 5 mSv.

Bilan détaillé de l'exposition externe à la radioactivité naturelle

Ce chapitre présente les résultats de la SDI externe, répartis par secteur d'activité dans le domaine de l'exposition à la radioactivité naturelle.

La Figure 16 ci-après présente les résultats des effectifs suivis et des doses efficaces externes pour chaque secteur d'activité du domaine. La catégorie « Autres (sources naturelles) » regroupe les travailleurs des secteurs des « industries du gaz, du pétrole et du charbon », des « mines et traitement des minerais » et des « autres sources naturelles ». Pour assurer une homogénéité avec les autres travailleurs suivis pour l'exposition externe à l'aide d'un dosimètre à lecture différée, un seuil d'enregistrement de 0,1 mSv a été fixé pour les personnels navigants. Le Tableau 21 en annexe du présent rapport (cf. page 86) détaille ces informations, notamment concernant la dose efficace externe collective, la dose efficace externe moyenne calculée pour les travailleurs ayant reçu une dose efficace externe supérieure à 0,1 mSv et la répartition des effectifs par classe de dose efficace externe.

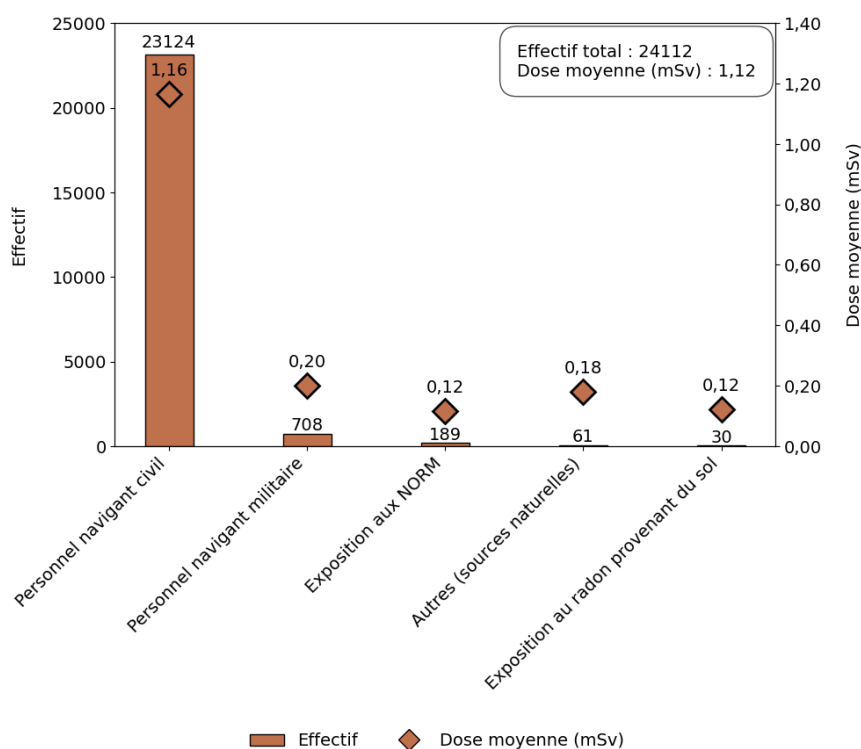


Figure 16 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine de l'exposition à la radioactivité naturelle en 2024 – répartition de l'effectif et de la dose efficace externe moyenne par secteur d'activité

L'effectif suivi en 2024 dans le domaine de l'exposition à la radioactivité naturelle s'élève à 24 112 travailleurs, soit une augmentation de 14 % par rapport aux 21 150 travailleurs exposés au sens de l'article R. 4451-64 du CT dans ce domaine en 2023. L'analyse de la répartition de cet effectif entre les différents secteurs permet de constater que :

- la majorité des travailleurs suivis dans ce domaine sont des personnels navigants civils, représentant près de 96 % de l'effectif total du domaine (contre 94 % en 2023) ;
- l'effectif du personnel navigant militaire représente 3 % de l'effectif total du domaine (identique à 2023) ;
- l'effectif du secteur des expositions aux matériaux contenant de la radioactivité naturelle, souvent désignés NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials, ou SRON en français : Substances Radioactives d'Origine Naturelles) est de 189 travailleurs (contre 166 travailleurs exposés au sens de l'article R. 4451-64 du CT en 2023), représentant ainsi moins de 1 % de l'effectif total ;

- les travailleurs suivis pour l'exposition au radon provenant du sol ou radon « géogénique », également suivis pour l'exposition externe, représentent l'effectif le plus petit, avec 30 travailleurs (contre 43 travailleurs en 2023).

En 2024, la dose efficace externe collective du domaine est de 27,10 H.Sv, soit une hausse de 3,5 % par rapport à 2023 (26,18 H.Sv). L'analyse des résultats présentés dans le Tableau 21 en annexe du présent rapport (cf. page 86) montre que :

- la dose efficace externe collective du personnel navigant civil représente plus de 99 % de la dose efficace externe collective du domaine (comme en 2023) ;
- la contribution du personnel navigant militaire représente 0,5 % de la dose efficace externe collective du domaine ;
- la contribution des autres secteurs du domaine représente moins de 0,5 % de la dose efficace externe collective du domaine.

La dose efficace externe moyenne pour l'ensemble des travailleurs suivis dans le domaine de l'exposition à la radioactivité naturelle est de 1,12 mSv en 2024. L'évolution de la dose efficace externe moyenne entre les différents secteurs du domaine est la suivante :

- la dose efficace externe moyenne des personnels navigants civils est, de loin, la plus élevée (1,16 mSv) du domaine ;
- elle est beaucoup plus faible pour les personnels navigants militaires (0,20 mSv), pour les travailleurs exposés aux NORM (0,12 mSv) ainsi que ceux exposés au radon provenant du sol et également suivis pour l'exposition externe (0,12 mSv).

En 2024, la dose efficace externe individuelle la plus élevée du domaine (2,73 mSv) est enregistrée dans le secteur de l'aviation civile (cf. Tableau 6 ci-après, présentant les doses efficaces externes maximales enregistrées dans chaque secteur en 2024, sauf pour le personnel navigant militaire, pour lequel seules les données agrégées ont été transmises hors SISERI). Aucun dépassement de la VLEP pour l'exposition externe à la radioactivité naturelle n'a donc été enregistré en 2024.

Tableau 6 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine de l'exposition à la radioactivité naturelle en 2024 – dose efficace externe maximale par secteur d'activité

	Personnel navigant civil	Exposition aux NORM	Autres (sources naturelles)	Exposition au radon provenant du sol
Dose efficace externe maximale (mSv)	2,73	0,95	1,35	0,55

Les résultats de la répartition des effectifs par classe de dose efficace externe et par secteur d'activité du domaine sont présentés dans la Figure 17 ci-après. L'analyse de cette répartition montre que :

- l'effectif ayant une exposition inférieure à 1 mSv représente 42 % de l'effectif total du domaine ;
- plus de la moitié de l'effectif suivi a une exposition comprise entre 1 mSv et 5 mSv (58 %) ; cela concerne presque exclusivement les personnels navigants civils ;
- aucun travailleur du domaine n'a reçu plus de 5 mSv en 2024.

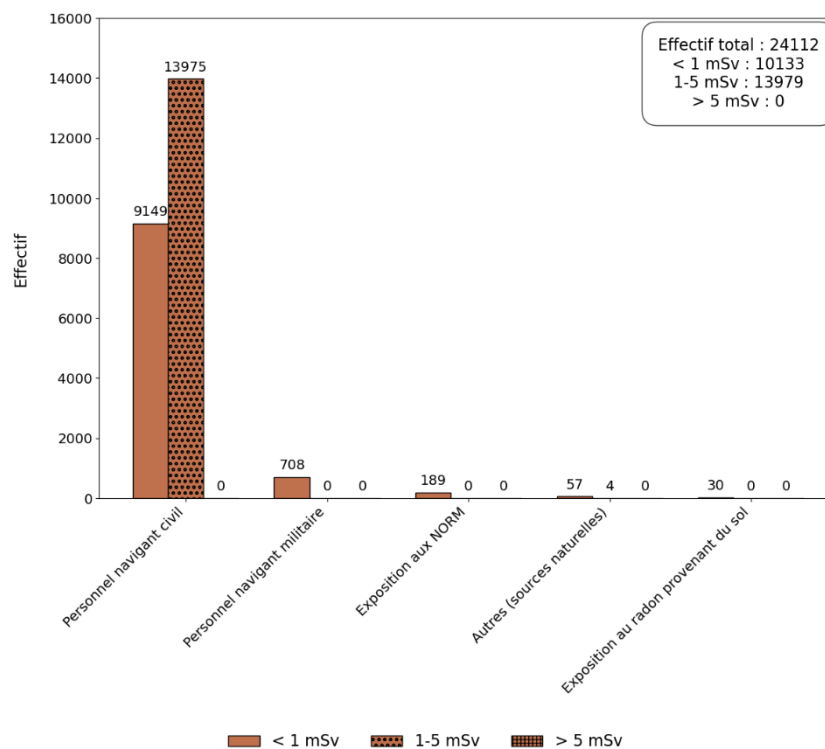


Figure 17 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine de l'exposition à la radioactivité naturelle en 2024 – répartition des effectifs en fonction des différentes classes de dose efficace externe et par secteur d'activité

03 Dosimétrie « peau »

Ce chapitre présente les résultats de la surveillance dosimétrique individuelle de l'exposition à la peau pour l'année 2024, selon les différents domaines d'activité. Il prend en compte deux sources principales de mesure : la dose équivalente à la peau estimée à la suite d'une contamination, ainsi que la dose équivalente à la peau $H_p(0,07)$, mesurée à l'aide de dosimètres à lecture différée, utilisés également pour mesurer l'exposition du corps entier $H_p(10)$. La Figure 18 ci-après illustre la répartition des effectifs suivis et des doses équivalentes moyennes pour les expositions à la peau, par domaine d'activité. La catégorie « Autres » regroupe les secteurs d'activité suivants : la gestion des situations de crise, les activités des organismes d'inspection et de contrôle, les activités à l'étranger et les activités des laboratoires de dosimétrie à lecture différée. Il convient de souligner que les activités médicales, dentaires et vétérinaires sont incluses dans le domaine médical sans distinction spécifique. Le Tableau 22 en annexe du présent rapport (cf. page 87) présente les données de manière détaillée pour les activités médicales, dentaires et vétérinaires, ainsi que pour chaque classe de dose équivalente à la peau (< seuil, seuil à 50 mSv, 50-150 mSv, 150-500 mSv, > 500 mSv).

Les résultats suivants peuvent être observés :

- l'effectif total ayant reçu en 2024 au moins une dose équivalente à la peau est de 216 638 travailleurs. Parmi eux, 12 sont potentiellement concernés par une contamination à la peau ;
- le domaine médical présente l'effectif le plus important, avec 52 % de l'effectif total, suivi du domaine nucléaire (40 % de l'effectif total).

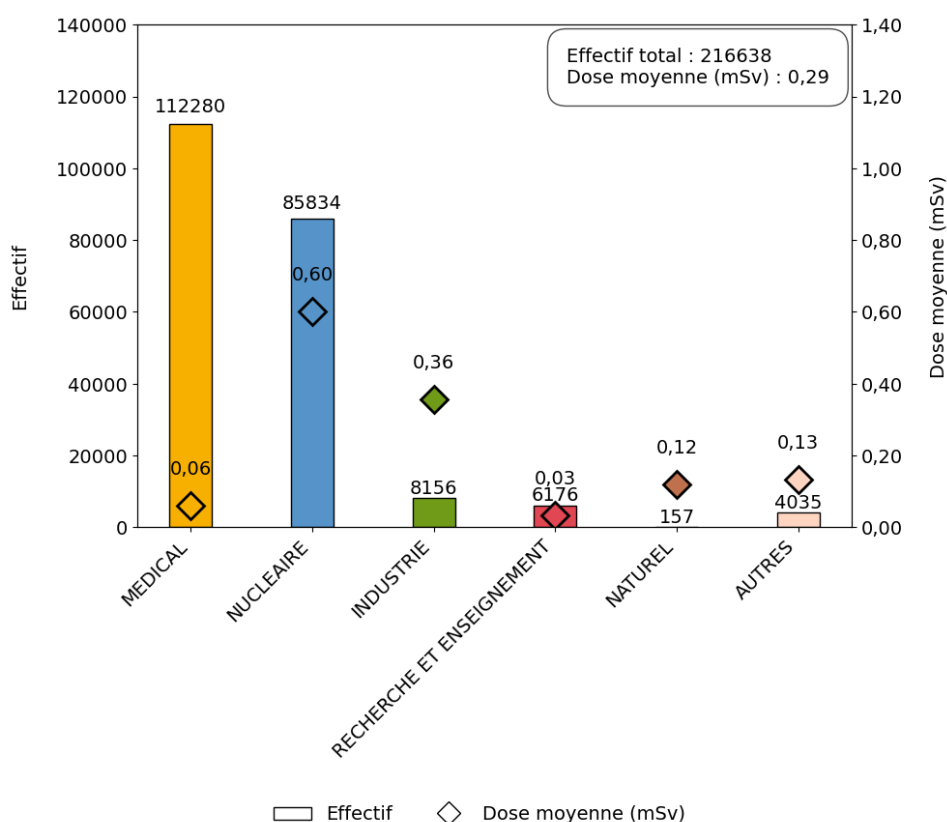


Figure 18 : Surveillance de l'exposition à la peau en 2024 – effectif et dose équivalente moyenne à la peau par domaine d'activité

Les résultats présentés dans la Figure 18 ci-avant montrent que :

- la dose équivalente moyenne liée à l'exposition à la peau des travailleurs enregistrée en 2024 est de 0,29 mSv, proche de la dose efficace externe moyenne (0,35 mSv) ;
- en moyenne, les travailleurs du domaine nucléaire sont les plus exposés, avec une dose équivalente moyenne à la peau de 0,6 mSv, valeur proche de la dose efficace externe moyenne du domaine (0,55 mSv).
- le domaine de l'industrie non nucléaire suit avec une dose équivalente moyenne à la peau de 0,36 mSv, également proche de la dose efficace externe moyenne du domaine (0,32 mSv) ;
- **les doses équivalentes des douze travailleurs potentiellement concernés par une contamination à la peau sont toutes supérieures ou égales à 50 mSv, avec une moyenne de 130,36 mSv pour ce groupe.**

La Figure 19 ci-après présente la répartition de la dose équivalente totale liée à l'exposition à la peau des travailleurs par domaine d'activité. **La dose équivalente totale à la peau en 2024 est estimée à 62,27 Sv.** La répartition par domaine d'activité montre que :

- le domaine nucléaire représente environ 83 % de la dose équivalente totale à la peau, suivi du domaine médical (11 %) et du domaine de l'industrie non nucléaire (5 %) ;
- les travailleurs exposés à la radioactivité naturelle contribuent à moins de 0,1 % de la dose équivalente totale à la peau.

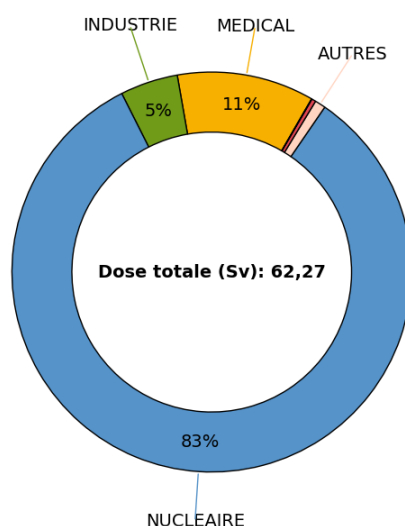


Figure 19 : Surveillance de l'exposition à la peau en 2024 – répartition de la dose équivalente totale à la peau par domaine d'activité

En 2024, la dose équivalente maximale à la peau individuelle est de 779,39 mSv (cf. Tableau 7 ci-après). Cette dose équivalente à la peau, confirmée par la médecine du travail, a été enregistrée pour un travailleur du secteur de la logistique et maintenance du domaine nucléaire, pour lequel une dose équivalente à la peau ponctuelle a atteint 772 mSv. Cette valeur représente un dépassement de la VLEP pour la dose équivalente à la peau, fixée à 500 mSv (cf. Chapitre « Dépassements des VLEP de doses efficaces et équivalentes », page 50 du présent rapport).

Tableau 7 : Surveillance de l'exposition à la peau en 2024 – dose équivalente maximale à la peau par domaine d'activité

	Médical	Nucléaire	Industrie	Recherche et enseignement	Naturel	Autres
Dose équivalente maximale à la peau (mSv)	224,53	779,39	20,15	7,97	1,28	12,04

04 Dosimétrie « extrémités »

Ce chapitre concerne les résultats de la SDI des extrémités pour l'année 2024, répartis par domaine d'activité. La Figure 20 ci-après présente les résultats de l'effectif suivi et de la dose équivalente moyenne aux extrémités par domaine d'activité. Le domaine médical, tel qu'illustré dans les deux figures ci-après, regroupe les activités médicales, dentaires et vétérinaires sans distinction spécifique. La catégorie « Autres » inclut les secteurs suivants : gestion des situations de crise, activités des organismes d'inspection et de contrôle, activités à l'étranger et laboratoires de dosimétrie à lecture différée. Le Tableau 23 en annexe du présent rapport (cf. page 88) détaille les données concernant les activités médicales, dentaires et vétérinaires de manière distincte, ainsi que celles relatives à chaque classe de dose équivalente aux extrémités (< seuil, seuil à 50 mSv, 50-150 mSv, 150-500 mSv, > 500 mSv).

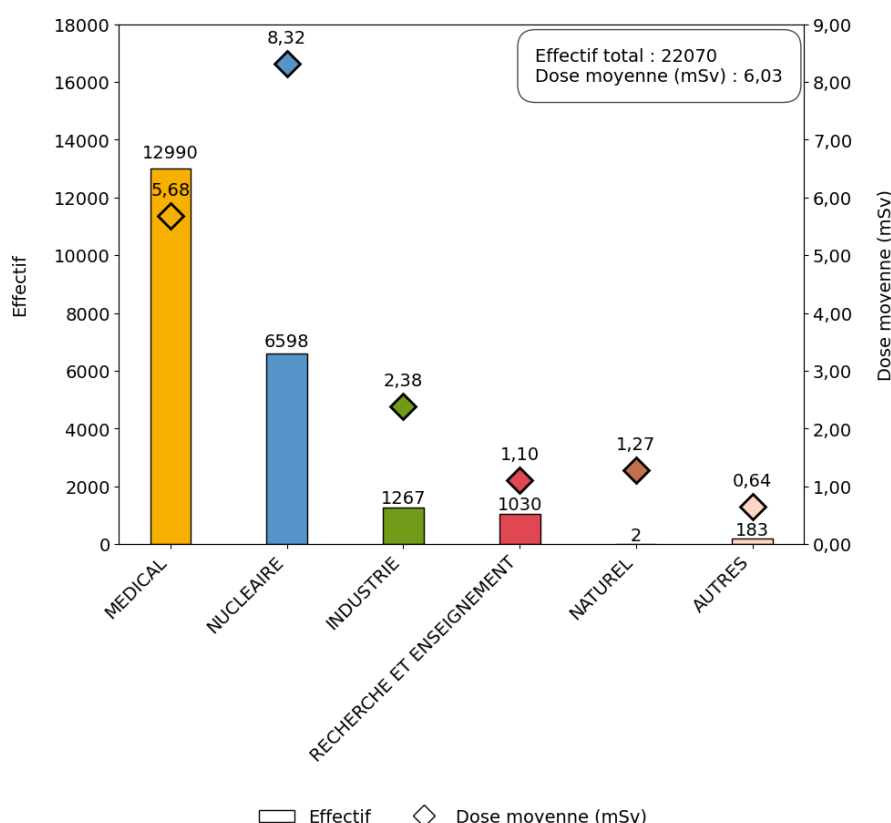


Figure 20 : Surveillance de l'exposition des extrémités en 2024 – répartition de l'effectif et de la dose équivalente moyenne aux extrémités par domaine d'activité

En 2024, l'effectif suivi pour l'exposition des extrémités est de 22 070 travailleurs, soit près de 9 % de l'effectif total suivi pour l'exposition externe du corps entier, contre 7 % en 2023. L'analyse des résultats montre que :

- plus de la moitié de l'effectif suivi (environ 59 %) appartient au domaine médical (activités médicales, dentaires et vétérinaires, sans distinction). Concernant les activités médicales, le secteur des pratiques interventionnelles radioguidées regroupe l'effectif le plus important, représentant 51 % de l'effectif total des activités médicales, contre 49 % en 2023. Dans les secteurs de la médecine nucléaire et du radiodiagnostic, l'effectif représente respectivement 24 % (contre 20 % en 2023) et 16 % (contre 19 % en 2023) de l'effectif total des activités médicales ;
- en 2024, 115 travailleurs liés à des activités dentaires ont été suivis pour l'exposition des extrémités (contre 113 travailleurs « exposés » en 2023), ainsi que 136 travailleurs liés à des activités vétérinaires contre 94 en 2023 ;
- l'effectif suivi dans le domaine nucléaire représente près de 30 % de l'effectif total, contre 25 % en 2023. Les secteurs du démantèlement des installations nucléaires et de l'aval du cycle comptent le plus grand nombre de travailleurs suivis, avec respectivement 22 % et 27 % de l'effectif total suivi dans ce domaine, des proportions similaires à celles de 2023 ;

- l'industrie non nucléaire représente environ 6 % de l'effectif total (similaire à 2023, où il était de 7 %), et la recherche et l'enseignement représente près de 5 % (similaire à 2023, où il était de 6 %) ;

La dose équivalente moyenne pour l'effectif suivi dans le cadre de l'exposition des extrémités est de 6,03 mSv en 2024. L'analyse des résultats montre que :

- les travailleurs du domaine nucléaire sont les plus exposés, avec une dose équivalente moyenne aux extrémités de 8,32 mSv ;
- les travailleurs des activités médicales suivent avec une dose équivalente moyenne aux extrémités de 5,68 mSv, tandis que les activités vétérinaires conduisent à une dose équivalente moyenne aux extrémités de 1,73 mSv ;
- le domaine de la recherche et de l'enseignement, la catégorie « Autres », ainsi que les activités dentaires (0,47 mSv) regroupent les travailleurs ayant la plus faible exposition.

La Figure 21 ci-après présente, pour 2024, la répartition de la dose équivalente totale aux extrémités par domaine d'activité.

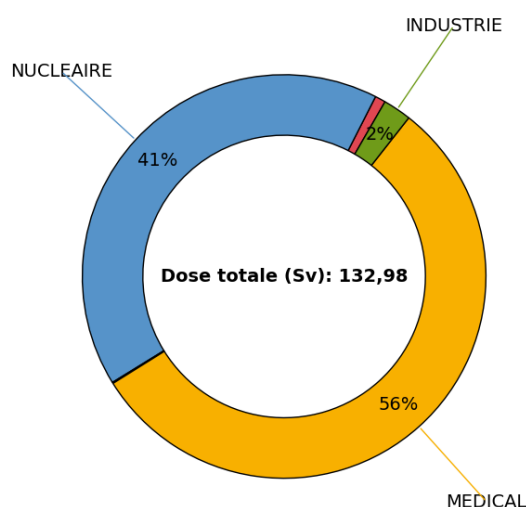


Figure 21 : Surveillance de l'exposition des extrémités en 2024 – répartition de la dose équivalente totale par domaine d'activité

La dose équivalente totale aux extrémités en 2024 est de 132,98 Sv, comparée à 138,61 Sv en 2023. Il convient de noter que les travailleurs du domaine médical et du domaine nucléaire concentrent 97 % de cette dose équivalente totale aux extrémités.

Les doses équivalentes maximales par domaine d'activité, enregistrées en 2024 dans le cadre de la surveillance de l'exposition des extrémités, sont détaillées dans le Tableau 8 ci-après. Il apparaît que les doses équivalentes aux extrémités les plus élevées ont été observées dans le domaine médical (304 mSv) et dans le domaine nucléaire (270,65 mSv). Aucun dépassement de la VLEP de 500 mSv pour la dose équivalente aux extrémités n'a toutefois été observé en 2024.

Tableau 8 : Surveillance de l'exposition des extrémités en 2024 – dose équivalente maximale aux extrémités par domaine d'activité

	Médical	Nucléaire	Industrie	Recherche et enseignement	Naturel	Autres
Dose équivalente maximale aux extrémités (mSv)	304	270,65	103,66	126,95	2,55	35,15

Les résultats concernant la répartition des effectifs selon leur exposition en 2024, par domaine d'activité, sont présentés dans la Figure 22 ci-après.

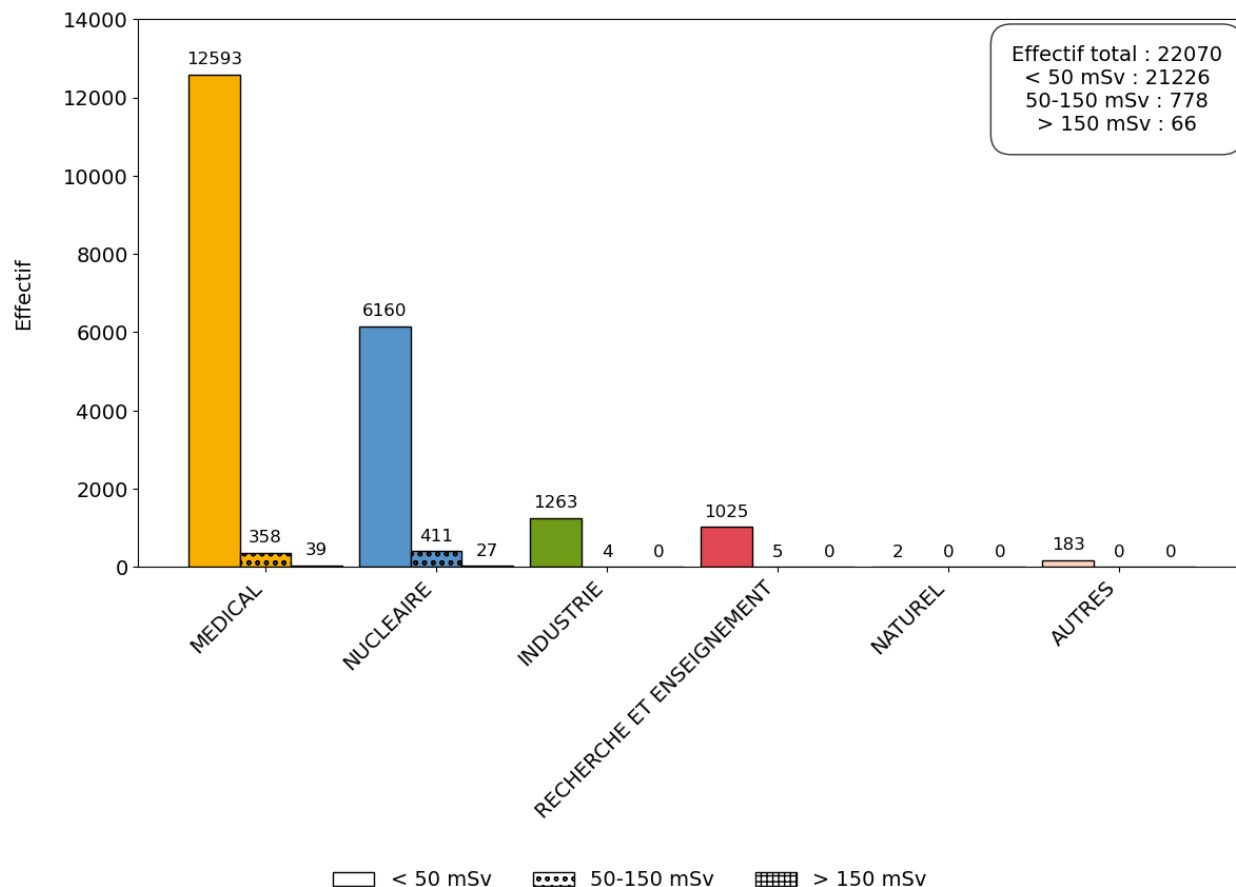


Figure 22 : Surveillance de l'exposition des extrémités en 2024 – répartition des effectifs en fonction des différentes classes de dose équivalente aux extrémités et par domaine d'activité

L'analyse des données agrégées, réparties suivant trois classes de dose équivalente aux extrémités (< 50 mSv, 50-150 mSv, > 150 mSv), montre que :

- environ 96% des travailleurs faisant l'objet d'une SDI pour les extrémités ont une exposition inférieure à la dose équivalente de 50mSv sur l'année. Les domaines médical et nucléaire représentent respectivement 59 % et 29 % de l'effectif total dans cette classe de dose équivalente aux extrémités ;
- environ 4 % des travailleurs suivis sont exposés entre 50 et 150 mSv. Dans cette classe de dose équivalente aux extrémités, les domaines médical et nucléaire représentent respectivement 46 % et 53 % des travailleurs ;
- 66 travailleurs ont été exposés à plus de 150 mSv, dont 39 relèvent du domaine médical et 27 du domaine nucléaire.

05 Dosimétrie « cristallin »

Ce chapitre présente les résultats de la SDI du cristallin pour l'année 2024, répartis selon les différents domaines d'activité. Le domaine médical regroupe les activités médicales, dentaires et vétérinaires sans distinction. La catégorie « Autres » comprend les activités des organismes d'inspection et de contrôle. Le Tableau 24 en annexe du présent rapport (cf. page 88) présente les données agrégées, incluant notamment les informations détaillées sur les activités médicales, dentaires et vétérinaires de manière distincte, ainsi que les données relatives à chaque classe de dose équivalente au cristallin (< seuil, seuil à 1 mSv, 1–5 mSv, 5–10 mSv, 10–15 mSv, 15–20 mSv, et > 20 mSv).

En 2024, un effectif total de 5 024 travailleurs a été suivi pour la dosimétrie du cristallin (cf. Figure 23 ci-après).

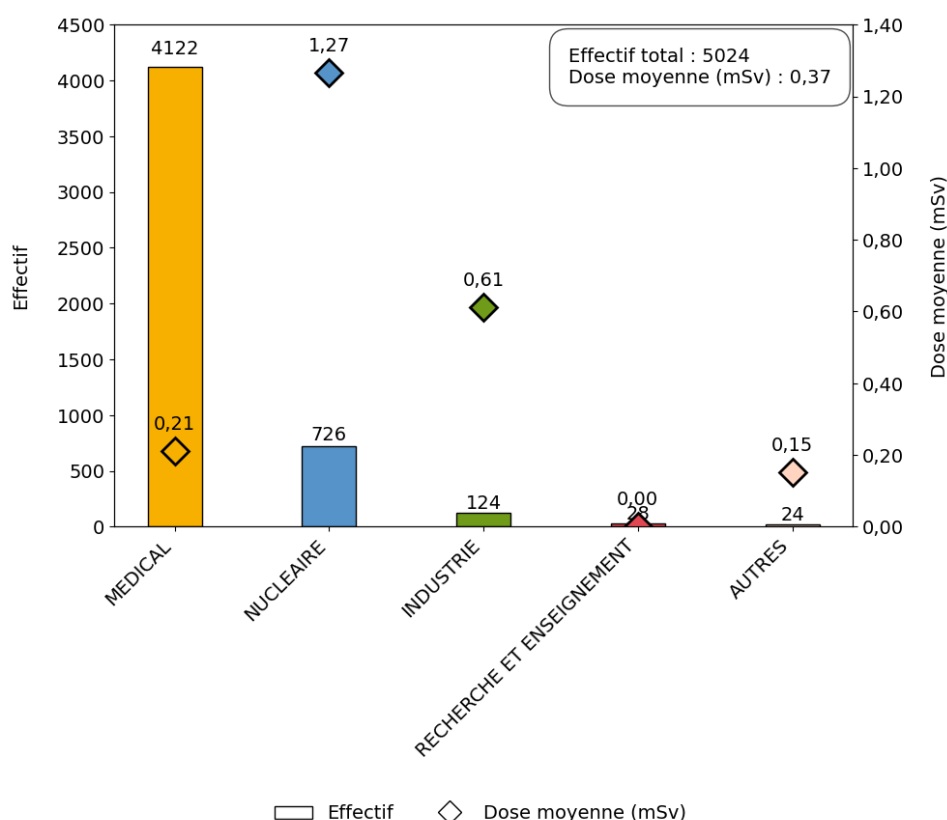


Figure 23 : Surveillance de l'exposition du cristallin en 2024 – répartition de l'effectif et de la dose équivalente moyenne au cristallin par domaine d'activité

L'analyse des résultats de la répartition des effectifs par domaine d'activité, présentée dans la Figure 23 ci-avant, permet de constater les points suivants :

- en 2024, 82 % de l'effectif total suivi appartient au domaine médical (activités médicales, dentaires et vétérinaires, sans distinction), soit la même proportion qu'en 2023. Parmi les travailleurs des activités médicales, près de 77 % sont dans le secteur des pratiques interventionnelles radioguidées, et environ 17 % dans celui du radiodiagnostic. Trois travailleurs ont été suivis dans les activités dentaires en 2024 (cf. Tableau 24 en annexe du présent rapport, page 88), un nombre similaire à celui des travailleurs « classés » en 2023. Le nombre de travailleurs suivis dans les activités vétérinaires s'élève à 47, contre 54 travailleurs « exposés » en 2023 ;

- le domaine nucléaire représente environ 14 % de l'effectif total suivi, et l'industrie non nucléaire moins de 3 %. Dans le domaine nucléaire, environ 63 % des travailleurs sont affectés au secteur du démantèlement des installations nucléaires, tandis que 18 % sont affectés au secteur de la logistique et maintenance ;
- 28 travailleurs ont été suivis dans le domaine de la recherche et l'enseignement en 2024.

La Figure 24 ci-après présente la répartition de la dose totale par domaine d'activité. **La dose équivalente totale pour l'exposition du cristallin est de 1,87 Sv en 2024**, valeur comparable à celle de 2023 (1,95 Sv). L'analyse de la répartition de cette dose équivalente totale au cristallin par domaine d'activité montre que :

- la répartition est presque équivalente entre le domaine médical (47 %) et le domaine nucléaire (49 %), une tendance différente de celle observée les années précédentes ;
- les travailleurs du domaine de l'industrie non nucléaire contribuent à hauteur de 4 % à la dose équivalente totale au cristallin, tandis que le domaine de la recherche et de l'enseignement n'a pas enregistré de contribution, aucun travailleur n'ayant dépassé le seuil d'enregistrement des dosimètres à lecture différée pour la SDI de l'exposition du cristallin, fixé à 0,1 mSv.

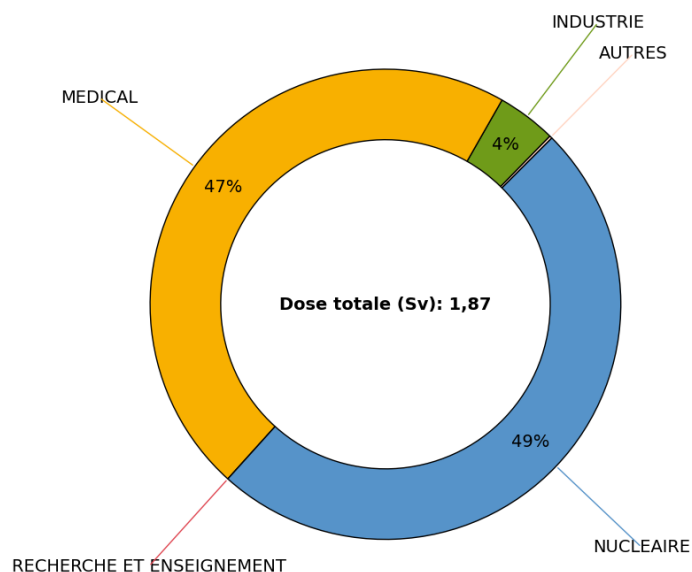


Figure 24 : Surveillance de l'exposition du cristallin en 2024 – répartition de la dose équivalente totale au cristallin par domaine d'activité

En 2024, la dose équivalente moyenne pour l'exposition du cristallin, calculée sur l'ensemble des travailleurs suivis, est de 0,37 mSv. L'analyse de la répartition de cette dose équivalente moyenne au cristallin par domaine d'activité, présentée dans la Figure 23 ci-avant, met en évidence les éléments suivants :

- les travailleurs du domaine nucléaire sont les plus exposés en moyenne, avec une dose équivalente moyenne au cristallin de 1,27 mSv, suivis par ceux de l'industrie non nucléaire (0,61 mSv) ;
- les doses équivalentes moyennes au cristallin sont plus faibles dans les domaines des activités médicales (0,21 mSv) et vétérinaires (0,15 mSv), ainsi que pour les travailleurs classés dans la catégorie « Autres » ;
- dans les activités dentaires et dans le domaine de la recherche et l'enseignement, l'exposition est inférieure au seuil d'enregistrement des dosimètres à lecture différée, soit inférieure à 0,1 mSv.

Le Tableau 9 ci-après présente les doses équivalentes maximales enregistrées en 2024 pour l'exposition du cristallin, selon le domaine d'activité. Il ressort que la dose équivalente individuelle la plus élevée enregistrée dans SISERI en 2024 pour l'exposition du cristallin est de 18,91 mSv, restant inférieure à la VLEP de 20 mSv pour la dose équivalente au cristallin. Cette dose a été reçue par un travailleur du domaine nucléaire, spécifiquement dans le secteur de la logistique et maintenance. Dans le domaine médical, la dose équivalente maximale au cristallin enregistrée, de 15,31 mSv, a été reçue par un travailleur du secteur du radiodiagnostic.

Tableau 9 : Surveillance de l'exposition du cristallin en 2024 – dose équivalente maximale au cristallin par domaine d'activité

	Médical	Nucléaire	Industrie	Recherche et enseignement	Autres
Dose équivalente maximale au cristallin (mSv)	15,31	18,91	7,25	0	3,34

Les résultats de la répartition des effectifs selon leur niveau d'exposition en 2024, présentés dans la Figure 25 ci-après, montrent que :

- environ 90% des travailleurs faisant l'objet d'une SDI pour le cristallin ont une exposition inférieure à la dose équivalente de 1mSv sur l'année;
- moins de 10 % des travailleurs ont une exposition comprise entre 1 mSv et 5 mSv, et plus de la moitié de ces travailleurs (57 %) appartiennent au domaine nucléaire ;
- 71 travailleurs ont reçu des doses équivalentes au cristallin supérieures à 5 mSv en 2024, dont 45 dans le domaine médical. Parmi ces 45 travailleurs, 40 appartiennent au secteur des pratiques interventionnelles, et cinq au secteur du radiodiagnostic.

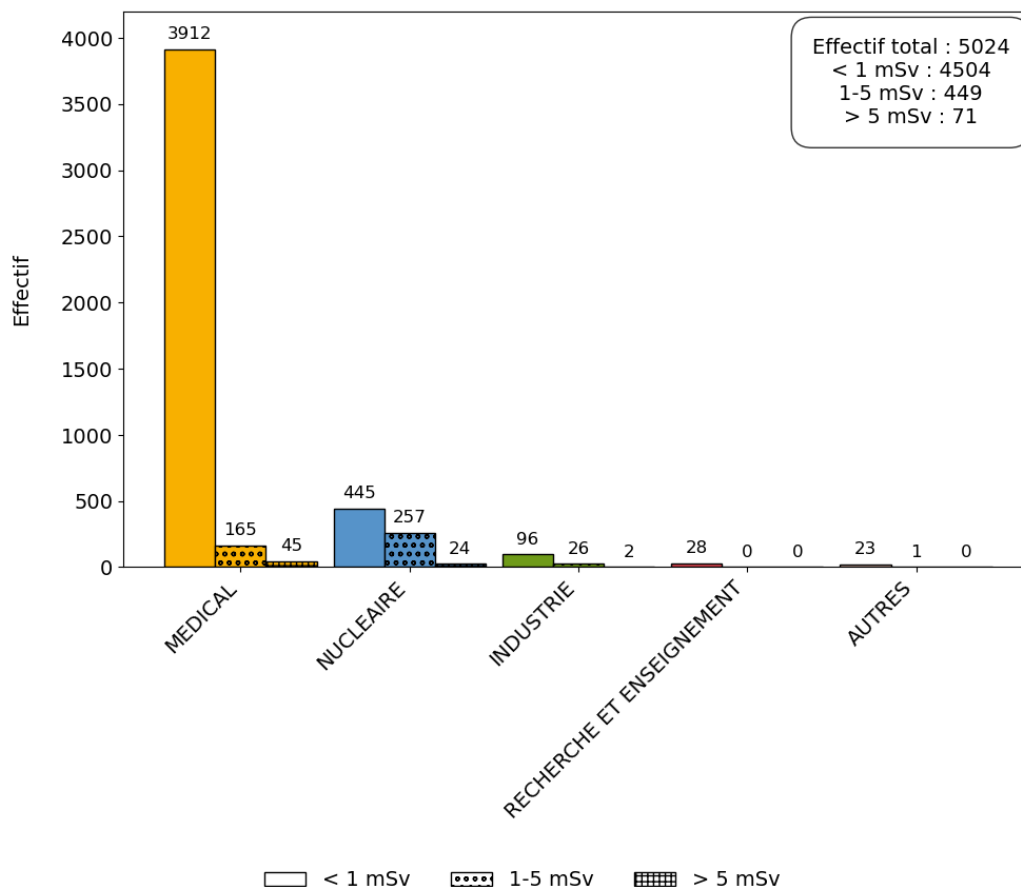


Figure 25 : Surveillance de l'exposition du cristallin en 2024 – répartition des effectifs en fonction des différentes classes de dose équivalente au cristallin et par domaine d'activité

Bilan des expositions internes

06 Surveillance de routine

La Figure 26 ci-après présente, par domaine d'activité, le nombre total d'analyses et le nombre d'analyses positives, indiquant une contamination interne. L'exposition des travailleurs dans ces différents domaines est liée à l'inhalation ou l'ingestion de radionucléides dans le cadre de leur activité professionnelle. Les analyses sont considérées comme positives lorsque le résultat dépasse la limite de détection (LD). Ces analyses comprennent des examens anthroporadiométriques et des analyses radiotoxicologiques (cf. Chapitre « Modalités de la surveillance », en annexe du présent rapport, page 66).

Pour ce qui concerne les travailleurs exposés au radon⁷, la SDI interne est assurée par le port d'un détecteur externe à lecture différée (cf. Chapitre « Modalités de la surveillance », en annexe du présent rapport, page 68).

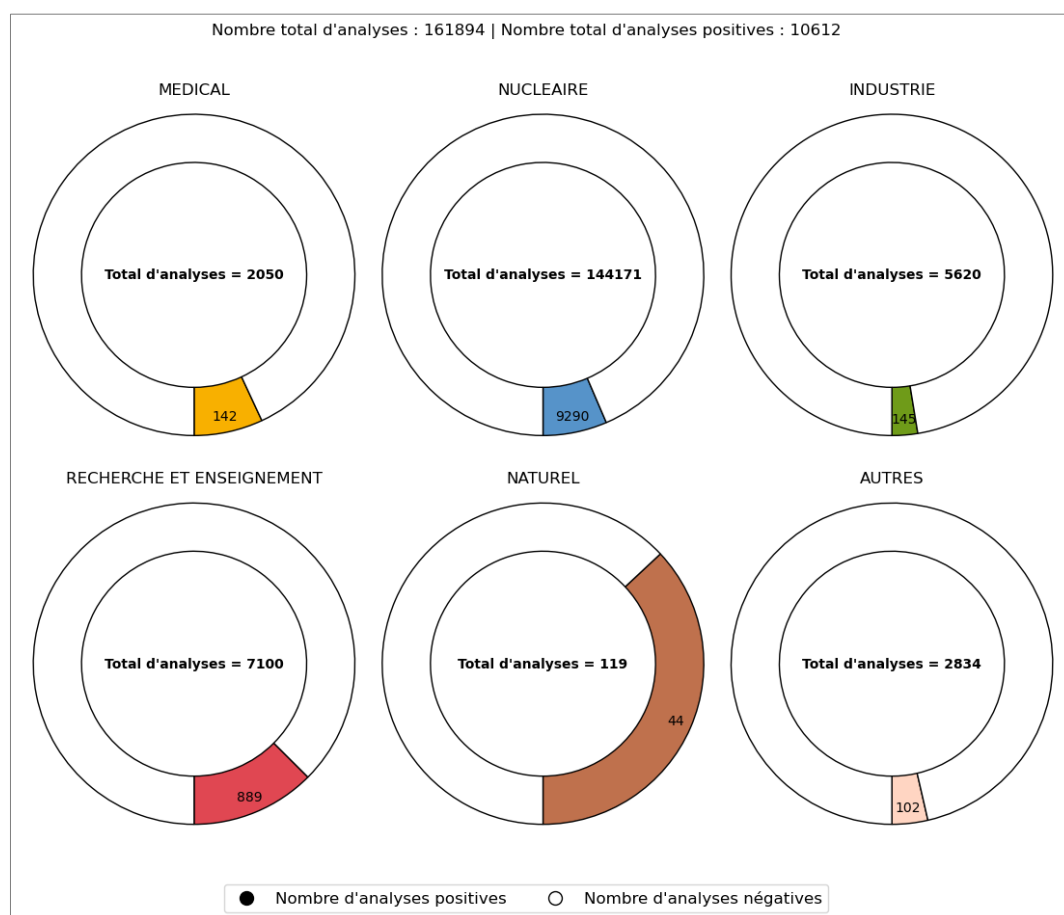


Figure 26 : Surveillance de routine de l'exposition interne en 2024 – nombre d'analyses dans les différents domaines d'activité

En 2024, un total de 161 894 analyses a été réalisé dans le cadre de la surveillance de routine. Parmi ces analyses, 10 612 ont donné des résultats positifs, soit 6 % du nombre total d'analyses, contre 0,6 % en 2023. Ci-après la répartition des analyses par domaine d'activité :

- la très grande majorité des analyses (89 %) ont été réalisées pour des travailleurs du domaine nucléaire dont 35 % dans le secteur de la logistique et maintenance, 19 % dans le démantèlement des installations

⁷ Le décret 2024-1238 article R 4451-65 du 30 décembre 2024 précise que la SDI interne "radon" ne peut être réalisée qu'avec des détecteurs externes actifs à lecture différée. Le bilan de 2024 étant antérieur à cette date, les résultats présentés comportent des mesures réalisées avec des détecteurs passifs à lecture différée.

nucléaires, 19 % dans la catégorie « Autres du nucléaire » et 18 % dans le secteur des réacteurs de production d'énergie. Il convient de noter que les analyses positives (9 290) sont également majoritaires dans ce domaine, avec près de 88 % des résultats positifs. Moins de 1 % proviennent du secteur des réacteurs de production d'énergie, mais 36 % concernent le démantèlement, 23 % la logistique et maintenance, et 21 % la catégorie « Autres du nucléaire » ;

- le domaine médical représente une part plus réduite du total des analyses (2 050 analyses, soit moins de 2 %). La majorité de ces analyses sont réalisées dans le secteur de la médecine nucléaire (81 %, contre 70 % en 2023). Il est à noter que 7 % des analyses dans ce domaine se sont révélées positives. Parmi les analyses positives (142), 130 concernent la médecine nucléaire, six relèvent de la catégorie « Autres du domaine médical », quatre du secteur du radiodiagnostic, une du secteur de la radiothérapie et une du secteur des pratiques interventionnelles radioguidées ;
- le domaine de l'industrie non nucléaire représente environ 3 % du nombre total d'analyses. Parmi ces analyses, 6 % ont donné des résultats positifs. Les analyses positives concernent principalement des travailleurs de la catégorie « Autres de l'industrie » (46 %). Viennent ensuite les travailleurs de la logistique et maintenance (19 %), puis de la production et le conditionnement de radio-isotopes et le contrôle non destructif (respectivement 15 % et 14 %) ;
- sur les 7 100 analyses de routine réalisées dans le domaine de la recherche et l'enseignement, plus de 74 % concernent les installations de recherche liées au nucléaire. Ce secteur enregistre également la plus grande proportion d'analyses positives, avec 627 résultats positifs sur un total de 889 ;
- 119 analyses ont été enregistrées en 2024 pour des travailleurs exposés à des matières premières, résidus ou déchets contenant des niveaux élevés en radionucléides naturels. Parmi ces analyses, 44 se sont révélées positives, soit environ 37 % du nombre total d'analyses pour ce domaine ;
- la catégorie « Autres », qui regroupe les travailleurs susceptibles d'intervenir en situation d'urgence (pompiers, protection civile, etc.) ainsi que ceux des organismes d'inspection et de contrôle, est concernée par 2 834 analyses, correspondant à près de 2 % du nombre total d'analyses. Parmi celles-ci, environ 3 % (102) se sont révélées positives.

Les différentes techniques de surveillance de routine de l'exposition interne mises en œuvre (cf. Chapitre « Modalités de la surveillance », en annexe du présent rapport, page 66) se répartissent entre :

- les examens anthroporadiométriques, qui demeurent le moyen de surveillance le plus fréquemment utilisé, avec 93 944 analyses réalisées, soit 58 % du nombre total d'analyses ;
- les analyses radiotoxicologiques des urines représentent 29 119 analyses, soit près de 18 % du nombre total d'analyses ;
- les analyses radiotoxicologiques des selles représentent 19 497 analyses, soit 12 % du nombre total d'analyses.
- bien qu'ils ne soient pas destinés à l'estimation dosimétrique, les comptages sur mouchages sont également utilisés, avec 16 789 analyses, soit environ 10 % du nombre total d'analyses ;
- les autres méthodes de prélèvements, comme des frottis, totalisent 2 437 analyses, soit moins de 2 % du nombre total d'analyses.

Le choix de la technique utilisée dépend à la fois de la nature des radionucléides potentiellement incorporés et de considérations logistiques (cf. Chapitre « Modalités de la surveillance », en annexe du présent rapport, page 66). Il convient de noter qu'une harmonisation a été adoptée par certains Services de Prévention et de Santé au Travail pour le décompte des analyses : depuis 2021, le nombre d'analyses est comptabilisé isotope par isotope dans l'échantillon (par exemple, pour le plutonium : 1 analyse pour le Pu238 + 1 analyse pour le Pu239), et non plus par échantillon d'excréta.

La Figure 27 ci-après présente, par domaine d'activité, le nombre total de travailleurs suivi pour une exposition interne et le nombre de travailleurs ayant au moins un résultat positif lors de la surveillance de routine en 2024. Parmi les 58 229 travailleurs soumis à au moins un examen en raison d'un suivi de l'exposition interne, 2 362 ont présenté au moins une analyse positive, soit environ 4 % de l'effectif total.

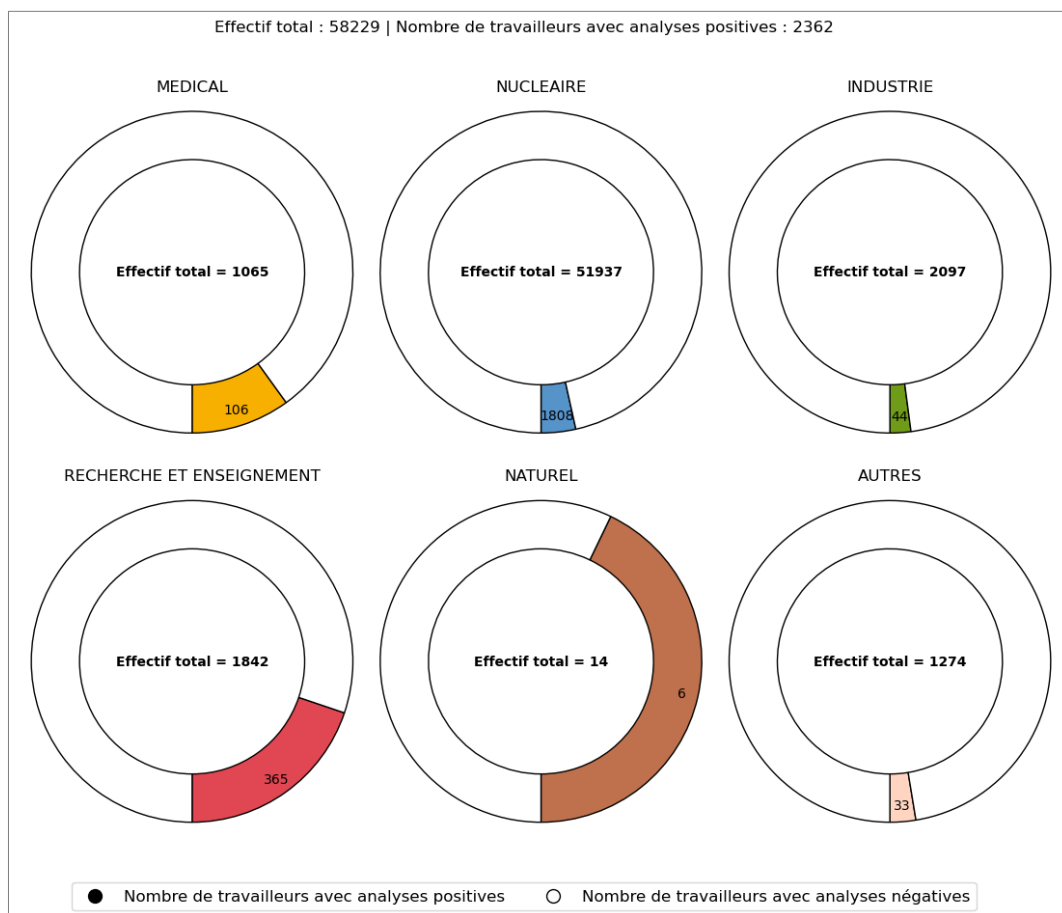


Figure 27 : Surveillance de routine de l'exposition interne en 2024 – nombre de travailleurs avec au moins une analyse positive dans les différents domaines d'activité

Les résultats révèlent que :

- le domaine nucléaire regroupe environ 76 % des travailleurs (tous domaines confondus) ayant obtenu au moins un résultat positif en 2024. Parmi les 51 937 travailleurs suivis dans ce domaine, moins de 4 % ont présenté un résultat positif ;
- dans le domaine médical, sur les 1 065 travailleurs ayant réalisé au moins un examen pour le suivi de l'exposition interne en 2024, 106 ont obtenu un résultat positif, soit 10 % ;
- sur les 2 097 travailleurs suivis pour l'exposition interne dans le domaine de l'industrie non nucléaire, 44 ont présenté au moins un résultat positif, soit 2 % ;
- parmi les 14 travailleurs soumis à un examen pour le suivi de l'exposition interne dans le domaine de l'exposition à la radioactivité naturelle, six ont obtenu au moins un résultat positif.

La Figure 28 ci-après présente l'évolution du nombre total d'analyses et du nombre de travailleurs ayant obtenu au moins un résultat positif entre 2017 et 2024. De l'examen de ces chiffres, il convient de retenir les points suivants.

Avant 2024, les données étaient collectées par le biais de questionnaires envoyés à l'ensemble des OA responsables de la transmission des résultats de l'exposition interne dans SISERI ([2], [3], [4], [5], [6]). Les résultats collectés montraient les tendances suivantes :

- le nombre total d'analyses réalisées entre 2017 et 2023 a varié, avec une baisse en 2020, suivie d'une augmentation de 3 % en 2023 par rapport aux années 2022 et 2021 ;
- le nombre de travailleurs ayant obtenu un examen positif entre 2017 et 2023 est resté globalement stable par rapport au nombre total d'analyses effectuées.

En 2024, pour la première fois, les données de SISERI ont été utilisées pour présenter le nombre d'analyses réalisées ainsi que le nombre de travailleurs ayant présenté au moins un résultat positif (cf. Chapitre « *Méthode suivie pour établir le bilan annuel* », en annexe du présent rapport, page 76). Comparativement aux années précédentes, les résultats de 2024 permettent de constater que :

- le nombre total d'analyses est significativement plus bas en 2024 par rapport aux années antérieures. Cette baisse est principalement due à l'absence, dans SISERI, des examens effectués sur les prélèvements nasaux, qui ne sont pas destinés à des fins d'estimation dosimétrique ;
- le nombre de travailleurs ayant présenté au moins un examen positif a considérablement augmenté en 2024 (2 362 travailleurs) par rapport aux années précédentes (785 travailleurs en 2023). Cette hausse s'explique principalement par l'utilisation, en 2024, des données issues de SISERI, alors qu'auparavant, les informations étaient recueillies via un questionnaire adressé aux organismes accrédités, dont les retours étaient non exhaustifs.

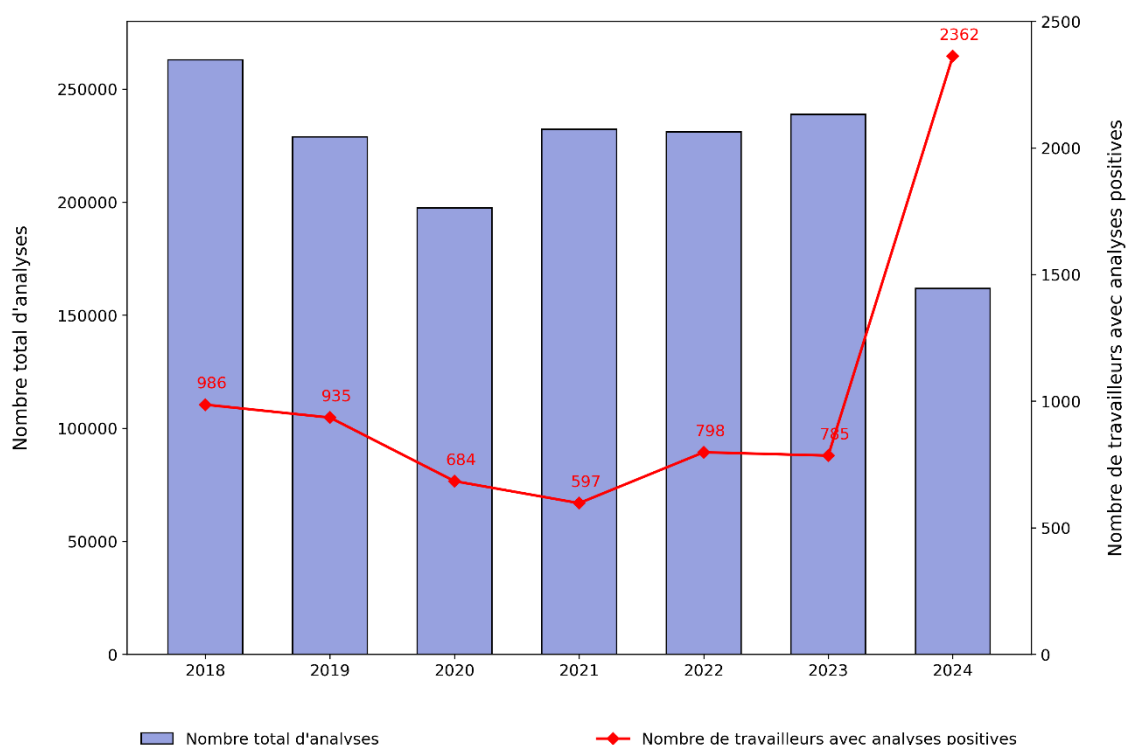


Figure 28 : Surveillance dosimétrique de routine de l'exposition interne – évolution du nombre total d'analyses et du nombre de travailleurs avec au moins un résultat positif de 2018 à 2024, tous domaines confondus

07 Surveillance spéciale

Ce chapitre concerne la surveillance spéciale qui est mise en place à la suite d'événements anormaux, réels ou suspectés. Les analyses sont considérées comme positives lorsque leur résultat dépasse la limite de détection (LD). Les Figures 29 et 30 ci-après présentent les résultats des analyses et le nombre de travailleurs ayant présenté au moins un résultat positif dans le cadre de la surveillance spéciale, répartis par domaine d'activité.

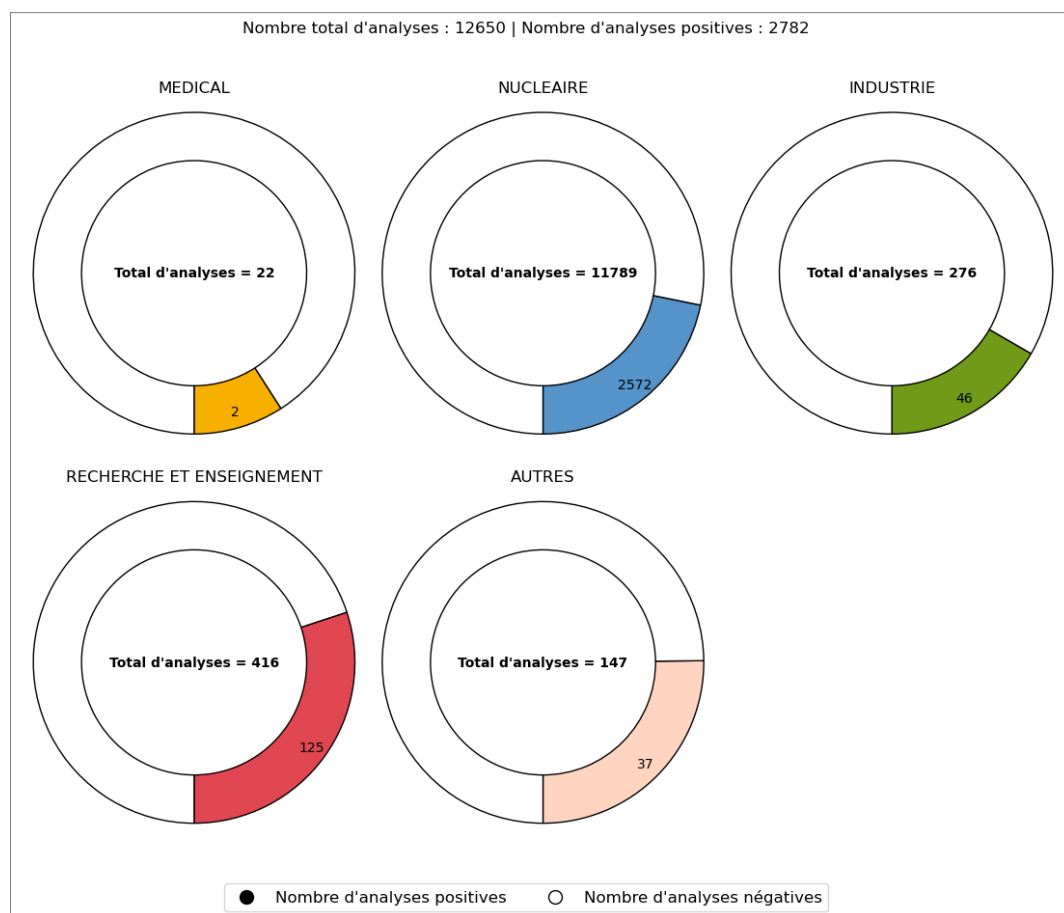


Figure 29 : Surveillance spéciale de l'exposition interne en 2024 – nombre d'analyses dans les différents domaines d'activité

Les principaux enseignements de ces résultats sont les suivants :

- en 2024, le nombre total d'analyses réalisées dans le cadre de la surveillance spéciale est de 12 650, soit une augmentation de 39 % par rapport à 2023 (données recueillies via un questionnaire adressé aux laboratoires de dosimétrie). Ce chiffre est toutefois équivalent au nombre total d'analyses enregistré dans SISERI pour l'année 2023, qui est de 12 449 analyses ;
- la majorité des analyses (93 %) ont concerné le domaine nucléaire, contre 86 % en 2023. Ces analyses ont principalement porté sur les secteurs de la logistique et maintenance (5 816 analyses), ainsi que le démantèlement des installations (2 227 analyses). Dans le secteur des réacteurs de production d'énergie, 960 analyses ont été réalisées ;
- sur les 416 analyses effectuées dans le domaine de la recherche, environ 92 % ont concerné les installations de recherche liées au nucléaire, une proportion en légère baisse par rapport à 2023 (96 %) ;
- dans le domaine des activités médicales, la majorité des analyses ont été réalisées dans le secteur de la médecine nucléaire (neuf analyses sur les 22 réalisées dans le domaine médical) ainsi que dans la catégorie « Autres du médical » (neuf analyses) ;

Dans le cadre de la surveillance spéciale, les analyses positives représentent 22 % du total des analyses effectuées, contre 17 % en 2023). Comme pour les années précédentes, les mêmes constats peuvent être faits pour 2024, à savoir :

- les analyses positives sont très majoritairement concentrées dans le domaine nucléaire, avec environ 92 % du total des analyses positives, tous domaines confondus ;
- dans le domaine nucléaire, le pourcentage d'analyses positives par rapport au nombre total d'analyses s'élève à près de 22 %, ce qui est relativement comparable à 2023 (19 %). Parmi ces analyses positives, 45 % concernent le secteur de la logistique et maintenance, et 30 % le secteur du démantèlement des installations ;
- le nombre d'analyses positives demeure faible dans les autres domaines d'activité.

En 2024, 368 travailleurs ont obtenu au moins un résultat positif dans le cadre de la surveillance spéciale, contre 421 en 2023. La majorité de ces travailleurs provient du domaine nucléaire, représentant 90 % de l'ensemble des travailleurs ayant présenté un résultat positif. Toutefois, c'est dans le domaine de la recherche que l'on observe la plus forte proportion de travailleurs ayant obtenu au moins un résultat positif : 17 travailleurs sur les 42 du domaine.

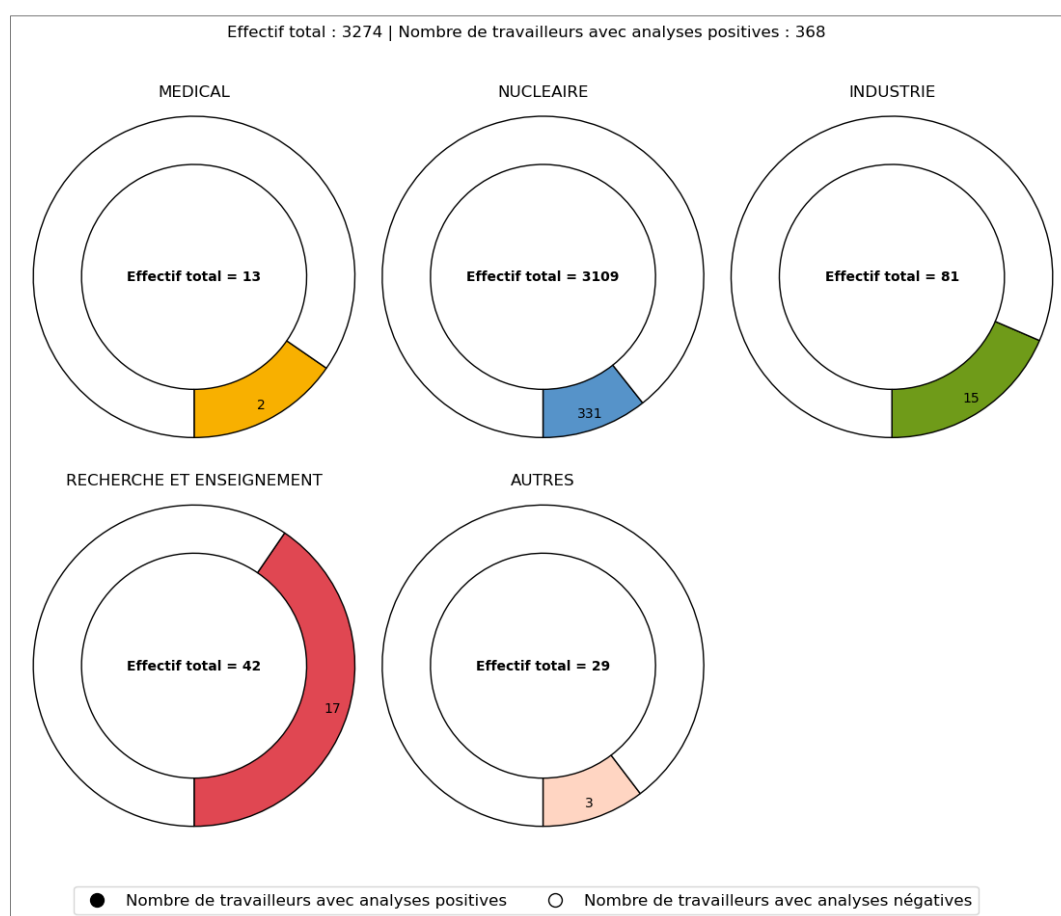


Figure 30 : Surveillance spéciale de l'exposition interne en 2024 – nombre de travailleurs avec au moins une analyse positive dans les différents domaines d'activité

08 Surveillance dosimétrique de l'exposition interne

Ce chapitre concerne les résultats de la surveillance de l'exposition interne en 2024, répartis par domaine d'activité. Ces résultats reposent à la fois sur les examens anthroporadiométriques et radiotoxiques, ainsi que sur le port d'un détecteur externe à lecture différée, dans le cadre de la surveillance dosimétrique de l'exposition au radon (cf. Chapitre « Modalités de la surveillance », en annexe du présent rapport, page 66). Outre la dose moyenne calculée sur l'ensemble de l'effectif suivi, le Tableau 25 en annexe du présent rapport (cf. page 89) présente la dose efficace engagée moyenne calculée pour les travailleurs ayant reçu une dose efficace engagée supérieure à 0,1 mSv, ainsi que les données détaillées pour chaque classe de doses (< seuil, seuil à 1 mSv, 1-5 mSv, 5-10 mSv, 10-15 mSv, 15-20 mSv, > 20 mSv).

La Figure 31 ci-après présente la répartition, par domaine d'activité, des doses efficaces engagées moyennes et des effectifs suivis pour les expositions internes en 2024. Cette année, **394 travailleurs ont été identifiés dans SISERI comme ayant fait l'objet d'un calcul de dose efficace engagée**. Ce chiffre, en diminution par rapport à 2023 (648 travailleurs), représente moins de 0,5 % de l'effectif total suivi pour l'exposition externe et interne.

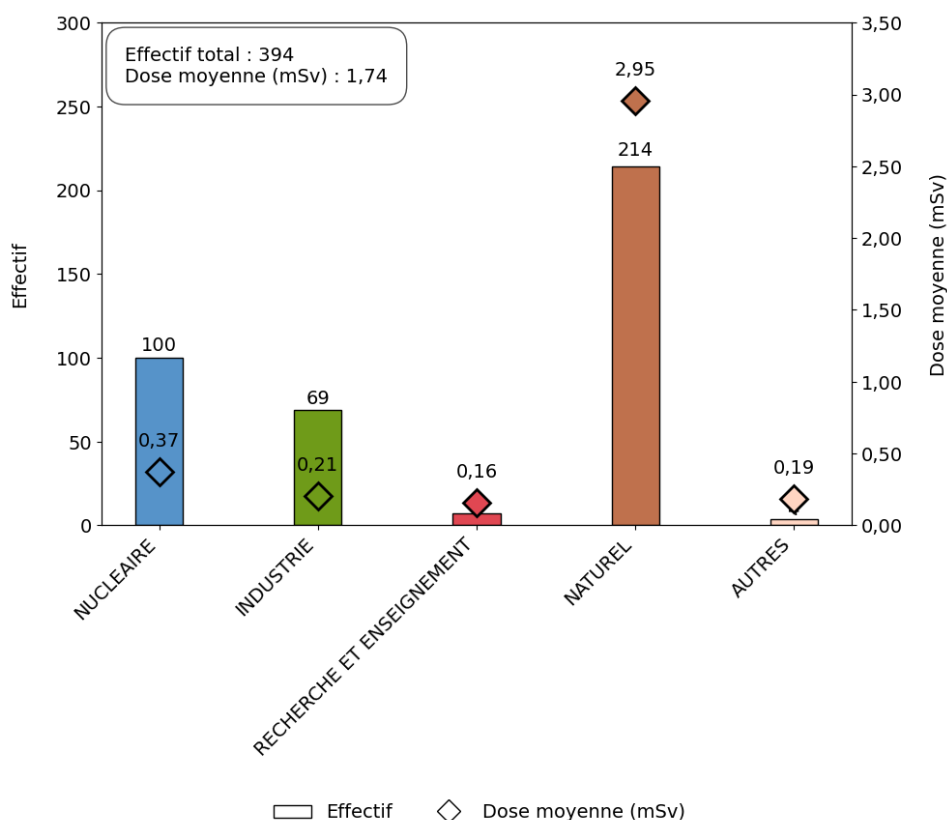


Figure 31 : Surveillance de l'exposition interne en 2024 – répartition de l'effectif et de la dose efficace engagée moyenne par domaine d'activité

Parmi ces 394 travailleurs, 65 sont suivis pour l'exposition interne au radon provenant du sol. Les 329 autres ont vu leur dose engagée calculée à la suite d'examens anthroporadiométriques ou radiotoxiques, avec transmission des résultats dans SISERI. Ce chiffre reste faible par rapport aux 2 362 travailleurs ayant présenté au moins une analyse positive en 2024, soit un taux d'intégration des doses engagées d'environ 14 %. Ce résultat indique que, bien que les résultats des examens soient correctement transmis dans SISERI par les OA, la saisie des résultats de doses efficaces engagées par les professionnels de santé au travail n'est pas encore exhaustive.

L'analyse de ces chiffres, par domaine d'activité, tend à montrer que :

- le domaine de l'exposition à la radioactivité naturelle représente l'effectif le plus important, avec un peu plus de la moitié (54 %) de l'effectif total. Parmi les 214 travailleurs suivis dans ce domaine, la majorité concerne

l'exposition aux NORM et autres sources naturelles (149 travailleurs), soit près de 70 % de l'effectif du domaine (contre 65 % en 2023) ;

- l'effectif suivi pour l'exposition interne reste faible dans les autres domaines d'activité, avec un total de 180 travailleurs, dont 100 travailleurs dans le domaine nucléaire, 69 dans l'industrie non nucléaire, sept dans la recherche et l'enseignement et quatre dans la catégorie « Autres ».

La Figure 32 ci-après présente la répartition de la dose efficace engagée collective par domaine d'activité en 2024.

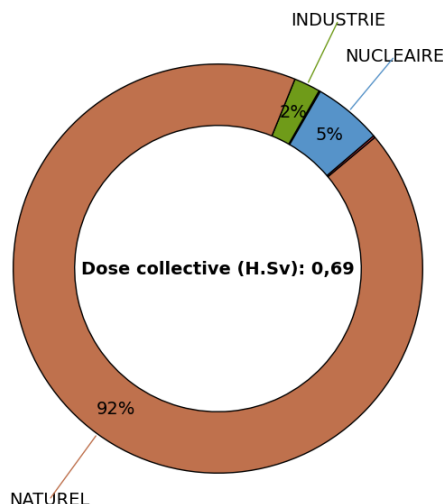


Figure 32 : Surveillance de l'exposition interne en 2024 – répartition de la dose efficace engagée collective par domaine d'activité

La dose efficace engagée collective est estimée à 0,69 H.Sv, représentant une contribution de moins de 1 % à la dose efficace collective totale (exposition externe et interne). En termes de répartition par domaine d'activité :

- l'exposition à la radioactivité naturelle représente 92 % de la dose efficace engagée collective totale. Sur la dose efficace engagée collective de ce domaine (0,63 H.Sv), les secteurs de l'exposition aux NORM et autres sources naturelles comptent pour environ 12 %, soit 0,08 H.Sv ;
- la contribution des autres domaines d'activité demeure faible (0,06 H.Sv), représentant moins de 10 % de la dose efficace engagée collective totale.

Les résultats de la dose efficace engagée moyenne, présentés par domaine d'activité dans la Figure 31 ci-avant, montrent que :

- **la dose efficace engagée moyenne pour la SDI de l'exposition interne en 2024 est de 1,74 mSv** pour les 394 travailleurs ayant fait l'objet d'un calcul de dose efficace engagée ;
- l'exposition à la radioactivité naturelle est, en moyenne, la plus élevée, avec une dose efficace engagée moyenne de 2,95 mSv. Au sein de ce domaine, la dose efficace engagée moyenne est relativement faible pour l'exposition aux NORM et autres sources naturelles (0,51 mSv) ;
- l'exposition interne est, en moyenne, moins significative dans les autres domaines, variant de 0,37 mSv dans le domaine nucléaire à 0,16 mSv dans celui de la recherche et enseignement.

Les doses efficaces engagées maximales, par domaine d'activité, sont présentées dans le Tableau 10 ci-après.

Tableau 10 : Surveillance de l'exposition interne en 2024 – dose efficace engagée maximale par domaine d'activité

	Nucléaire	Industrie	Recherche et enseignement	Naturel	Autres
Dose efficace engagée maximale (mSv)	4,16	1,5	0,54	36,85	0,27

Les résultats relatifs à la répartition des effectifs par classe de dose, selon le domaine d'activité, sont présentés dans Figure 33 ci-après. Les principales observations qui en découlent sont les suivantes :

- la majorité des travailleurs suivis pour une exposition interne en 2024 ont reçu une dose inférieure à 1 mSv, représentant ainsi 314 travailleurs sur les 394 ayant fait l'objet d'un calcul de dose efficace engagée ;
- 43 travailleurs ont reçu une dose efficace engagée comprise entre 1 mSv et 5 mSv, dont la majorité provient du domaine de l'exposition à la radioactivité naturelle ;
- Aucun travailleur du domaine de la recherche n'a reçu une dose supérieure à 1 mSv en 2024 ;
- tous les travailleurs ayant reçu une dose supérieure à 5 mSv en 2024 proviennent du domaine de l'exposition à la radioactivité naturelle.

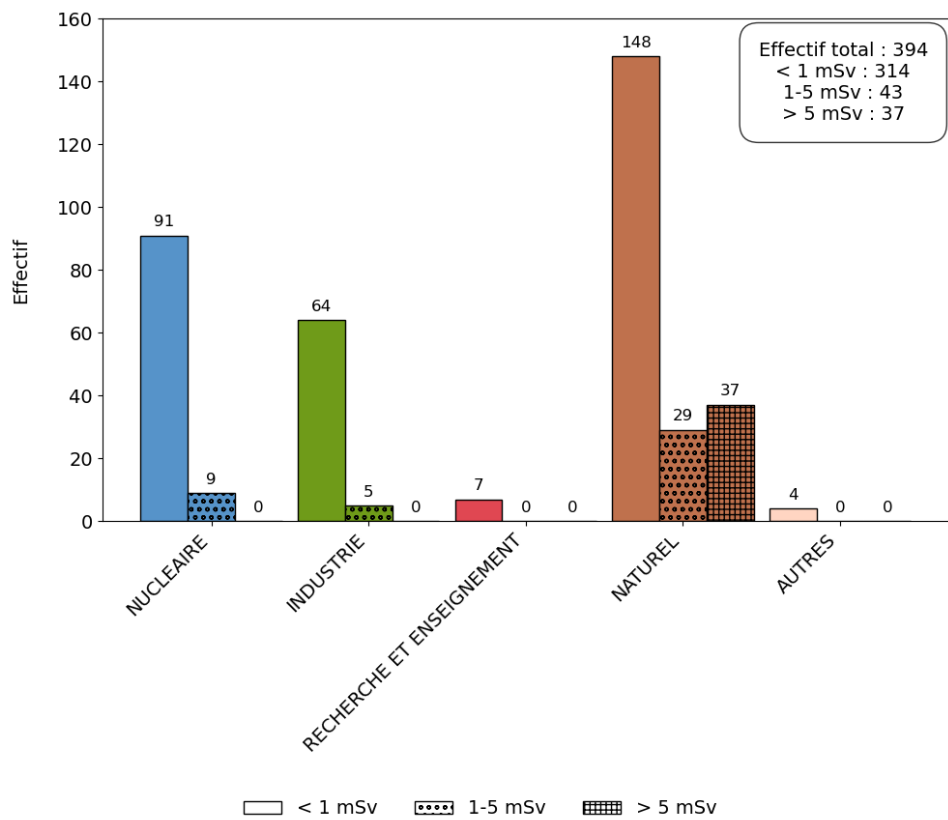


Figure 33 : Surveillance de l'exposition interne en 2024 – répartition des effectifs en fonction des différentes classes de dose efficace engagée et par domaine d'activité

En 2024, 65 travailleurs font l'objet d'une SDI pour une exposition au radon provenant du sol, dans le cadre d'un suivi individuel renforcé (SIR) par un médecin du travail formé sur ce risque (cf. Tableau 11 ci-après), contre 30 travailleurs en 2023. Il convient de souligner que ce bilan concernant l'exposition au radon ne peut pas être considéré comme exhaustif, car de nombreux travailleurs peuvent être exposés à une concentration annuelle moyenne supérieur au niveau de référence ($> 300 \text{ Bq/m}^3$) sur leur lieu de travail, sans pour autant disposer d'un suivi dosimétrique.

La dose efficace engagée collective liée à cette exposition au radon provenant du sol est de 0,55 H.Sv en 2024 (contre 0,01 H.Sv en 2023), soit 88 % de la dose efficace engagée collective due à l'exposition à la radioactivité naturelle. La dose efficace engagée moyenne atteint 8,50 mSv en 2024. Cette valeur élevée s'explique à la fois par l'application des nouveaux coefficient de dose qui sont plus importants depuis l'arrêté du 16 novembre 2023 et son application au 1^{er} janvier 2024 et par l'enregistrement de huit dépassements de la VLEP de 20 mSv pour la dose efficace concernant huit travailleurs, avec des doses comprises entre 21 et 37 mSv. Parmi ces dépassements, trois ont été confirmés par la médecine du travail responsable du SIR, tandis que pour les cinq autres travailleurs, leurs doses efficaces sont encore en cours d'analyse et n'ont pas encore été confirmées ni infirmées (cf. Chapitre « Dépassements des VLEP de doses efficaces et équivalentes », page 50 du présent rapport).

Parmi les 65 travailleurs exposés au radon en 2024, 47 ont reçu une dose efficace engagée supérieure à 1 mSv, dont 31 ont été exposés à plus de 6 mSv (cf. Tableau 11 ci-après).

Tableau 11 : Surveillance de l'exposition interne en 2024 – secteur de l'exposition au radon provenant du sol ou radon « géogénique »

Secteur d'activité	Effectif suivi	Dose efficace engagée collective (H. Sv)	Dose efficace engagée moyenne sur l'effectif suivi (mSv)	Répartition des effectifs par classe de dose		
				< 1 mSv	de 1 à 6 mSv	> 6 mSv
Activités s'exerçant dans un lieu entraînant une exposition professionnelle au radon provenant du sol ou radon « géogénique » et à ses descendants	65	0,55	8,50	18	16	31

Dépassements des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) aux rayonnements ionisants

09 Bilan 2024

En 2024, 32 cas de dépassements des VLEP aux RI ont été déclarés dans SISERI contre 36 cas en 2023. Conformément aux dispositions réglementaires en vigueur, l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), devenu l'Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection (ASNR) au 1^{er} janvier 2025, alerte immédiatement le médecin du travail, qui doit alors ouvrir une enquête afin de confirmer ou non la validité de la dose enregistrée dans SISERI (selon la procédure décrite en page 74 dans l'annexe du présent rapport). Parmi ces 32 cas de dépassement, 19 ont été écartés par les médecins du travail.

Le Tableau 12 ci-après présente une synthèse des cas de dépassements des VLEP aux RI retenus en 2024.

Tableau 12 : Dépassements des VLEP aux RI : bilan 2024

Limites réglementaire	Nombre de travailleurs
Dose efficace	11 ^(a)
Dose équivalente à la peau	2 ^(b)

^(a) Parmi les 11 cas, un cas ponctuel détecté en 2023 (23,49 mSv) a entraîné un dépassement sur une période de 12 mois glissants, de décembre 2023 à novembre 2024, et non sur l'année civile.

^(b) Un cas ponctuel détecté en 2023 a entraîné un dépassement sur une période de 12 mois glissants, de février 2023 à janvier 2024, et non sur l'année civile.

Sur la base du bilan après enquête, établi au 18 février 2024, treize cas de dépassements des VLEP aux RI ont été retenus en 2024, impliquant treize travailleurs.

La répartition, par domaine d'activité, des onze cas de dépassements de la VLEP de 20 mSv pour la dose efficace est la suivante :

- huit travailleurs, sur les onze cas recensés, ont été exposés à la radioactivité naturelle, spécifiquement au radon provenant du sol dans des grottes. Les doses reçues par ces travailleurs varient entre 21 mSv et 37 mSv. Parmi ces huit dépassements, trois sont ponctuels, c'est-à-dire qu'ils ne résultent pas du cumul de plusieurs doses mesurées au cours de l'année. Les cinq autres dépassements sont dus au cumul de doses au cours de l'année 2024 ;
 - cinq des huit dépassements sont liés à la transmission de résultats par un nouvel organisme de dosimétrie, qui ne répond pas à tous les critères du titre II de l'arrêté du 26 juin 2019 relatif à l'accréditation des organismes pouvant réaliser de la surveillance dosimétrique individuelle. Cet organisme, bien qu'accrédité selon la norme ISO 17025, ne peut réaliser en France que de la surveillance radiologique (SR) tant qu'il ne répond pas à tous les critères du titre II de l'arrêté du 26 juin 2019. En effet, pour l'exposition au radon dans les milieux souterrains, la Direction générale du travail préconise l'utilisation d'appareils détectant l'énergie alpha potentiel (EAP) et disposant d'un système actif de pompe pour aspirer l'air dès que le travailleur entre dans la zone radon. Des mesures sont actuellement mises en place sous la direction de la DGT pour transférer la SDI des travailleurs concernés vers un organisme accrédité utilisant des détecteurs EAP. Par ailleurs, trois des cinq cas de dépassement ont été confirmés par la médecine du travail. Ils s'expliquent principalement par l'entrée en vigueur, en 2024, de nouveaux coefficients de dose fixés à 3 ou 6 Sv/J.h.m⁻³ pour les descendants du radon 222, applicable aux travailleurs exerçant une activité physique soutenue ou non dans des lieux de travail intérieurs. Ces coefficients, définis par l'arrêté du 16 novembre 2023 [11], remplacent ceux

utilisé auparavant. Les trois travailleurs concernés par ces dépassements effectuent un effort physique important à l'intérieur de la grotte, où les concentrations en radon peuvent atteindre jusqu'à $5\,000\text{ Bq.m}^{-3}$;

- les trois autres dépassements concernent des travailleurs suivis par un organisme accrédité utilisant un détecteur individuel EAP. À la date de rédaction du rapport, les doses efficaces reçues par ces travailleurs n'avaient pas encore été confirmées ni infirmées par la médecine du travail ;
- dans le domaine médical, deux travailleurs ont reçu une dose efficace supérieure à 20 mSv en 2024. L'un des cas concerne un dépassement ponctuel enregistré en décembre 2023 dans le secteur du radiodiagnostic, avec une dose de 23,49 mSv. Ce dépassement est pris en compte sur une période de 12 mois glissants, de décembre 2023 à novembre 2024, et non sur l'année civile 2024. Le deuxième cas a été enregistré dans la catégorie « Autres du domaine médical », avec un dépassement ponctuel de 30 mSv en 2024 ;
- le dernier cas de dépassement concerne un travailleur du domaine de l'industrie non nucléaire, dans le secteur du contrôle non destructif, où un dépassement ponctuel de 21,48 mSv a été enregistré.

À la date de rédaction du rapport, seules les doses reçues par trois travailleurs exposés au radon ont été confirmées par la médecine du travail. Pour les autres cas de dépassement de la VLEP de 20 mSv en dose efficace, aucun retour des médecins du travail n'a été transmis concernant les conclusions des enquêtes sur les conditions d'exposition des travailleurs. N'ayant pas été confirmés ni infirmés par les médecins du travail, ces dépassements demeurent donc comptabilisés.

Deux cas⁸ de dépassement de la VLEP pour la dose équivalente à la peau (dose « peau » supérieure à 500 mSv) ont été enregistrés en 2024, tous deux dans le domaine nucléaire et spécifiquement dans le secteur de la logistique et maintenance :

- le premier cas concerne une dose de 520,42 mSv enregistrée en février 2023, entraînant un dépassement sur une période de 12 mois glissants, de février 2023 à janvier 2024. Ce dépassement n'a pas fait l'objet d'un retour du médecin du travail concernant les conditions d'exposition du travailleur et reste donc comptabilisé ;
- le second cas, enregistré en 2024, concerne une dose équivalente à la peau de 772 mSv. Ce dépassement ponctuel a été confirmé par la médecine du travail. Il résulte d'une contamination au Cobalt 60 au niveau de l'arrière de la tête, avec une activité d'environ 200 kBq et une durée de contamination estimée à 3h10 minutes.

Aucun dépassement de la VLEP pour l'exposition professionnelle au cristallin (dose équivalente pour le cristallin supérieure à 20 mSv) ni pour l'exposition aux extrémités (dose équivalente pour les extrémités supérieure à 500 mSv) n'a été enregistré en 2024.

⁸ Un cas supplémentaire de dépassement de VLEP à la peau dans le domaine du nucléaire a été déclaré à l'ASNR mais n'a toujours pas été enregistré dans SISERI.

10 Évolution sur la période 1998-2024

La Figure 34 ci-après illustre l'évolution, depuis 1998, du nombre de travailleurs suivis ayant une dose efficace annuelle supérieure à 20 mSv.

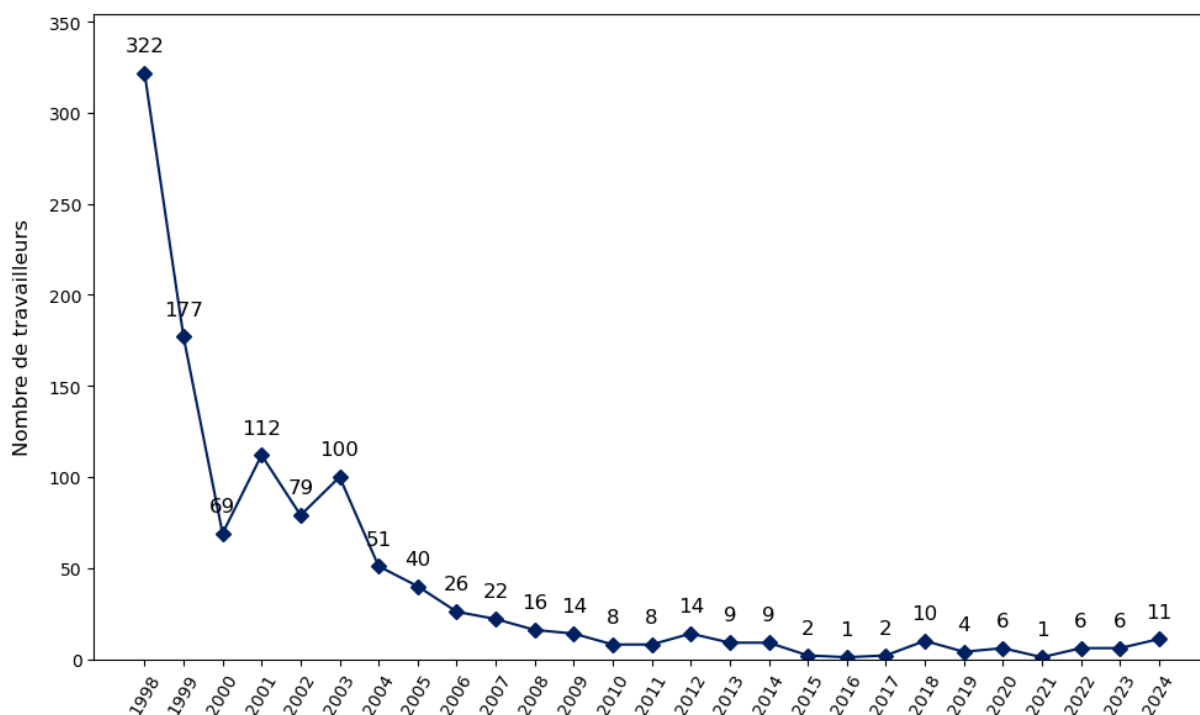


Figure 34 : Évolution du nombre de travailleurs suivis dont la dose efficace annuelle est supérieure à 20 mSv, de 1998 à 2024

De cette figure, il convient de retenir les points suivants :

- avant 2003, la VLEP pour la dose efficace annuelle était fixée à 50 mSv. Cependant, la directive 96/29/Euratom, transposée par le décret n°2003-296 du 31 mars 2003, a exigé l'abaissement de cette valeur à 20 mSv ;
- depuis 2004, la fréquence accrue des retours de conclusions d'enquête des médecins du travail a permis de dissiper de nombreux cas de dépassements signalés, qui n'étaient pas avérés, entraînant ainsi une diminution du nombre de cas confirmés ;
- en 2024, sur les onze cas de dépassement de la VLEP de 20 mSv pour la dose efficace, huit ont été comptabilisés par défaut, en raison de l'absence de retour du médecin du travail sur les conclusions des enquêtes relatives aux conditions d'exposition des travailleurs. Parmi ces onze cas, huit concernent des travailleurs exposés au radon provenant du sol (cf. Chapitre « Dépassements des VLEP de doses efficaces et équivalentes », page 50 du présent rapport).

La Figure 35 ci-après présente la répartition, par domaine d'activité, du nombre de travailleurs dont la dose efficace annuelle a dépassé 20 mSv entre 2012 et 2024.

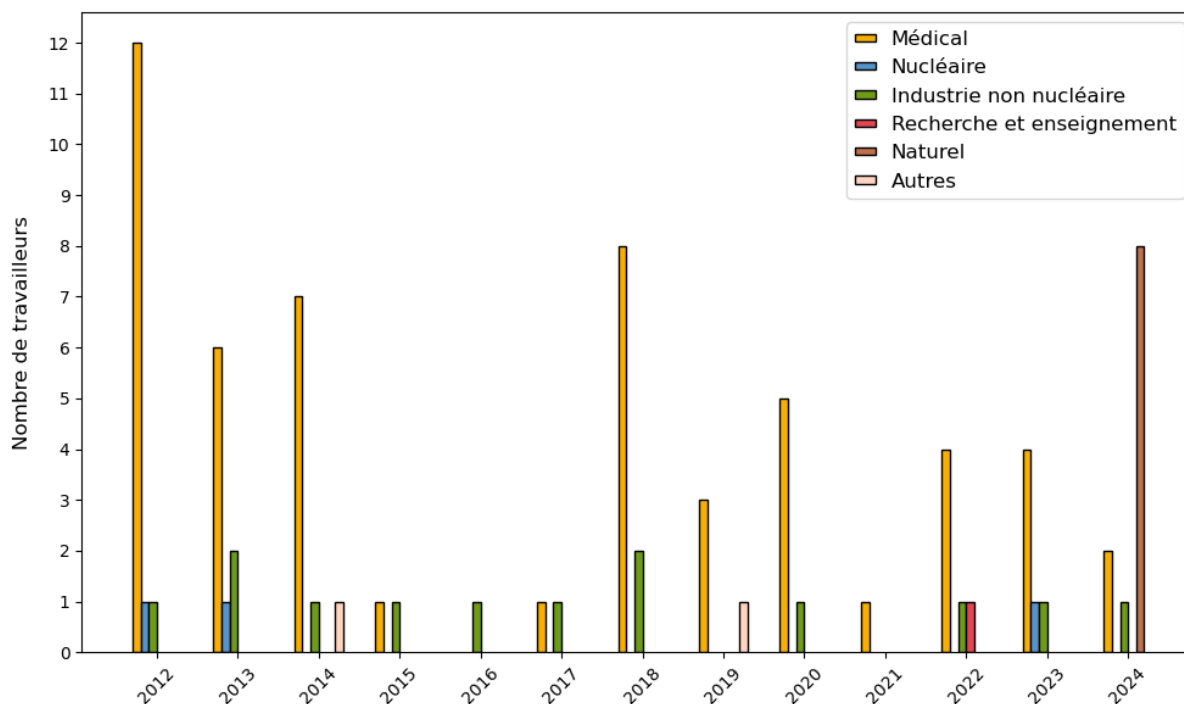


Figure 35 : Répartition par domaine d'activité du nombre de travailleurs suivis dont la dose efficace annuelle dépasse 20 mSv (période 2012-2024).

Ces résultats montrent que :

- au global, le domaine médical, englobant les activités médicales, dentaires et vétérinaires, comptabilise le plus grand nombre de travailleurs dépassant la VLEP pour la dose efficace ;
- en 2023, un cas de dépassement de la VLEP pour la dose efficace a été enregistré dans le domaine nucléaire, le dernier datant de 2013 ;
- le nombre de cas de dépassement dans le domaine de l'industrie non nucléaire est compris entre zéro et deux depuis 2012 ;
- un seul cas de dépassement a été enregistré dans le domaine de la recherche et de l'enseignement, en 2022 ;
- pour la première fois, des dépassements ont été observés en 2024 chez des travailleurs exposés à la radioactivité naturelle, avec huit travailleurs ayant dépassé la VLEP de 20 mSv pour la dose efficace en raison de leur exposition au radon provenant du sol (cf. Chapitre « Dépassements des VLEP de doses efficaces et équivalentes », page 50 du présent rapport).

Suivi des événements et incidents de radioprotection

11

Répartition des événements entre les domaines d'activités

Ce chapitre présente les événements et incidents de radioprotection relatifs à la surveillance dosimétrique individuelle de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants. Il porte exclusivement sur les événements significatifs en radioprotection (ESR) concernant les travailleurs exposés au sens de l'article R. 4451-64 du code du travail. Il ne doit pas être confondu avec les événements significatifs déclarés et centralisés par l'ASNR conformément à l'article R. 4451-78 du Code du travail. Les ESR présentés dans ce chapitre complètent les autres indicateurs de radioprotection, tels que les doses efficaces et équivalentes reçues par les travailleurs dans le cadre de la SDI, dans les différents secteurs utilisant les rayonnements ionisants. Le domaine médical regroupe les activités médicales, dentaires et vétérinaires.

Les ESR relatifs à la SDI des travailleurs en 2024, classés par domaine d'activité, sont illustrés dans les Figures 36, 37 et 38 ci-après. La répartition par domaine d'activité pour cette année est également disponible à l'adresse suivante : <https://expro.asnr.fr>.

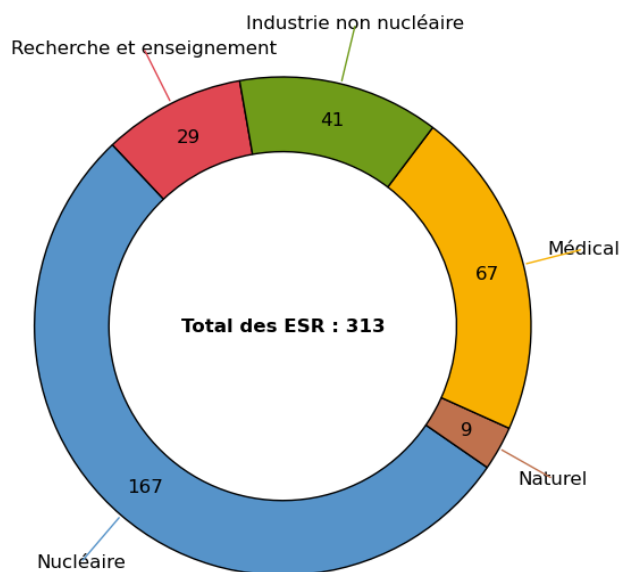


Figure 36 : Répartition, par domaine d'activité, des événements significatifs de radioprotection recensés par l'ASNR dans le cadre de la SDI des travailleurs exposés au sens de l'article R. 4451-64 du CT en 2024

Les événements significatifs de radioprotection présentés dans le présent rapport comprennent :

- les événements déclarés à l'ASNR mais qui ne concernent que les travailleurs exposés au sens de l'article R.4451-64 du CT dans le cadre de la SDI ;
- les événements déclarés dans SISERI, notamment pour les cas de dépassement des VLEP de doses efficaces et équivalentes dans le cadre de la SDI (cf. Chapitre « Méthode suivie pour établir le bilan annuel », section « Bilan des ESR » en annexe du présent rapport, page 80).

En 2024, parmi les événements recensés par l'ASNR concernant la radioprotection (cf. Figure 36, présentant les ESR par domaine d'activité), **313 concernent directement les travailleurs exposés au sens de l'article R. 4451-64 du code du travail**, un chiffre en hausse par rapport à 2023 (268 ESR).

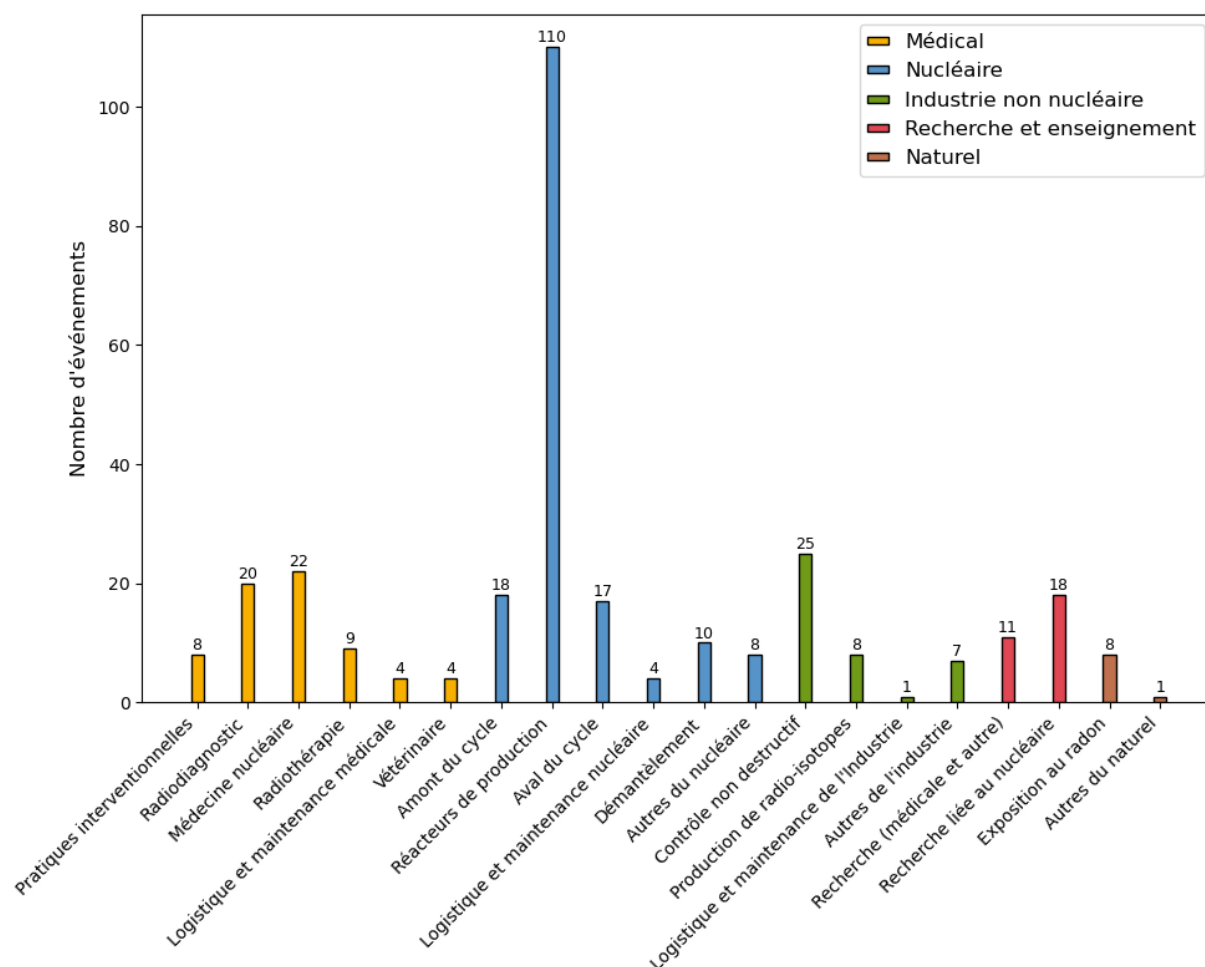


Figure 37 : Répartition, par secteur d'activité, des événements significatifs de radioprotection recensés par l'ASNR dans le cadre de la SDI des travailleurs exposés au sens de l'article R. 4451-64 du CT en 2024

L'analyse de la répartition de ces événements significatifs de radioprotection, par domaine et par secteur d'activité (respectivement Figure 36 et Figure 37 ci-avant), montre que :

- comme en 2023, le domaine nucléaire enregistre le plus grand nombre d'ESR, avec environ 53 % du total (contre 65 % en 2023). Le secteur des réacteurs de production d'énergie regroupe la majorité de ces ESR, avec 110 sur 167 dans le domaine, soit 66 % (contre 80 % en 2023). Les secteurs de l'amont (18 ESR) et de l'aval du cycle (17 ESR) suivent ;
- le domaine de l'industrie non nucléaire représente 13 % du total des ESR (contre 17 % en 2023). Sur les 41 ESR enregistrés, 25 proviennent du secteur du contrôle non destructif, tandis que les autres concernent la production et le conditionnement des radio-isotopes (huit ESR), la logistique et maintenance (un ESR) et la catégorie « Autres de l'industrie » (sept ESR) ;
- 21 % des ESR concernent les activités médicales. Ceux-ci touchent l'ensemble des secteurs du domaine (67 ESR), avec une prédominance dans les secteurs de la médecine nucléaire (22 ESR) et du radiodiagnostic (20 ESR) ;
- quatre ESR ont été enregistrés dans le domaine des activités vétérinaires en 2024 ;
- 9 % des ESR sont liés à la recherche et à l'enseignement, principalement dans le domaine de la recherche nucléaire, avec 18 ESR sur les 29 du domaine ;
- pour la première fois, des événements significatifs de radioprotection ont été recensés dans le cadre de l'exposition à la radioactivité naturelle, impliquant neuf travailleurs. Parmi ces ESR, huit concernent l'exposition au radon provenant du sol (cf. Chapitre « Dépassements des VLEP de doses efficaces et équivalentes », page 50 du présent rapport).

L'évolution des événements relatif à l'exposition des travailleurs recensés par l'ASNR, répartis par domaine d'activité, est présentée dans la Figure 38 ci-après. Les résultats indiquent, pour chaque domaine, le nombre

d'événements standard et de dépassements des VLEP de doses efficaces et équivalentes déclarés. Parmi les 32 VLEP présentés ici, 19 ont été écartés par la médecine du travail, quatre ont été confirmés, et pour les neuf restants, aucun retour des médecins du travail concernant les conclusions des enquêtes n'avait été transmis à la date de rédaction du présent rapport (cf. Chapitre « Dépassements des VLEP de doses efficaces et équivalentes », page 50 du présent rapport).

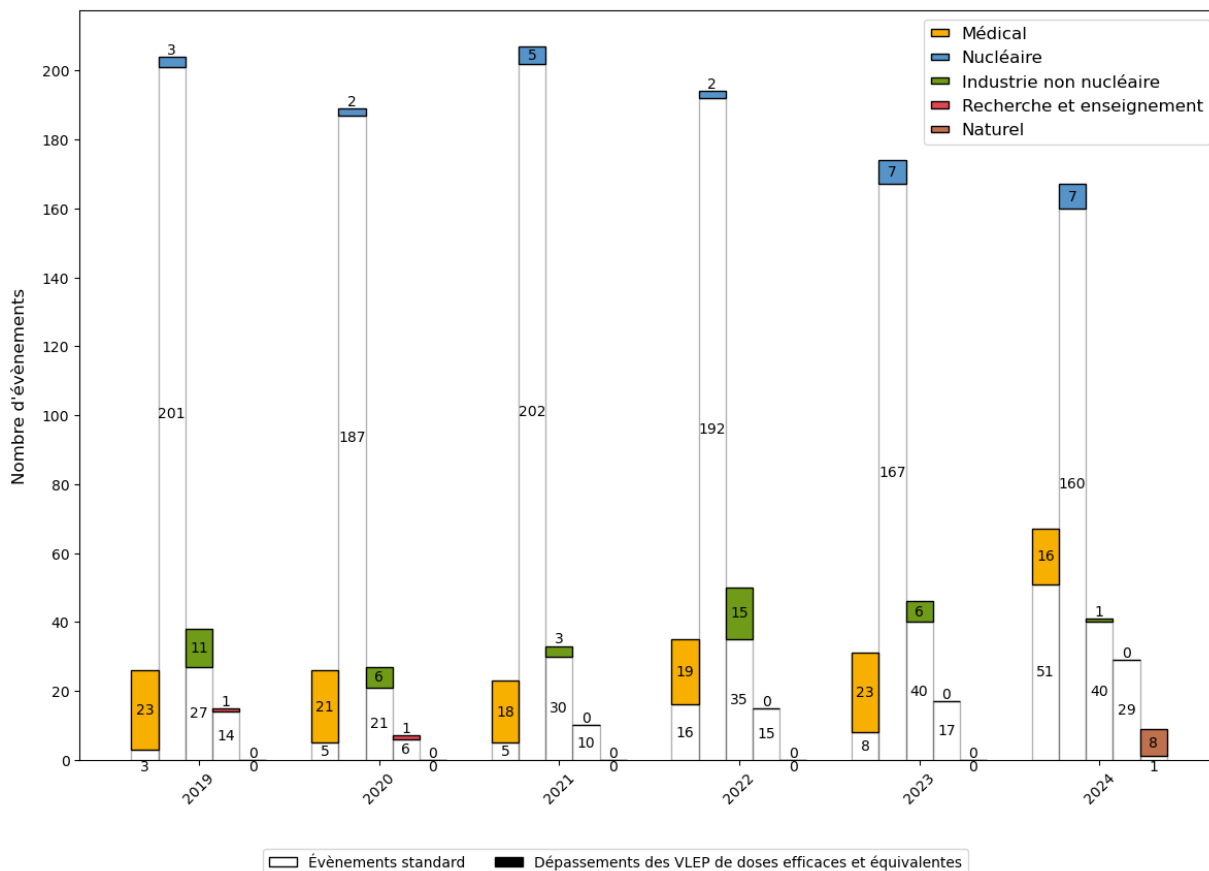


Figure 38 : Répartition par domaine d'activité du nombre d'événements significatifs de radioprotection recensés par l'ASNR (période 2019 – 2024)

L'analyse de cette répartition met en évidence les points suivants :

- Le nombre d'événements significatifs de radioprotection est resté globalement stable, à l'exception de l'année 2024, pour laquelle on note une augmentation notable. Cette hausse s'explique par le fait qu'avant 2024, les ESR présentés ne prenaient pas en compte l'ensemble des déclarations réalisées via le téléservice (<https://teleservices.asn.fr>), en raison de l'indisponibilité partielle des données. À partir de 2024, le bilan devient complet grâce à la consolidation des informations issues des bases PIREX (Plateforme Intégrée de Retour d'Expérience), SISERI, et de l'accès à l'ensemble des données issues de la télédéclaration ;
- dans le domaine médical, le nombre d'événements significatifs relatifs à la radioprotection des travailleurs déclarés est resté globalement stable au fil des années, à l'exception de l'année 2024, pour laquelle une hausse est également observée ;
- les domaines ayant historiquement une culture de déclaration des ESR plus marquée, comme le domaine nucléaire, présentent un nombre d'ESR relativement stable ;
- pour ce qui concerne les alertes de dépassement des VLEP de doses efficaces et équivalentes, le domaine médical reste le principal contributeur, représentant en général au moins 50 % des déclarations.

Conclusion

La refonte du système SISERI, accompagnée de l'ouverture d'un nouveau portail, commence à porter ses fruits. Grâce à la mise à jour des données des travailleurs et à l'obligation pour l'employeur d'enregistrer ces informations, y compris les secteurs d'activité, lors de l'enregistrement des nouveaux travailleurs dans SISERI, il est assuré que tous les travailleurs exposés au sens de l'article R. 4451-64 du Code du travail, ayant fait l'objet d'au moins une transmission de données dans SISERI en 2024 par les organismes accrédités, disposent d'un domaine d'activité renseigné. Ceci a permis de supprimer la catégorie « non déterminé » en 2024.

D'une façon générale, le bilan de l'exposition des travailleurs en 2024 connaît plusieurs évolutions notables, marquant une rupture par rapport aux années précédentes :

- **le bilan des expositions internes**, qui était auparavant établi à partir d'un questionnaire envoyé aux organismes accrédités en raison du caractère insuffisant des données disponibles dans SISERI, **a été réalisé pour la première fois en 2024 directement à partir des données de SISERI**. Cette avancée a été rendue possible grâce à la refonte du système SISERI, qui a amélioré l'efficacité opérationnelle et réduit les erreurs, notamment par la mise à jour des données des travailleurs et l'obligation de renseigner ces informations, y compris les secteurs d'activité, lors de l'enregistrement des nouveaux travailleurs dans SISERI ;
- en raison des mesures adoptées lors de la refonte de SISERI et en application des articles R. 4451-64 et R4451-66 du Code du travail, qui stipulent que seule la surveillance dosimétrique individuelle (SDI) des travailleurs « exposés » au sens réglementaire doit être enregistrée dans SISERI, l'intégration dans SISERI des résultats dosimétriques des travailleurs faisant l'objet d'une surveillance radiologique (SR) (anciennement appelés « travailleurs non classés ») mentionnés à l'article R.4451-32 a été arrêtée en 2024. Ainsi, le nombre de travailleurs suivis en 2024 comprend uniquement ceux qui sont exposés au sens de l'article R. 4451-64, c'est-à-dire principalement les travailleurs classés aux sens de l'article R. 4451-57 en catégories A ou B et « Autres expositions » (catégorie qui inclut les travailleurs exposés au radon et ceux pouvant intervenir en situation d'urgence radiologique) ;
- **la dose efficace ou équivalente moyenne, est désormais calculée sur l'effectif total suivi** (considéré comme exposé au sens de l'article R. 4451-64 du code du travail, en raison de l'arrêt de l'intégration des résultats dosimétriques des travailleurs faisant uniquement l'objet d'une surveillance radiologique) et non sur l'effectif ayant reçu une dose efficace ou équivalente supérieure à 0,1 mSv (valeur seuil utilisée pour l'enregistrement des dosimètres dans le cadre de la SDI de l'exposition externe) comme cela était le cas auparavant. Il n'est donc pas opportun de comparer les doses efficaces ou équivalentes moyennes de 2024 avec celles des années précédentes. Cependant, afin de suivre ces évolutions, les doses efficaces ou équivalentes moyennes calculées sur les effectifs ayant reçu une dose efficace ou équivalente égale ou supérieure à 0,1 mSv, sont détaillées dans l'annexe du présent rapport.

Les principaux résultats de la SDI externe et interne pour l'année 2024 sont les suivants :

- **l'effectif total suivi en 2024 (248 814 travailleurs) affiche une baisse d'environ 4 % par rapport à l'effectif exposé au sens de l'article R. 4451-64 du Code du travail en 2023**, notamment dans le domaine médical qui comprend les activités médicales, dentaires et vétérinaires. Cette diminution s'explique principalement par le fait que les résultats dosimétriques de certains travailleurs, précédemment exposés au sens de l'article R.4451-64 du code du travail, n'ont pas été remontés dans SISERI par les organismes accrédités à cause notamment de données administratives erronées ;
- **la dose efficace collective en 2024 (87,36 H.Sv) a augmenté d'environ 4 %**, en lien avec l'augmentation de l'exposition des travailleurs dans le domaine nucléaire ;
- **la dose efficace moyenne, calculée sur l'effectif total suivi en 2024 est de 0,35 mSv ;**
- 2362 travailleurs ayant fait l'objet d'un examen anthroporadiométriques et/ou d'analyses radiotoxicologiques ont présenté au moins un résultat positif à ces examens et/ou analyses. Bien que ces résultats soient correctement transmis dans SISERI par les organismes accrédités, le résultat du calcul des doses efficaces engagées déterminé par les professionnels de santé n'est pas systématiquement saisi dans SISERI. Pour rappel, l'exigence réglementaire (article 23 de l'arrêté du 23 juin 2023) impose d'évaluer la dose interne et de l'enregistrer dans SISERI, dès lors que les résultats des mesures de l'activité incorporée donnent des valeurs au moins supérieures aux limites de détection des organismes accrédités. Ainsi, seuls 14 % des travailleurs concernés par des résultats positifs (329 travailleurs) ont fait l'objet d'un calcul de dose efficace engagée. Parmi ces travailleurs, 148 présentent une dose efficace engagée annuelle inférieure à 0,5 mSv ;
- le nombre de dépassements de la valeur limite d'exposition professionnelle de 20 mSv pour la dose efficace est en augmentation en 2024 par rapport à 2023, avec onze cas enregistrés dont huit n'ont été ni confirmés ni infirmés par la médecine du travail. Il est à noter que **huit de ces dépassements concernent l'exposition des travailleurs au radon provenant du sol**, marquant ainsi la première fois qu'un dépassement de la VLEP pour la dose efficace est enregistré dans ce secteur.

De façon plus détaillée, de **l'analyse des résultats de la SDI externe suivant les domaines d'activité, il convient de retenir que :**

- pour **la SDI du corps entier**, les travailleurs exposés à la radioactivité naturelle présentent la dose efficace externe moyenne la plus élevée, à 1,12 mSv, avec une exposition encore plus marquée chez les personnels navigants, qui atteint 1,16 mSv ;
- viennent ensuite les travailleurs du domaine nucléaire, avec une dose efficace externe moyenne de 0,55 mSv, ceux de la logistique et de la maintenance étant les plus exposés (1,02 mSv) ;
- dans le domaine médical, ce sont les professionnels de la médecine nucléaire qui enregistrent la dose efficace externe moyenne la plus élevée, à 0,45 mSv ;
- la dose efficace externe moyenne dans l'industrie non nucléaire est de 0,32 mSv, avec une exposition plus importante chez les travailleurs impliqués dans la production et le conditionnement de radioisotopes (0,73 mSv), suivis par ceux du contrôle non destructif (0,52 mSv) ;
- pour **l'exposition à la peau**, les travailleurs du nucléaire présentent la dose équivalente moyenne la plus élevée (0,60 mSv) ;
- pour **la SDI des extrémités et du cristallin**, les travailleurs du nucléaire présentent également les doses équivalentes moyenne les plus élevées, avec respectivement 8,32 mSv et 1,27 mSv.

Des différences entre les domaines d'activité pour la SDI interne sont aussi à noter :

- de façon générale, les travailleurs exposés à la radioactivité naturelle présentent la dose efficace engagée moyenne la plus élevée, à 2,95 mSv ;
- suivent ensuite les travailleurs du nucléaire, dont la dose efficace engagée moyenne est nettement plus faible, à 0,37 mSv.

Pour **la SDI spécifique au radon provenant du sol (ou « radon d'origine géogénique »)**, la dose efficace engagée moyenne est de 8,50 mSv.

Certains résultats de 2024 montrent une stabilité avec ceux des années précédentes :

- une répartition des effectifs entre les différents domaines proche de celle observée au cours des huit dernières années ;
- une proportion stable, proche des trois quarts des travailleurs, n'ayant enregistré aucune dose efficace supérieure à 0,1 mSv, ce qui reste constant depuis 2017.

Les données utilisées pour établir ce bilan de l'exposition des travailleurs servent également à réaliser des études ciblées sur les activités présentant des enjeux en termes de radioprotection, disponibles sur le site <https://expro.asnr.fr>.

Annexes

12 Rappels réglementaires

Historique de la réglementation actuelle

La directive 2013/59/Euratom du 5 décembre 2013, publiée le 17 janvier 2014, présente une mise à jour des normes européennes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants.

Elle abroge et regroupe les dispositions de cinq anciennes directives relatives à la protection de la population, des patients et des travailleurs en matière d'exposition aux rayonnements ionisants : outre la directive 96/29/Euratom fixant les précédentes normes de base, elle reprend également les dispositions de la directive 89/618/Euratom relative aux situations d'urgence radiologique, de la directive 90/641/Euratom sur l'exposition des travailleurs extérieurs intervenant en zone contrôlée, de la directive 97/43/Euratom relative aux expositions à des fins médicales et de la directive 2003/122/Euratom traitant des sources scellées de haute activité et des sources orphelines.

L'objectif de la directive 2013/59/Euratom est ainsi de couvrir l'ensemble des situations d'exposition telles qu'elles sont définies dans les recommandations de la CIPR 103 publiées en 2007 (situations d'expositions existantes, planifiées et d'urgence) et les trois catégories de personnes que sont la population, les patients et les travailleurs. En matière de protection des travailleurs, le texte introduit un abaissement de la limite d'exposition au cristallin, de 150 à 20 mSv/an depuis 2023. Une attention particulière est également portée dans cette nouvelle directive aux cas des expositions à la radioactivité d'origine naturelle, notamment au radon. La mise à jour des normes de base européennes a été réalisée en parallèle de celles de l'AIEA (2014).

La transposition de la directive 2013/59/Euratom a conduit à une mise à jour des dispositions du code du travail lors de la publication des décrets n°2018-437 et n°2018-438 du 4 juin 2018. Les orientations majeures fixées par la Direction Générale du Travail (DGT) pour la transposition de la directive étaient :

- rechercher une meilleure cohérence entre le code du travail et les exigences de la directive 2013/59/Euratom ;
- ramener les dispositions de radioprotection des travailleurs dans le droit commun de la prévention des risques professionnels, afin d'harmoniser sa prévention avec celle des autres risques professionnels et d'éviter d'en un risque à part, surévalué par rapport à d'autres risques (il est nécessaire d'appliquer les 9 principes généraux de la prévention des risques professionnels qui incluent les trois principes de la radioprotection, en particulier l'optimisation) ;
- recentrer les exigences réglementaires sur des obligations de résultats (objectifs à atteindre) pour les employeurs et non sur des moyens trop prescriptifs, difficile à mettre œuvre dans toutes les situations ;
- mieux graduer les exigences au regard de l'ampleur du risque ;
- réduire le nombre des textes d'application pour améliorer la lisibilité des dispositions en les accompagnants si nécessaire par du droit souple (guide ou questions/réponses du ministère chargé du Travail).

Évolutions récentes

Une mise à jour du code du travail a été conduite par la DGT en 2023 (décret n°2023-489 du 21 juin 2023) et renforce notamment les compétences des professionnels de santé au travail assurant le suivi individuel renforcé (SIR) des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants et leur accès à l'outil d'information et de surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants (SISERI). Un nouvel arrêté relatif à la formation des médecins du travail et des professionnels de santé au travail assurant le suivi individuel renforcé d'un travailleur exposé aux rayonnements ionisants et aux conditions de délivrance de l'agrément complémentaire des services de prévention et de santé au travail a été publié le 06 août 2024. Le code du travail a été modifié par décret n° 2024-1238 du 30 décembre 2024 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements ionisants, avec notamment la désignation de l'ASNR comme Autorité assurant la gestion de SISERI.

Application pour la surveillance dosimétrique individuelle (SDI) des travailleurs exposés aux RI enregistrée dans SISERI

Conformément aux dispositions du code du travail (art. R. 4451-64), une SDI de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants est mise en œuvre dès lors que ceux-ci sont susceptibles d'être exposés aux rayonnements ionisants d'origine naturelle ou artificielle.

Cette surveillance s'applique à tous les travailleurs (de droit privé ou public), y compris les travailleurs indépendants, à partir du moment où ils sont exposés au sens de l'article R. 4451-64 du Code du travail.

Préalablement à l'affectation au poste de travail, l'employeur, aidé de son conseiller en radioprotection (CRP), réalise une évaluation individuelle de l'exposition aux rayonnements ionisants (EIE aux RI) pour ses travailleurs (article R.4451-53). Au regard de la dose évaluée, l'employeur décide, après avis du médecin du travail (MDT), de la mise en place d'une surveillance dosimétrique individuelle (SDI) nécessaire au suivi individuel renforcé (SIR) des travailleurs exposés au sens de l'article R. 4451-64 ou si une surveillance radiologique (SR) (R. 4451-32) est suffisante.

Si la dose efficace susceptible d'être reçue sur un an est inférieure à 1 mSv, le travailleur bénéficie d'une surveillance radiologique (SR) avec les moyens habituels de prévention (information, équipement de protection individuelle, surveillance, etc.). Le travailleur doit être surveillé et protégé, mais il n'est pas considéré comme « exposé » au sens de l'article R. 4451-64 du code du travail. SISERI étant un outil créé dans le cadre du DMST (dossier médical santé au travail) pour le suivi individuel renforcé (SIR) des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants, il ne peut pas enregistrer les doses de ces travailleurs (anciennement non classés NC).

1) SISERI est utilisés pour les travailleurs exposés au sens de l'article R. 4451-64, principalement, les travailleurs classés (art. R. 4451-57) :

- **en catégorie A** tout travailleur susceptible de recevoir, aux cours de 12 mois consécutifs, une dose efficace supérieure à 6 mSv ou une dose équivalente supérieure à 15 mSv pour le cristallin ou une dose équivalente supérieure à 150 mSv pour la peau et les extrémités ;
- **en catégorie B** tout autre travailleur susceptible de recevoir une dose efficace supérieure à 1 mSv, une dose équivalente supérieure à 50 mSv pour la peau et les extrémités.

Dès lors qu'il est classé en catégorie A ou B, le travailleur bénéficie d'une formation adaptée au poste et au risque rayonnement ionisant, d'une surveillance dosimétrique individuelle (SDI) et d'un suivi individuel renforcé (SIR) de son état de santé (art. R. 4451-82) dans les conditions prévues aux articles R. 4624-22 à R. 4624-28 (notamment pour un travailleur classé en catégorie A, la visite médicale est renouvelée chaque année). Le suivi dosimétrique individuel (SDI) a en particulier pour objectif de vérifier que le travailleur ne dépasse pas l'une des limites annuelles réglementaires de dose fixées dans l'article R.4451-6 à 9 du Code du travail et reprises dans le Tableau 13 ci-après.

Tableau 13 : Valeurs limites annuelles d'exposition professionnelle

	Corps entier (Dose efficace)	Main, poignet, pied, cheville (Dose équivalente)	Peau (Dose équivalente sur tout cm ²) ^(b)	Cristallin (Dose équivalente)
Travailleur	20 mSv	500 mSv	500 mSv	20 mSv
Jeune travailleur ^(a) (de 16 à 18 ans)	6 mSv	150 mSv	150 mSv	15 mSv

^(a) Les jeunes travailleurs tels que mentionnés dans le code du travail (âgés d'au moins seize ans et de moins de dix-huit ans, article D. 4153-21) ne peuvent être affectés à des travaux qui requièrent un classement en catégorie A.

^(b) Pour la peau, cette limite s'applique à la dose moyenne sur toute surface de 1 cm², quelle que soit la surface exposée.

2) Il doit aussi y figurer les **travailleurs exposés au radon** au sens de l'article R. 4451-54, c'est-à-dire ceux qui sont susceptibles de recevoir sur leur lieu de travail, aux cours de 12 mois consécutifs, une dose efficace supérieure à 6 mSv par an. En effet, lorsqu'en dépit des mesures de prévention mises en œuvre, la concentration d'activité du radon dans l'air demeure supérieure au niveau de référence de 300 Bq/m³ en moyenne annuelle (article R. 4451-10), l'employeur doit mettre en place une zone radon. Dans l'arrêté du 15 mai 2024 relatif à la démarche de prévention du risque radon et à la mise en place d'une zone radon et des vérifications associées dans le cadre du

dispositif renforcé pour la protection des travailleurs [7], la « zone radon » est délimitée dès qu'une partie d'un lieu de travail a un niveau de radon dépassant le niveau de référence (NR), sans possibilité de le réduire de manière pérenne. Si les résultats de l'évaluation individuelle de l'exposition au radon (EIE Rn) préalable prévue à l'article R4451-53 du code du travail concluent que le travailleur est susceptible d'être exposé pour le temps de présence dans la zone radon à une dose efficace supérieure à 6 mSv sur 12 mois glissants due au radon provenant du sol, l'employeur considère le travailleur comme « exposé au radon » et met en œuvre la surveillance dosimétrique individuelle (SDI) prévue à l'article R. 4451-65 du code du travail et le suivi individuel renforcé (SIR) prévu à l'article R. 4451-82 du même code.

3) Enfin, il existe une troisième catégorie de travailleurs nécessitant la mise en place d'une surveillance dosimétrique individuelle (SDI) : ce sont les **travailleurs intervenants en situation d'urgence radiologique (SUR)** affectés au groupe 1 (susceptible de dépasser 20 mSv durant la situation d'urgence radiologique) ou au groupe 2 (susceptible de dépasser 1 mSv durant la situation d'urgence radiologique sans dépasser les 20 mSv) mentionnés à l'article R. 4451-99 du CT. Des dispositions spécifiques concernant l'enregistrement des informations administratives dans SISERI par l'employeur et la transmission à SISERI par les organismes accrédités des résultats de la SDI sont prévues aux articles 9 et 12 de l'arrêté du 23 juin 2023 relatif à SISERI [8].

Dosimétrie associée à la SDI

La surveillance dosimétrique individuelle (SDI) des travailleurs exposés est réalisée à l'aide de dosimètres à lecture différée fournis et exploités par des organismes accrédités (R. 4451-65). Seule exception, la SDI des personnels navigants civils, exposés aux rayonnements cosmiques, qui est réalisée au moyen d'une évaluation par calcul de dose (SIEVERT PN).

Nota : dans les zones contrôlées, la surveillance radiologique (SR) par une dosimétrie opérationnelle est obligatoire pour tous les travailleurs. Exceptionnellement, celle des travailleurs classés intervenant dans les INB a l'autorisation d'être transmise à SISERI pour mieux identifier le lieu où la dose efficace a pu être enregistrée sur le dosimètre à lecture différée.

Pour l'exposition interne, la SDI des travailleurs exposés est réalisée grâce à des mesures radiotoxicologiques et/ou anthroporadiométriques par des organismes accrédités (OA interne, R. 4451-65). Puis, s'il y a une contamination mesurable significative, le calcul de la dose efficace ou équivalente engagée est réalisé sous la responsabilité du médecin du travail et toujours enregistré dans SISERI. Seule exception, l'exposition au radon provenant du sol qui est mesuré grâce à un détecteur à lecture différée, puis le calcul de dose est enregistré dans SISERI (R. 4451-66), sous la responsabilité du médecin du travail qui vérifie et valide la dose dans SISERI.

Rôle de l'IRSN

L'IRSN assure, au moyen du système d'information SISERI, la centralisation de l'ensemble des résultats de la surveillance dosimétrique individuelle, en permettant une gestion et un accès sécurisé aux informations recueillies. En termes d'organisation, l'arrêté du 26 juin 2019 [9] relatif à la surveillance individuelle de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants, détaille le dispositif mis en place pour recueillir, gérer et mettre ces informations à disposition des acteurs autorisés. En application du décret n°2023-489 du 21 juin 2023 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements ionisants, cet arrêté est abrogé en partie par l'arrêté du 23 juin 2023 relatif aux modalités d'enregistrement et d'accès à SISERI [8]. Cet arrêté explique le rôle de chacun des acteurs (employeur, médecin du travail, conseiller en radioprotection, organisme de dosimétrie accrédité, etc.) impliqués dans la SDI des travailleurs. En particulier, le renseignement des informations relatives au travailleur et leur transmission à SISERI relèvent d'une obligation de l'employeur. L'employeur s'identifie dans SISERI, et peut y désigner le correspondant en charge de la tenue à jour de ces données. La qualité des informations d'identification des travailleurs étant essentielle pour transmettre des données à SISERI, l'organisme accrédité est informé en temps réel des éventuelles incohérences dans les données envoyées à SISERI. En cas de rejet lors de cette transmission, il recherche les causes de ce rejet et retransmet les données corrigées.

13 Modalités de la surveillance

Les appareils utilisés pour la SDI doivent être adaptés aux situations d'exposition et contraintes existantes au poste de travail pour permettre une évaluation « aussi correcte que raisonnablement possible » des doses reçues par le travailleur affecté à ce poste.

La surveillance de **l'exposition externe** se fait par une dosimétrie externe qui consiste à estimer les doses reçues par une personne exposée dans un champ de rayonnements ionisants (rayons X, gamma, bêta, neutrons) générés par une source extérieure à la personne. Cette estimation est réalisée :

- au moyen de dosimètres à lecture différée, portés par les travailleurs sur une période d'un à trois mois. Ces dosimètres sont individuels et nominatifs et portés sous les équipements de protection individuelle, le cas échéant, et ils doivent être adaptés aux différents types de rayonnements. Ils permettent de déterminer la dose reçue par le corps entier (dosimètres portés à la poitrine) ou par une partie du corps (peau, doigts, cristallin), en différé après analyse par un organisme de dosimétrie accrédité (ou l'IRSN jusqu'au 31 décembre 2024). La mesure de rayonnements de nature différente peut rendre nécessaire le port simultané de plusieurs dosimètres qui, lorsque cela est techniquement possible, sont rassemblés dans un même conditionnement. Selon les circonstances de l'exposition, et notamment lorsque celle-ci n'est pas homogène, le port de dosimètres supplémentaires doit permettre d'évaluer les doses équivalentes à certains organes ou parties du corps (poignet, main, pied, doigt, cristallin) et de contrôler ainsi le respect des valeurs limites de doses équivalentes fixées par le code du travail. Nota : en plus des dosimètres de la SDI, le travailleur qui intervient dans une zone contrôlée, doit en outre porter un dosimètre électronique (dosimétrie opérationnelle) à lecture directe ;
- par le calcul, au moyen du système SievertPN, pour ce qui concerne les doses de rayonnements cosmiques reçues en vol par les personnels navigants civils.

La surveillance de **l'exposition interne** est assurée par des analyses réalisées selon un programme de surveillance prescrit par le médecin du travail. Ce programme repose sur l'analyse des postes de travail qui comprend la caractérisation physico-chimique et radiologique des radionucléides auxquels le travailleur est susceptible d'être exposé ainsi que leur période biologique, leur radiotoxicité et les voies d'exposition. En milieu professionnel, la surveillance individuelle est concrètement assurée par des analyses anthroporadiométriques (mesures directes de la contamination interne corporelle) et des analyses radiotoxicologiques (dosages réalisés sur des excréta). Les différents types de surveillance de l'exposition interne (routine, spéciale) sont définis dans la norme International Standard Organization (ISO) 20553 [10]. Conformément à l'article 23 de l'arrêté du 23 juin 2023, le médecin du travail évalue la dose interne dès lors que les résultats de mesures de l'activité incorporée donnent des valeurs significatives pour réaliser un calcul de dose.

Il existe une différence importante entre le suivi de l'exposition externe et le suivi de l'exposition interne. Le suivi de l'exposition externe repose sur des mesures directes et bien standardisées (en dehors du cas particulier du personnel navigant pour qui la dose est évaluée par un calcul). Dans tous les cas, la détermination de la dose externe est possible. Le suivi de routine de l'exposition interne a essentiellement pour but de vérifier l'absence de contamination plutôt que d'estimer systématiquement la dose interne. Le calcul de la dose engagée, qui implique une démarche plus complexe faisant intervenir de nombreuses hypothèses concernant différents paramètres (voie d'incorporation, schéma temporel de l'incorporation, nature physique et chimique du matériau radioactif, etc.), n'est réalisé que lorsque la contamination mesurée est jugée significative.

Dans le cas particulier de **l'exposition au radon**, le code du travail prévoit désormais un champ d'application élargi (article R.4451-1) qui concerne :

- les activités professionnelles exercées au sous-sol ou au rez-de-chaussée de bâtiments situés dans les zones où l'exposition au radon est susceptible de porter atteinte à la santé des travailleurs définies en application de l'article L. 1333-22 du code de la santé publique (CSP) ;
- certains lieux spécifiques de travail (liste fixée par un arrêté du 30 juin 2021 relatif aux lieux de travail spécifiques pouvant exposer des travailleurs au radon).

Afin de déterminer si un lieu de travail est susceptible de dépasser le niveau de référence en radon de 300 Bq/m³ (article R-4451-10 du Code du travail), l'employeur procède à une évaluation des risques, pour laquelle il doit prendre en considération les éléments énoncés à l'article R. 4451-14 au travers d'une analyse documentaire. Cette analyse doit prendre en compte le potentiel d'exhalation du radon du sol sous le lieu de travail (exception à faire pour les lieux de travail souterrains), la qualité de la construction vis-à-vis du radon, l'activité professionnelle et les conditions de travail, les résultats antérieurs de mesurage du radon (s'il y en a). Le dispositif de protection des travailleurs renforcé (comprenant la surveillance dosimétrique individuelle (SDI)) est mis en place en cas de présence de « zones radon » (> 300 Bq/m³) où l'exposition de travailleurs est susceptible de conduire à une dose annuelle supérieure à 6 mSv/an (Figure 39 ci-après).

Les modalités de surveillance dosimétrique individuelle de l'exposition au radon ont été précisées dans l'arrêté du 15 mai 2024 relatif à la démarche de prévention du risque radon et à la mise en place d'une zone radon et des vérifications associées dans le cadre du dispositif renforcé pour la protection des travailleurs.

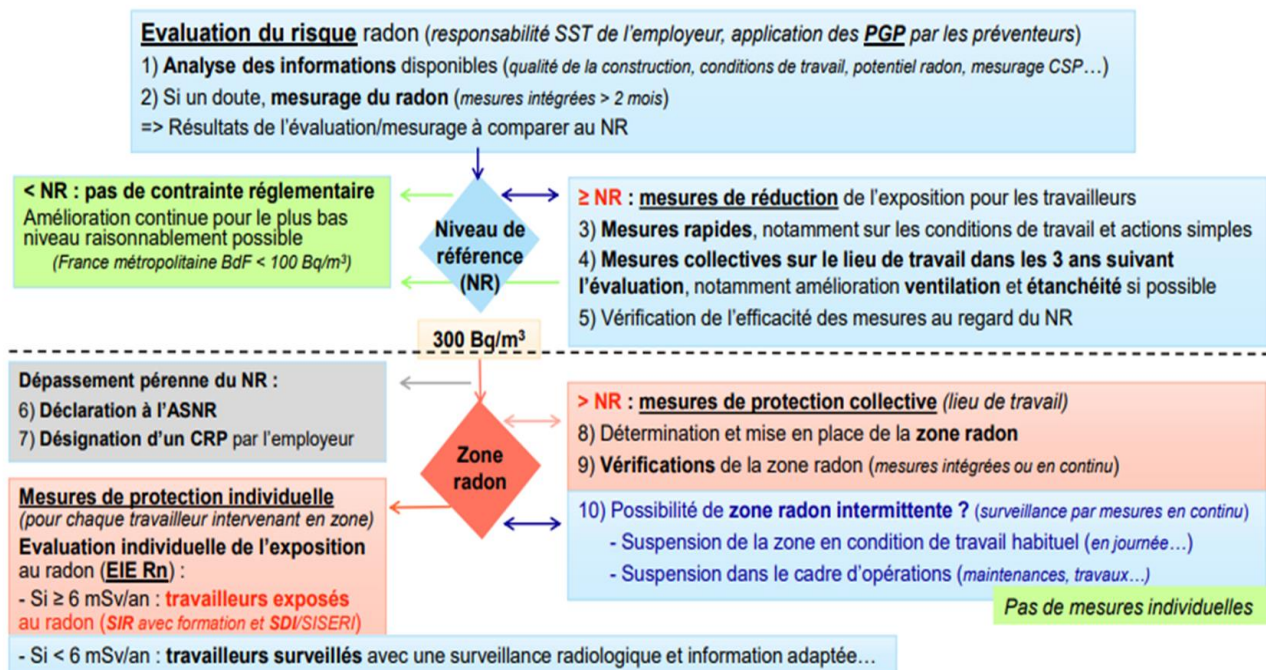


Figure 39 : Évaluation du risque d'exposition au radon

Dans le cas particulier de l'**exposition aux NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials, comprenant les SRON ou Substances Radioactives d'Origine Naturelles)**, le b de l'article R-4451-1 3 du code du travail prévoit que les dispositions concernant la prévention des risques d'exposition aux rayonnements ionisants s'appliquent dès lors que les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à un risque dû aux rayonnements ionisants lié aux activités ou catégories d'activités professionnelles traitant des matières contenant naturellement des SRON dont la liste est fixée à l'article D.515-110-1 du Code de l'Environnement.

Au titre II de l'arrêté du 26 juin 2019 sont précisées les modalités et conditions d'accréditation des organismes de surveillance individuelle de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants, qui sont entrées en vigueur au 1^{er} juillet 2020. Une mise à jour de ces modalités et conditions d'accréditation est en cours par la DGT au moment de la rédaction de ce rapport.

Surveillance de l'exposition externe

Les organismes de dosimétrie individuelle

À la fin de l'année 2024, **cinq organismes sont accrédités** pour la surveillance individuelle de l'exposition externe des travailleurs aux rayonnements ionisants : ORANO CYCLE La Hague, ORANO CYCLE Marcoule, DOSILAB, LANDAUER et le SPRA.

Leurs coordonnées sont accessibles dans le menu « Informations/Accréditation des organismes » sur le site internet de SISERI : <https://docs.siseri.asnr.fr>.

À ces organismes s'ajoute le laboratoire de dosimétrie de l'IRSN, devenu, au 1^{er} janvier 2025, « CEA dosimétrie » à la suite de la création de l'ASNR (Autorité de Sécurité Nucléaire et de Radioprotection) par la fusion de l'IRSN et de l'ASN, dont les dispositions transitoires sont publiées dans le décret 2024-1238 du 30 décembre 2024.

Le Tableau 14 ci-après présente un panorama des dosimètres externes à lecture différée utilisés en France en 2024 par les organismes accrédités.

Tableau 14 : Panorama des dosimètres externes individuels à lecture différée utilisés en France en 2024

Laboratoires de dosimétrie	Dosimètres corps entier	Seuil ^(a) (en mSv)	Dosimètres cristallin	Seuil ^(a) (en mSv)	Dosimètres poignets	Seuil ^(a) (en mSv)	Dosimètres Bagues	Seuil ^(a) (en mSv)
DOSILAB	X, β , γ : TLD ^(b)	0,1	X, β , γ : TLD	-	X, β , γ : TLD	0,1	X, β , γ : TLD	0,1
IRSN	X, β , γ : RPL ^(c)	0,05	X, β , γ : TLD	0,1	X, β , γ : TLD	0,1	X, β , γ : TLD	0,1
	Neutrons : détecteur solide de traces	0,1	-	-	Neutrons : détecteur solide de traces	0,1		
LANDAUER	X, β , γ : OSL ^(d)	0,05	X, γ : TLD	0,1	X, β , γ : OSL	0,1	X, β , γ : TLD	0,1
	Neutrons : détecteur solide de traces (standard ^(e) ou équipé d'un radiateur en téflon ^(f))	0,1	X, β , γ : TLD	0,1	Neutrons : détecteur solide de traces	0,1	X, β , γ : TLD, OSL	0,1
ORANO CYCLE La Hague	X, β , γ et neutrons (d'albédo) : TLD	0,1	X, β , γ : TLD	0,1	X, β , γ et neutrons : TLD	0,1	-	-
ORANO CYCLE Marcoule	X, β , γ et neutrons (d'albédo) : TLD	0,1	X, β , γ : TLD	-	X, β , γ et neutrons : TLD	0,1	-	-
SPRA	X, β , γ : OSL	0,1	-	-	X, β , γ : OSL	0,1	-	-
	Neutrons : détecteur solide de traces	0,1	-	-	-	-	-	-

^(a) Ce seuil correspond à la valeur minimale de dose enregistrée (seuil d'enregistrement retenu par le laboratoire).

^(b) TLD = dosimètre thermoluminescent.

^(c) RPL = dosimètre utilisant la radiophoto-luminescence.

^(d) OSL = dosimètre basé sur la luminescence stimulée optiquement.

^(e) Mesure des neutrons intermédiaires et rapides.

^(f) Permettant la mesure supplémentaire des neutrons thermiques.

Le seuil d'enregistrement des doses dans SISERI pour les dosimètres externes individuels à lecture différée

La réglementation fixe les règles de mise en œuvre de la dosimétrie externe individuelle à lecture différée. Elle impose notamment l'utilisation de grandeurs opérationnelles, à savoir les équivalents de dose individuels $H_p(10)$, $H_p(0,07)$ et $H_p(3)$, qui correspondent respectivement à la mesure de dose en profondeur dans les tissus (risque d'exposition du corps entier), à la mesure de dose à la peau (risque d'exposition de la peau et des extrémités) et à la mesure de la dose au cristallin. À ce jour, cinq laboratoires sont en mesure de fournir des dosimètres adaptés à la mesure de la dose au cristallin (cf. Tableau 14 ci-avant).

Selon la réglementation (arrêté du 19 juin 2019 modifié), **le seuil d'enregistrement réglementaire** (plus petite dose non nulle enregistrée) **ne peut être supérieur à 0,1 mSv** et le pas d'enregistrement ne peut être supérieur à 0,05 mSv (valeurs applicables pour la dosimétrie corps entier). Le seuil d'enregistrement est à distinguer de la notion de limite de détection du dosimètre qui caractérise la valeur à partir de laquelle, compte-tenu des performances techniques du dosimètre, la valeur mesurée est considérée comme valide.

La méthode de soustraction du bruit de fond en dosimétrie externe individuelle à lecture différée

La méthode habituelle pour soustraire le bruit de fond (dose correspondant à l'exposition des dosimètres au rayonnement naturel) consiste à considérer la dose mesurée par le dosimètre témoin comme représentative de l'exposition naturelle. En pratique, cette mesure de dose est soustraite à la dose mesurée par les dosimètres individuels portés par les travailleurs, pour déterminer leur exposition au poste de travail.

Dans les cas, assez réguliers, où le dosimètre témoin n'est pas renvoyé par l'employeur au laboratoire de dosimétrie avec les dosimètres individuels, la pratique de certains laboratoires est de soustraire une estimation du bruit de fond correspondant à la valeur mesurée dans leur laboratoire. Dans la mesure où ces laboratoires de dosimétrie sont situés en Ile-de-France où l'exposition naturelle est proche des plus bas niveaux rencontrés sur le territoire, cela conduit à une évaluation « enveloppe » de la dose au poste de travail.

Courant 2017, certains laboratoires ont amélioré leur méthode d'estimation du bruit de fond, en cas d'absence de retour du dosimètre témoin, en soustrayant une valeur plus proche de celle qui serait mesurée localement à partir de mesures et d'historiques de suivi de l'exposition naturelle à un niveau plus local. Cette méthode conduit à soustraire une valeur de bruit de fond plus juste, généralement plus élevée que celle prise en compte auparavant, et donc à une estimation de la dose reçue généralement plus basse que celle obtenue selon la méthode précédente.

Surveillance de l'exposition interne

La surveillance de l'exposition interne concerne les personnels travaillant dans un environnement susceptible de contenir des substances radioactives dispersables (manipulation de sources non scellées, opérations de décontamination, etc.). Les voies possibles d'incorporation de ces composés radioactifs sont l'inhalation, l'ingestion, la pénétration transcutanée et la blessure. L'irradiation des tissus et des organes se poursuit tant que le radionucléide est présent dans l'organisme. De ce fait, l'exposition interne est appréciée en évaluant la dose engagée reçue en 50 ans (pour un adulte) au niveau d'un organe, d'un tissu ou de l'organisme entier par suite de l'incorporation d'un ou plusieurs radionucléides.

En pratique, sont concernés les travailleurs des installations nucléaires des domaines civil et militaire, des services de médecine nucléaire et des laboratoires de recherche utilisant des traceurs radioactifs (essentiellement recherche médicale, biologique et radiopharmaceutique).

La surveillance de l'exposition interne des personnels travaillant dans des installations nucléaires est assurée par les services de prévention et de santé au travail (SPST). Les analyses prescrites sont effectuées par les laboratoires de biologie médicale (LBM) ou par les SPST des entreprises exploitantes (défense, CEA, ORANO, EDF) dans certains cas. S'agissant des travailleurs du domaine médical et de la recherche, les analyses prescrites par les médecins du travail sont pour la plupart réalisées par l'ASNR.

La surveillance individuelle de l'exposition interne est mise en œuvre par le chef d'établissement dès lors qu'un travailleur opère dans une zone où il existe un risque de contamination. Le choix et la périodicité des analyses sont déterminés par le médecin du travail, en fonction de la nature et du niveau de l'exposition, ainsi que des radionucléides en cause.

Cette surveillance consiste soit en des **analyses anthroporadiométriques** qui permettent une mesure *in vivo* directe de l'activité des radionucléides présents dans l'organisme, soit en des **analyses radiotoxicologiques**, c'est-à-dire des dosages de l'activité des radionucléides présents dans des échantillons d'excrétas (urines, fèces). Ces techniques ne sont pas nécessairement exclusives et peuvent être mises en œuvre conjointement pour un meilleur suivi de l'exposition. Des considérations pratiques doivent également être prises en compte : par exemple, l'analyse anthroporadiométrique nécessite parfois de faire déplacer le travailleur vers l'installation fixe de mesure. Les mesures peuvent être réalisées à intervalle régulier, à l'occasion d'une manipulation inhabituelle ou encore en cas d'incident. La norme ISO 20553 [10] définit les programmes optimaux de surveillance individuelle :

- **la surveillance de routine** (ou surveillance systématique) est associée à des opérations continues et vise à démontrer que les conditions de travail, y compris les niveaux de doses individuelles, restent satisfaisantes et en accord avec les exigences réglementaires ;

- la **surveillance spéciale** est mise en place pour quantifier des expositions significatives à la suite d'événements anormaux réels ou suspectés.

Concernant la surveillance de routine, la mesure vise, dans la grande majorité des cas, à s'assurer de l'absence de contamination chez le travailleur. Si une contamination est découverte, le calcul de la dose engagée est réalisé sous la responsabilité du médecin du travail, selon les recommandations de la Société Française de Médecine du Travail.

Les organismes impliqués dans la surveillance de l'exposition interne

Pour l'année 2024, **les organismes accrédités (OA)** pour la surveillance individuelle de l'exposition interne des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants (radiotoxicologie et/ou anthroporadiométrie) **sont au nombre de 15** : ORANO Cycle La Hague, CEA Cadarache, CEA DAM Valduc, CEA Grenoble, CEA Marcoule, CEA Saclay, CEA Fontenay-aux-Roses, EDF Saint-Denis, le Service de Protection Radiologique des Armées (SPRA), l'escadrille des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins (ESNLE) de Brest, la base opérationnelle de l'île Longue, l'Escadrille des Sous-marins Nucléaires d'Attaque (ESNA) de Toulon, Naval Group Toulon, Naval Group Cherbourg et ALGADE.

Les accréditations sont délivrées pour une durée maximale de cinq ans.

A ces organismes s'ajoutent les laboratoires de l'IRSN et les services de prévention et de santé au travail (SPST), agréés selon les conditions définies à l'article D.4622-48 du code du travail.

L'estimation de la dose interne

Afin de vérifier que l'éventuelle exposition interne ne conduit pas à un dépassement de la limite réglementaire de dose, les mesures anthroporadiométriques et/ou radiotoxicologiques doivent être interprétées en termes de dose engagée à l'aide de modèles systémiques, spécifiques à chaque élément, publiés par la CIPR (publications 30, 56, 67, 69, etc.) et de modèles décrivant la biocinétique des radionucléides et la propagation des rayonnements dans les tissus. Des modèles biocinétiques correspondant aux deux voies d'incorporation les plus fréquentes ont été publiés par la CIPR : le modèle des voies respiratoires pour l'incorporation par inhalation (publication 66) et le modèle gastro-intestinal pour l'incorporation par ingestion (publication 100).

Les coefficients de dose à appliquer dans le cadre de la surveillance ont été mis à jour par la CIPR entre 2015 et 2022. Cette mise à jour a conduit à la publication de l'arrêté du 16 novembre 2023 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants, avec notamment des coefficients de dose révisés pour les travailleurs [11].

L'estimation dosimétrique d'une exposition interne est un exercice rendu complexe par le fait que tous les paramètres nécessaires à sa réalisation ne sont pas connus de façon précise. C'est en particulier le cas des caractéristiques temporelles de l'incorporation. Dans le cadre de la surveillance de routine, la CIPR recommande de supposer que l'incorporation a lieu au milieu de l'intervalle de surveillance, qui peut être de plusieurs mois. D'autres paramètres peuvent être connus avec des incertitudes, en particulier les caractéristiques physico-chimiques du contaminant, qui sont représentées par défaut par des valeurs de référence : type d'absorption F/M/S/V pour l'inhalation, facteur de transfert gastro-intestinal f1 de 0 à 1 et diamètre aérodynamique médian en activité (DAMA) généralement de 1 ou de 5 µm. *In fine*, l'établissement d'un scénario de contamination le plus réaliste possible, tenant compte des différentes mesures de contamination mises en œuvre dans le programme de surveillance du travailleur exposé et des conditions dans lesquelles a eu lieu la contamination, peut permettre d'adapter l'évaluation dosimétrique à la situation d'exposition spécifique.

Les seuils utilisés pour la surveillance de l'exposition interne

La limite de détection (LD) est la plus petite valeur détectable avec une incertitude acceptable, dans les conditions expérimentales décrites par la méthode de mesure. La LD est l'un des critères de performance des mesures radiotoxicologiques et anthroporadio-métriques.

Le niveau d'enregistrement est le niveau de dose, d'exposition ou d'incorporation à partir duquel les valeurs doivent être consignées dans le dossier médical. C'est le niveau de référence qui a été considéré dans les bilans statistiques présentés dans ce rapport.

Le niveau d'investigation est le niveau de dose, d'exposition ou d'incorporation (déterminé par l'employeur ou par une autorité compétente) à partir duquel l'estimation dosimétrique doit être confirmée par des investigations additionnelles. Ces différents niveaux sont représentés schématiquement sur la Figure 40 ci-après.

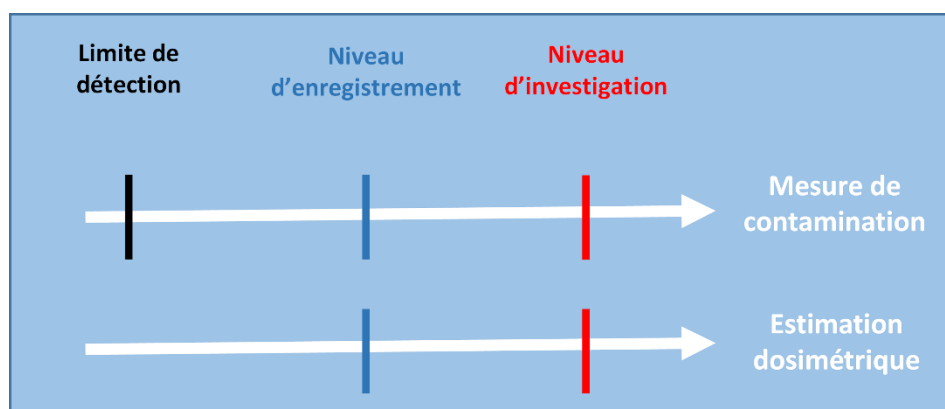


Figure 40 : Seuils utilisés pour la surveillance de l'exposition interne des travailleurs

Surveillance de l'exposition aux rayonnements cosmiques

Depuis près d'une vingtaine d'années, le Système d'Information et d'Évaluation par Vol de l'Exposition aux Rayonnements cosmiques dans les Transports aériens (SIEVERT, www.sievert-system.org), développé conjointement par la Direction générale de l'aviation civile (DGAC), l'Observatoire de Paris, l'Institut Polaire français – Paul Émile Victor (IPEV) et l'IRSN, est mis à la disposition des compagnies aériennes pour le calcul des doses de rayonnements cosmiques reçues par les personnels navigants (PN) lors des vols en fonction des routes empruntées. Les doses sont évaluées en fonction des paramètres du vol (altitude, latitude, etc.). Un modèle est utilisé pour élaborer les cartographies de débits de dose de rayonnements cosmiques jusqu'à une altitude de 80 000 pieds.

L'IRSN propose aux compagnies une gestion automatisée reposant sur un fichier fournissant les données des vols réalisés sur la période de suivi. À partir des caractéristiques d'un vol, le calculateur de SIEVERT évalue le temps passé par l'avion dans chaque maille de l'espace aérien et, en cumulant les doses élémentaires des mailles successives, en déduit la dose reçue au cours de ce vol.

À ce stade, les données dosimétriques ne sont pas nominatives. Précédemment, il appartenait à l'employeur de cumuler les doses calculées pour les différents vols effectués au cours d'une année par chaque PN et de les transmettre au système SISERI.

Depuis le 1^{er} juillet 2014, date d'entrée en vigueur de l'arrêté du 17 juillet 2013, abrogé par l'arrêté du 26 juin 2019 [9] puis par l'arrêté du 23 juin 2023 [8], c'est l'IRSN qui réalise le calcul des doses individuelles pour chaque personnel navigant, via l'application SievertPN, à partir des données de vol et de présence des personnels fournies par les compagnies. Ces données dosimétriques sont ensuite transmises automatiquement au registre national de la dosimétrie des travailleurs SISERI. Au 31 décembre 2024, douze compagnies civiles ayant adhéré au service SievertPN voient les doses de leurs personnels navigants transmises à SISERI.

Pour les compagnies étrangères ou ne relevant pas de l'arrêté (Polynésie française, Nouvelle Calédonie), seul l'abonnement à l'outil SIEVERT pour le calcul des doses vols est proposé. Il appartient alors à l'employeur de cumuler les doses calculées pour les différents vols au cours d'une année par chaque PN.

Pour les PN militaires, les données sont transmises à SISERI par le SPRA, données issues de mesures de l'équivalent de dose $H_p(10)$ à l'aide de dosimètres individuels pour les deux composantes photonique et neutronique. Pour l'établissement du bilan 2024, ces données ont été transmises à l'ASNR hors système SISERI.

Surveillance de l'exposition naturelle (autre que cosmiques)

Concernant la surveillance dosimétrique des travailleurs exposés à des sources naturelles de radioactivité, l'exposition externe est suivie par dosimétrie externe individuelle à lecture différée. En plus des laboratoires de

dosimétrie mentionnés précédemment (cf. page 65 du présent rapport), la société ALGADE est également accréditée pour assurer la surveillance de l'exposition externe des travailleurs aux radionucléides naturels des chaînes de l'uranium et du thorium, en utilisant des dosimètres TLD avec un seuil d'enregistrement de 0,1 mSv.

Pour ce qui concerne l'exposition interne des travailleurs à la radioactivité naturelle, telle que le radon, celle-ci est suivie à l'aide d'un détecteur EAP, un dispositif spécifique conçu pour fournir une mesure intégrée sur toute la période d'exposition. Il mesure l'énergie α des descendants à courte durée de vie des isotopes 222 et 220 du radon. Les doses pour l'année 2024 sont estimées en appliquant les coefficients de dose pour le radon définis par l'arrêté du 16 novembre 2023 [11].

Au 31 décembre 2024, deux sociétés ont transmis des résultats dosimétriques à SISERI pour la surveillance de ces expositions :

- ALGADE, qui, jusqu'au 31 décembre 2023, était le seul organisme accrédité pour cette surveillance, en utilisant un détecteur alpha individuel (« EAP ») ;
- RADONOVA, accréditée ISO 17025. Cette société utilise des détecteurs à lecture différée (cf. page 65 du présent rapport) pour mesurer la concentration moyenne de radon sur le lieu de travail. Une fois la période de mesure terminée, les détecteurs sont analysés et les résultats sont fournis, incluant l'activité volumique du radon en Bq/m³.

D'un point de vue technique, pour garantir la précision des mesures, la dose due au radon doit être calculée, pour un travailleur, en fonction de ses conditions de travail, et uniquement pendant ses heures de travail en zone radon. Les détecteurs doivent donc être équipés d'un mécanisme permettant de les activer exclusivement pendant les périodes d'exposition en zone radon. Pour l'exposition interne au radon, la réglementation exige depuis le 1^{er} janvier 2025 l'utilisation d'un détecteur externe actif à lecture différée (Article R4451-65 du code du travail, modifié par le décret n°2024-1238 du 30 décembre 2024 - art. 1) pour la surveillance individuelle. Un détecteur actif avec pompe permet au radon d'être aspiré immédiatement dans le boîtier dès que le travailleur entre dans la zone radon, tandis qu'un dosimètre passif nécessite un temps certain pour atteindre un équilibre et fournir des mesures précises. C'est pourquoi la réglementation exige désormais les détecteurs actifs, qui permettent de commencer la mesure dès la première minute d'exposition.

Dans certains environnements de travail, la réglementation permet l'utilisation d'un détecteur mesurant soit le radon gazeux, soit directement l'énergie alpha potentielle (EAP). Toutefois, le guide radon de la DGT préconise l'utilisation de détecteurs actifs EAP dans les milieux souterrains, car ces détecteurs permettent de contourner les variations du facteur d'équilibre.

Centralisation des résultats de la surveillance individuelle des travailleurs dans SISERI

Le système d'information de la surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants (SISERI), dont la gestion est réglementairement confiée à l'ASNR (conformément à l'article R4451-134 du code du travail, modifié par le décret n°2024-1238 du 30 décembre 2024 - art. 1), a été mis en service en 2005. Il centralise, vérifie et conserve l'ensemble des résultats de la SDI de l'exposition des travailleurs afin de constituer le registre national d'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants. Les informations dosimétriques individuelles enregistrées dans SISERI sont mises à disposition des médecins du travail (MDT), des conseillers en radioprotection (CRP) et des agents de contrôle, via Internet⁹, afin d'optimiser la surveillance médicale et la radioprotection des travailleurs. Ces données ont également vocation à être exploitées à des fins statistiques et épidémiologiques.

Depuis le 26 juin 2023, une nouvelle version de SISERI est accessible aux utilisateurs, y compris les travailleurs.

L'ensemble du nouveau système et de son utilisation est schématisé sur la Figure 41 ci-après. Ce système d'information est en capacité de recevoir l'ensemble des données de la surveillance dosimétrique individuelle des travailleurs. Il s'agit des résultats de :

- la dosimétrie externe individuelle à lecture différée (corps entier, peau, extrémités, cristallin), transmise par les laboratoires de dosimétrie accrédités (organismes accrédités) ;
- la surveillance de l'exposition interne, à savoir les résultats des analyses radiotoxicologiques et des examens anthroporadiométriques fournis par les organismes accrédités (laboratoires de Biologie Médicale (LBM) ou

⁹ Accessible à l'adresse <https://siseri.irs.fr/>, et prochainement à l'adresse <https://siseri.asnr.fr/>.

Services de Prévention et de Santé au Travail, SPST), et, lorsque les circonstances le nécessitent et le permettent, les doses efficaces engagées et/ou les doses équivalentes engagées calculées par les médecins du travail ;

- la surveillance de l'exposition résultant de l'inhalation des descendants à vie courte des isotopes du radon et/ou des émetteurs à vie longue des chaînes de l'uranium et du thorium ;
- la dosimétrie des personnels navigants (autorisation ASNR et SPRA).

Par ailleurs, conformément à l'article R4451-33-1 du Code du travail, dans les établissements comprenant une installation nucléaire de base (INB), l'employeur transmet périodiquement les niveaux d'exposition, mesurés par la dosimétrie externe opérationnelle, des travailleurs classés en application de l'article R. 4451-57.

Les correspondants de l'employeur pour SISERI (CES), les médecins du travail (MDT), les professionnels de Santé au Travail (PST), les conseillers en radioprotection (CRP), les inspecteurs du travail ou en radioprotection ont la possibilité de compléter, de consulter et de corriger les données administratives et/ou dosimétriques mises à disposition dans SISERI, en fonction du type d'acteur (*cf.* Figure 41 ci-après).

Au-delà du fonctionnement propre du système d'information, la base de données de SISERI est exploitée par l'ASNR pour répondre à différentes demandes ou missions réglementairement encadrées.

Dans la nouvelle version de SISERI, les travailleurs exposés peuvent consulter directement l'ensemble des résultats de leur surveillance dosimétrique individuelle en se fondant sur les informations du registre collectées depuis la mise en service de SISERI en 2005 et des informations dosimétriques antérieures, récupérées à partir des différents supports, correspondant aux modes d'archivage en vigueur aux différentes époques concernées.

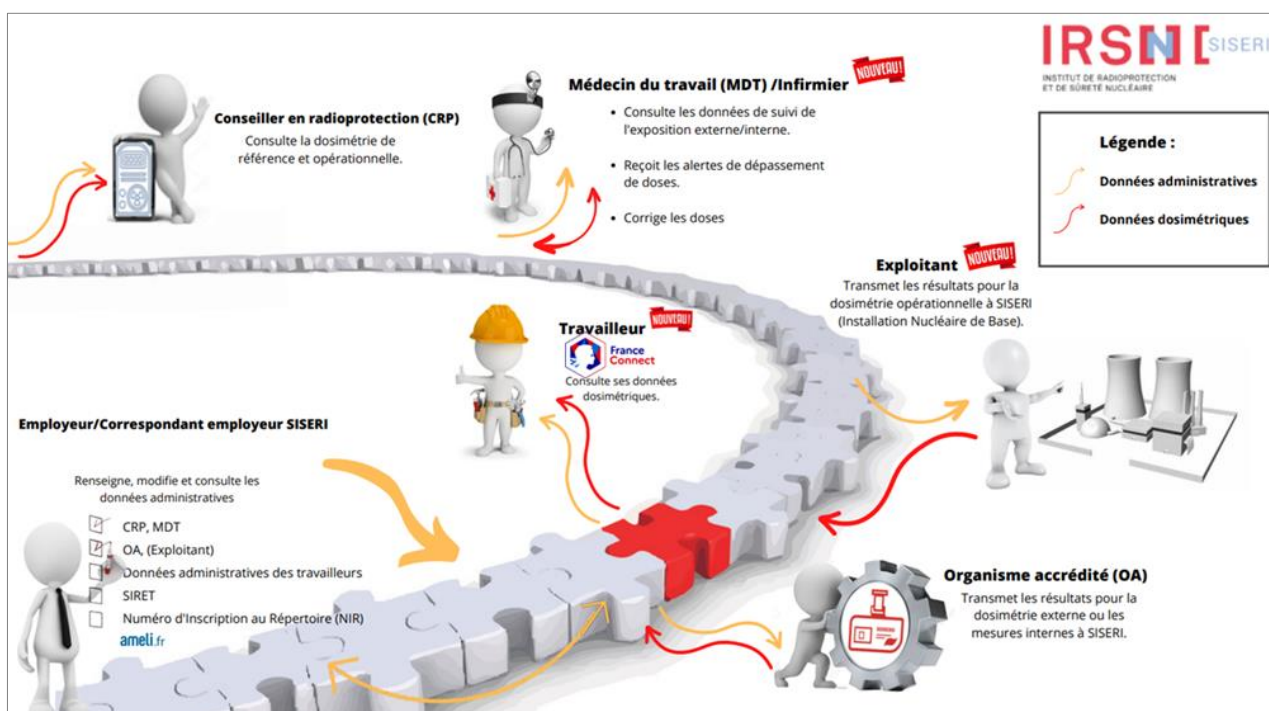


Figure 41 : Description du fonctionnement de SISERI

La transmission des données à SISERI en 2024

La disponibilité des données en consultation par les CRP, les MDT et les agents de contrôle dépend de leur transmission par les différents fournisseurs et de leur correcte intégration dans SISERI. Dans le nouveau portail SISERI, les données sont fiabilisées par l'utilisation du couple NIR/SIRET (identité du travailleur/identité de l'employeur), vérifié respectivement par le téléservice AMELI et la base SIREN.

Bilan concernant les données administratives à fin 2024 :

En 2024, 248 814 travailleurs ont été comptabilisés, parmi lesquels 240 943 ont eu au moins une donnée enregistrée dans le système SISERI au cours des 12 derniers mois. Par ailleurs, 7 871 travailleurs proviennent des données agrégées transmises par le Service de Protection Radiologique des Armées (SPRA) en dehors du système SISERI.

Concernant l'effectif dans SISERI (240 943 travailleurs), plus de 98 % d'entre eux ont leur NIR renseigné, dont 62 % ont vu ce renseignement vérifié par le téléservice Ameli à la date du 31 décembre 2024. De plus, 99 % ont

leur métier précisé, 100 % ont leur secteur d'activité renseigné, et 97 % ont leur statut d'emploi indiqué. Le renseignement des données administratives progresse de manière significative, et est désormais presque exhaustif.

Bilan concernant les données dosimétriques (au 31 décembre 2024) :

Dosimétrie externe à lecture différée	2 650 940
Exposition interne	191 760
Exposition au radon	6 663
Exposition aux rayonnements cosmiques	344 879
Dosimétrie opérationnelle	8 794 409

Il est important de souligner que, malgré la diminution de l'effectif suivi due à l'amélioration de l'outil SISERI qui se limite aux seuls travailleurs "exposés" conformément à la réglementation (article R4451-64 du Code du travail), le nombre total de données transmises en 2024 a considérablement augmenté. À la date du 31 décembre 2024, un total de 11 988 651 données a été enregistré, soit une augmentation d'environ 38 % par rapport à l'année précédente (8 675 963 données enregistrées au 8 avril 2024).

SDI de l'exposition externe par dosimètre à lecture différée réalisée par les OA externes

Les délais de transmission des données par les organismes accrédités ont été globalement respectés, bien que quelques retards aient été observés ponctuellement. Les données rejetées sont principalement dues aux incohérences entre les informations relatives au NIR/SIRET transmises par les laboratoires et celles enregistrées dans SISERI par les employeurs.

SDI de l'exposition interne par anthroporadiamétrie et radiotoxicologie par les OA internes

L'envoi des résultats est devenu effectif pour la plupart des OA à partir de 2010, et depuis 2011, l'ensemble des organismes accrédités transmet régulièrement des fichiers à SISERI. Toutefois, la saisie des doses engagées par les professionnels de santé au travail reste encore insuffisante, bien que des améliorations aient été observées, notamment grâce aux actions de sensibilisation de l'ASNR auprès des organismes concernés. Ces progrès, rendus possibles par la refonte de SISERI qui impose désormais aux employeurs de renseigner obligatoirement les données des travailleurs, y compris leurs secteurs d'activité, ainsi que grâce aux efforts de sensibilisation des entreprises par l'ASNR pour une meilleure transmission des résultats dosimétriques, ont permis de réaliser le bilan de l'exposition interne en 2024 directement à partir des données de SISERI. Contrairement aux années précédentes, où ce bilan était établi à partir d'un questionnaire envoyé aux laboratoires de dosimétrie en raison de l'insuffisance des données disponibles dans SISERI, cette évolution marque un progrès significatif.

SDI du radon et des radionucléides émetteurs à vie longue des chaînes de l'uranium et du thorium

Depuis fin 2010, SISERI reçoit les données envoyées par l'organisme accrédité pour ce type de surveillance.

SDI des personnels navigants par modélisation numérique

En 2024, 12 compagnies aériennes ayant adhéré à SievertPN voient les doses de leurs personnels navigants transmises à SISERI, contre 14 en 2023. De plus, deux nouvelles compagnies ont déjà prévu leur abonnement en 2025 et viendront s'ajouter aux 12 existantes.

SR par dosimétrie externe opérationnelle en INB

Le nombre moyen de données reçues en 2024 s'élève à environ 700 000 par mois, contre environ 500 000 par mois en 2023. Il est important de rappeler que les résultats de la dosimétrie opérationnelle pour les activités hors INB ne sont plus enregistrés dans SISERI depuis le 1^{er} janvier 2022, la fin de l'obligation de transmettre ces résultats étant intervenue réglementairement en 2018. Les données transmises au 31 décembre 2024 sont intégrées en moyenne à 87 % (contre 52 % en 2023).

La consultation des données de SISERI en 2024

À la fin décembre 2024, un total de 2 832 MDT et 3 129 CRP avaient accès aux données dosimétriques de SISERI uniquement pour les travailleurs dont ils ont la charge, conformément aux conditions de consultation définies par la réglementation.

14 Actions réglementaires de l'ASNR en lien avec la surveillance

Actions de l'IRSN (ASNR) dans le cadre de l'accréditation des organismes

L'arrêté du 26 juin 2019 relatif notamment à l'accréditation pour les organismes en charge de la surveillance de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants [9], précise les modalités à respecter pour être OA pour la SDI et le rôle de l'IRSN (depuis le 1^{er} janvier 2025, ASNR) dans le dispositif d'accréditation des organismes, notamment en tant qu'organisateur de campagnes d'intercomparaison.

Intercomparaison réglementaire de dosimétrie individuelle à lecture différée

Conformément aux dispositions de la réglementation précisant les conditions de délivrance du certificat et de l'accréditation pour les organismes en charge de la dosimétrie individuelle pour la surveillance de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants, l'IRSN est chargé(e) d'organiser au moins tous les trois ans une intercomparaison des résultats dans le but de vérifier la qualité des mesures des laboratoires de dosimétrie.

La dernière intercomparaison réglementaire de dosimètres individuels à lecture différée, organisée par le Service de recherche en Dosimétrie de l'IRSN s'est achevée au deuxième semestre 2024.

L'analyse a montré que la très grande majorité des résultats était conforme aux tolérances fixées par la norme ISO 14146:2024 [12].

Cependant, concernant les irradiations en champs neutroniques, il convient de noter que, bien que la plupart des laboratoires ont donné des résultats conformes à leur périmètre d'accréditation, un seul laboratoire a estimé correctement la configuration d'irradiation utilisant des champs de neutrons à 14,8 MeV ($Hp(10,0^\circ)$).

La prochaine intercomparaison réglementaire sera organisée en 2027.

Intercomparaison réglementaire d'analyses radiotoxicologiques

L'IRSN organise tous les ans une intercomparaison sur des échantillons urinaires contenant un ou plusieurs radionucléides à une activité déterminée.

En 2024, une intercomparaison a été organisée avec huit laboratoires français en radiotoxicologie, portant sur le dosage de radionucléides émetteurs beta (Sr-90 ; P-32 ; S-35) ou gamma à mesurer à différents niveaux d'activité.

Chaque laboratoire a la possibilité de situer ses résultats par rapport :

- aux valeurs cibles des radionucléides introduits dans chaque échantillon et/ou à la moyenne robuste des participants, par l'intermédiaire de scores statistiques (Z et zêta) comme recommandé par la norme ISO 13528 [13] ;
- à la plage [- 25 % à + 50 %] par rapport à la valeur cible, telle que recommandée par la norme ISO 28218 [14].

L'exploitation des résultats de cette intercomparaison a abouti à l'obtention de 124 scores de performance (Z et zêta) pour les résultats fournis par les laboratoires. La synthèse des résultats indique que 3,2 % des résultats étaient non conformes et 96,8 % des résultats étaient conformes.

Intercomparaison réglementaire de mesures anthroporadiométriques

En anthroporadiométrie, l'essai inter-laboratoire organisé en 2024 par l'IRSN a été dédié à la mesure de la contamination interne dans le corps entier par des émetteurs gamma (γ/X). Un fantôme d'étalonnage, nommé IGOR représentant le corps entier et contenant une activité connue multigamma, a été mis à disposition

successivement de tous les participants sur plusieurs mois. Plusieurs laboratoires, français et étrangers, participent et l'essai se poursuit en 2025.

L'ensemble des résultats de mesure seront analysés par l'ASNR après la fin de l'essai.

Le rapport concernant l'intercomparaison pulmonaire organisée en 2023 devrait être publié en ce début d'année 2025. Neuf services ont participé à cet essai pour un total de onze installations d'anthroporadiométrie.

La conformité des installations est évaluée par l'intermédiaire de plusieurs indicateurs statistiques :

- le biais par rapport à la valeur de référence (valeur cible ou moyenne robuste). Il doit être compris dans la plage [-25 % ; +50 %] conformément à la norme ISO 28218 [14] ;
- le Z score tel que recommandé dans la norme ISO 13528 [13].

Tous les résultats rendus pour les différentes installations sont conformes au niveau du biais. Cependant, un signal d'action et deux signaux d'avertissement ont été relevés.

Estimation de la dose interne

L'ASNR est régulièrement sollicitée par les médecins du travail ou les personnes compétentes en radioprotection pour évaluer les doses reçues par les salariés après une contamination, notamment à la suite d'incident ou d'accident ou après l'obtention de résultats de surveillance systématique positifs. Lorsque les éléments disponibles le permettent, les doses efficaces engagées sont systématiquement estimées.

Les résultats de ces calculs sont transmis au médecin du travail qui a la responsabilité de l'estimation de la dose efficace engagée et de son enregistrement dans le nouveau portail SISERI.

Suivi des incidents et événements de radioprotection

Panorama global des événements

Conformément à l'article R-4451-77 du Code du travail, l'ASNR collecte et analyse les données concernant les événements significatifs de radioprotection (ESR) déclarés par l'employeur. Leur survenue témoigne en effet du niveau de qualité de la radioprotection dans les différents secteurs utilisant les rayonnements ionisants, en complément d'autres indicateurs tels que les doses individuelles moyennes reçues par les travailleurs, les doses collectives, etc. La connaissance des incidents et l'analyse des circonstances les ayant engendrés sont indispensables pour constituer un retour d'expérience et élaborer des recommandations visant à améliorer la protection des travailleurs.

Les événements de radioprotection recensés par l'ASNR peuvent aussi recouvrir des événements non déclarés, mais dont l'ASNR a connaissance et qu'elle juge pertinents pour la radioprotection. Leur collecte dépend largement des circuits d'information utilisés, ces derniers n'étant pas toujours systématisés.

Suivi des alertes de dépassements de limite de dose

Des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) aux rayonnements ionisants sont réglementairement fixées par le Code du travail. Ces valeurs concernent la dose efficace, la dose équivalente aux extrémités, la dose équivalente à la peau et la dose équivalente au cristallin.

En application de l'article R. 4451-79 du Code du travail, les organismes accrédités en charge de la SDI des travailleurs doivent, sans délai et de manière nominative, informer le médecin du travail (MDT) et le conseiller en radioprotection (CRP) de la survenue d'un dépassement de l'une de ces limites d'exposition. Ces derniers informent sans délai l'employeur du dépassement par le travailleur d'une valeur limite, sans préciser la valeur de la dose que celui-ci a reçue. Le MDT en informe également sans délai le travailleur concerné.

D'après les dispositions de l'article 5 de l'arrêté du 23 juin 2023 relatif aux modalités d'enregistrement et d'accès à SISERI [8], l'ASNR alerte, sans délai, le MDT et le CRP de tout résultat issu de la SDI du ou des travailleurs dépassant l'une des VLEP, en précisant l'identité du ou des travailleurs concernés (cf. Figure 42 ci-après). L'article 5 indique aussi que l'ASNR informe l'employeur de l'identité du ou des travailleurs de son établissement qui font l'objet d'un dépassement d'une des VLEP, sans préciser les résultats ayant conduit auxdits dépassements.

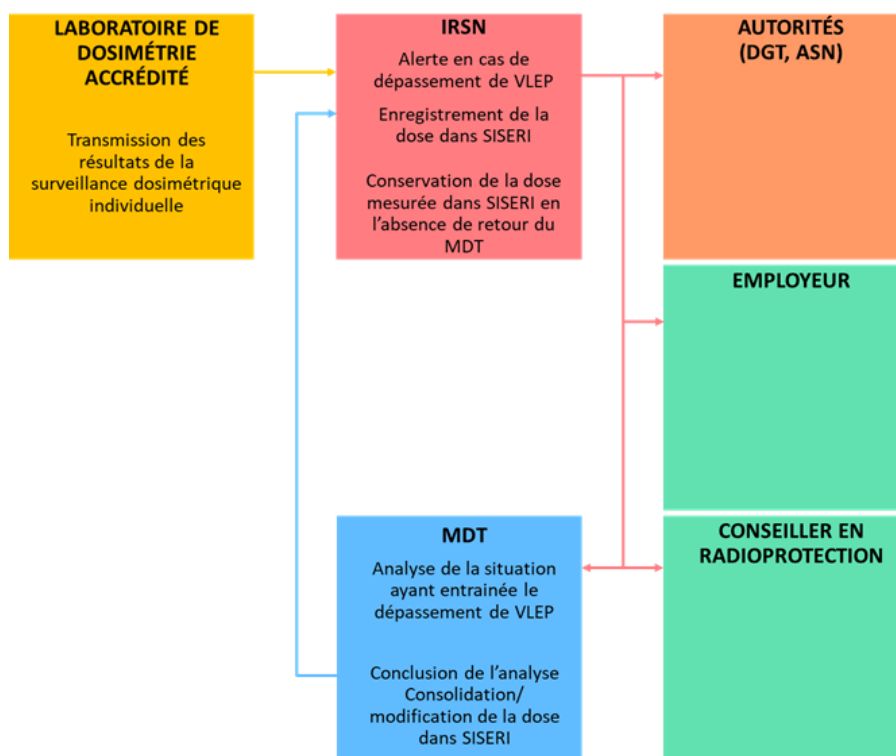


Figure 42 : Traitement des alertes de dépassement d'une VLEP en 2024

Conformément à l'article R-4451-80 du Code du travail, l'employeur diligente une enquête en cas de résultat dosimétrique jugé anormal et donc *a fortiori* en situation de dépassement de limite réglementaire de dose, avec le concours du MDT, du CRP (et parfois celui de l'organisme accrédité). Le MDT procède à l'enquête et transmet à SISERI la dose efficace retenue dans le cadre de ce dépassement pour le travailleur exposé concerné.

L'ASNR peut prendre directement contact avec le MDT, suivre l'enquête, et, le cas échéant, proposer une assistance et des conseils pour mener à bien cette enquête.

Dans les cas plus difficiles, l'ASNR intervient sur site afin de mener les investigations nécessaires. Ces déplacements sont l'occasion, au-delà de l'aide apportée au MDT et de la consolidation des données intégrées dans la base SISERI, de rappeler les bonnes pratiques en matière de radioprotection.

En l'absence de retour d'information du MDT à la suite d'une alerte de dépassement de limite réglementaire de dose, le dépassement est considéré comme avéré et la dose mesurée est conservée dans SISERI.

Les dépassements de la limite réglementaire annuelle de dose associés au cumul des valeurs de doses sur les douze mois (doses éventuellement mesurées par plusieurs OA lorsque le travailleur a plusieurs employeurs) sont également détectés dans SISERI. L'ASNR alerte sans délai le(s) MDT et le(s) CRP de cette situation (article R4451-134 du Code du travail et article 5 de l'arrêté du 23 juin 2023).

Au final, cette enquête doit conduire *in fine* à la confirmation ou, au contraire, à une modification, voire une annulation de la dose attribuée au travailleur. Dans la nouvelle version de SISERI, le MDT renseigne ses conclusions d'enquête directement sur le portail. Il a aussi la possibilité d'effectuer directement dans SISERI une correction, une annulation ou un ajout de dose. Concernant ces dépassements et conformément à l'article 5 de l'arrêté du 23 juin 2023 [8], le ministère chargé du travail ou, selon le cas, le délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les installations et activités intéressant la défense sont également informés par l'ASNR, sans délai, des données de contexte (nom de l'employeur, établissement concerné et sa localisation, type d'activité, résultat dosimétrique, durée d'exposition) tout en gardant l'anonymat du travailleur concerné.

Reconstitutions de dose

L'ASNR peut être sollicitée pour participer à des reconstitutions des doses externes, notamment à la suite de contaminations à la peau. Ces reconstitutions sont réalisées par des calculs faisant intervenir des coefficients de dose [11] et les données d'entrée recueillies par le MDT. Des évaluations de dose au cristallin peuvent également être réalisées en cas de projection de produits radioactifs dans l'œil.

15 Méthode suivie pour établir le bilan annuel

Ce chapitre a pour objectif de présenter les évolutions méthodologiques retenues pour établir le bilan 2024 de l'exposition des travailleurs. Il détaille, pour l'exposition externe et interne, les différents types de résultats présentés dans le rapport.

Conformément à l'article 8 de l'arrêté du 23 juin 2023 relatif aux modalités d'enregistrement et d'accès à SISERI, les employeurs doivent renseigner dans SISERI les données contextuelles concernant l'exposition professionnelle, notamment le métier et le secteur d'activité de chaque travailleur bénéficiant d'une SDI. En 2024, le taux de renseignement des secteurs d'activité atteint désormais 100 % (cf. Chapitre « *Modalités de la surveillance* », en annexe du présent rapport, page 70), grâce à la mise en production du nouveau portail SISERI. Le bilan de l'exposition externe pour 2024 a donc été établi sur la base de données fiables et actualisées pour chaque domaine et chaque secteur d'activité défini dans SISERI.

Pour ce qui concerne l'exposition interne, le bilan associé était, jusqu'en 2023, établi à partir des données communiquées par les laboratoires de biologie médicale (LBM) ou les services de prévention et de santé au travail (SPST), responsables de la surveillance de l'exposition interne dans les établissements concernés, sur la base d'un questionnaire.

Pour l'année 2024, grâce à la sensibilisation par l'ASNR pour la transmission des résultats de l'exposition interne, la mise à jour des données des travailleurs dans SISERI par les employeurs, et l'obligation de saisir ces informations, y compris les secteurs d'activité des travailleurs, suite à la refonte de SISERI, il a été possible d'établir le bilan des expositions internes directement à partir des données disponibles dans SISERI pour chaque domaine (cf. page 79 du présent rapport).

Agrégation des données par secteur d'activités

La méthode utilisée pour classer les travailleurs dans les différents domaines et secteurs d'activités influe directement sur l'élaboration du bilan. Depuis 2009, le bilan annuel était établi en tenant compte de la répartition des travailleurs suivis selon une nomenclature unique proposée par l'IRSN en 2008, et désormais définie par l'arrêté du 26 juin 2019 [9], lui-même partiellement remplacé par l'arrêté du 23 juin 2023 concernant les modalités d'enregistrement et d'accès à SISERI [8]. Une mise à jour de cette nomenclature a été réalisée dans le cadre du nouveau SISERI.

Dans un souci de simplification et afin de mieux aligner le rapport avec la nomenclature des familles professionnelles établie par la Direction de l'Animation de la Recherche, des Études et des Statistiques du ministère du Travail (DARES), le présent rapport adopte une présentation des domaines et secteurs d'activités identique à celle de l'année dernière.

En 2024, les données relatives aux expositions externes et internes sont analysées selon cinq grands domaines d'activité : le domaine médical (incluant les activités médicales, dentaires et vétérinaires), le domaine nucléaire, le domaine de l'industrie non nucléaire, le domaine de la recherche et enseignement et le domaine des sources naturelles. Chaque domaine regroupe aussi bien les activités civiles que de défense. Cependant, dans les tableaux en annexe du rapport (cf. page 82), les données sont présentées selon sept grands domaines, car il est fait une distinction, au sein du domaine médical, entre les activités médicales, dentaires et vétérinaires, comme dans les rapports précédents. Un travailleur peut exercer des activités différentes au sein de plusieurs établissements. Dans ce cas, le secteur d'activité retenu pour faire le bilan est celui dans lequel il a reçu le plus de doses. A titre d'exemple, si un travailleur reçoit 0,5 mSv dans le secteur des pratiques interventionnelles et 1 mSv dans le celui du radiodiagnostic, c'est le secteur où il prend le plus de dose, soit le secteur du diagnostic, qui sera retenu.

Agrégation des données : effectif, dose collective, dose moyenne et classe de doses

Dans le but de simplifier le contenu du rapport et d'améliorer la lisibilité des résultats, des actions ont été entreprises en concertation avec la DGT pour présenter certains résultats dosimétriques (expositions externes et internes) sous forme de graphiques, remplaçant ainsi les présentations habituelles sous forme de tableaux.

Effectif

Pour l'année 2024, le nombre de travailleurs inclut uniquement ceux « classés » selon la réglementation, à savoir les travailleurs des catégories A ou B, ainsi que ceux exposés au radon, aux rayonnements cosmiques mais dont le classement A ou B n'est pas renseigné ou en situation d'urgence radiologique. La transmission des résultats dosimétriques à SISERI des travailleurs non classés, précédemment identifiés sous le label « NC » dans les rapports antérieurs, a été arrêtée en 2024, pour être conforme à la réglementation. Nota : les travailleurs faisant l'objet d'une surveillance radiologique (SR) uniquement sont à suivre au niveau de l'entreprise.

Dose collective

La dose collective, qu'il s'agisse des expositions externes ou internes, est la somme des doses individuelles reçues par un groupe de travailleurs sur une période de 12 mois. Par exemple, la dose collective de 1000 personnes ayant reçu chacune 1 mSv est égale à 1000 H.mSv, soit 1 H.Sv.

Dose moyenne

Dans les bilans précédents, la dose moyenne d'un groupe de travailleurs était calculée en divisant la dose collective de ce groupe par le nombre de travailleurs ayant reçu une dose supérieure au seuil d'enregistrement des dosimètres (fixé à 0,1 mSv). Ce mode de calcul était adopté principalement en raison de la présence de travailleurs non classés, dont la majorité recevait des doses individuelles inférieures à ce seuil.

Pour l'année 2024, étant donné que seuls les travailleurs exposés au sens de l'article R-4451-6 du Code du travail sont comptabilisés, la dose moyenne pour un groupe de travailleurs est désormais calculée en divisant la dose collective du groupe par le nombre total de travailleurs, tous étant considérés comme exposés au sens de la réglementation.

Classes de dose

Pour les résultats dosimétriques résultant des expositions externes (dose « corps entier ») et internes, les classes de doses présentées dans le rapport sont les suivantes, dans un souci d'amélioration de la lisibilité des résultats :

- < 1 mSv/an ;
- de 1 à 5 mSv/an ;
- > 20 mSv/an.

Dans les tableaux présentés dans l'annexe du rapport (cf. page 82), certaines hypothèses ont été retenues pour agréger les données fournies par les OA, notamment en raison de différences dans les seuils d'enregistrement des doses et les règles d'affectation par secteurs d'activité.

Les classes de doses efficaces utilisées pour le bilan se fondent sur une répartition en classes de doses issue d'un consensus international (UNSCEAR, ESOREX), permettant ainsi de comparer les résultats français aux données internationales :

- < seuil d'enregistrement des doses ;
- du seuil d'enregistrement à 1 mSv/an ;
- de 1 à 5 mSv/an ;
- de 5 à 10 mSv/an ;
- de 10 à 15 mSv/an ;
- de 15 à 20 mSv/an ;
- > 20 mSv/an.

Dépassements des VLEP pour les doses efficaces et équivalentes

Le nombre de cas de dépassement des limites réglementaires mentionné dans le rapport prend en compte les résultats des enquêtes menées après une alerte, permettant de valider ou d'infirmer les doses mesurées (selon la méthode détaillée en page 74 du présent rapport).

Bilan de l'exposition des travailleurs « dosimétrie efficace »

Le bilan de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants (dosimétrie « efficace ») inclut à la fois les expositions externes et internes. Pour les expositions externes, les données de dosimétrie du corps entier (photons et neutrons) issues du système SISERI sont utilisées. Par ailleurs, 7 871 travailleurs proviennent des données agrégées transmises par le Service de Protection Radiologique des Armées (SPRA) en dehors du système SISERI.

En 2024, pour les expositions internes, ce sont également les données directement transmises dans SISERI qui sont prises en compte, en remplacement de la méthode utilisée les années précédentes, pour lesquelles les informations étaient collectées par l'envoi d'un questionnaire aux organismes de dosimétrie responsables de la surveillance des travailleurs. Concernant les expositions internes, seuls les travailleurs ayant reçu au moins une dose interne engagée sont comptabilisés (cf. page 79 du présent rapport).

Il est important de souligner que le nombre total de travailleurs suivis pour la dosimétrie « efficace » ne correspond pas à la somme des travailleurs suivis pour les expositions externes et internes. En effet, un travailleur peut recevoir à la fois une dose externe (dose « corps entier ») et une dose interne, mais il est comptabilisé une seule fois.

L'agrégation des données (secteurs d'activités, effectifs, doses moyennes, doses collectives, effectifs par classe de dose) suit la même procédure que celle décrite dans la méthode d'agrégation des données (cf. page 76 du présent rapport).

Bilan des expositions externes

Tout travailleur (« classé » au sens de l'article R4451-57) ayant reçu au moins une dose enregistrée dans SISERI (qu'elle soit inférieure ou supérieure au seuil d'enregistrement) entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 2024 est inclus dans l'effectif suivi. Par ailleurs, 7 871 travailleurs proviennent des données agrégées transmises par le Service de Protection Radiologique des Armées (SPRA) en dehors du système SISERI.

Les données de dosimétrie externe, comprenant la dosimétrie corps entier (photons et neutrons), la dosimétrie de la peau, la dosimétrie des extrémités (bague et poignet) ainsi que celle du cristallin, sont toutes issues du système SISERI. Ces données dosimétriques sont transmises par les organismes accrédités (OA). Les informations d'identification du travailleur et de son activité sont renseignées dans SISERI par l'employeur ou le correspondant désigné pour SISERI (CES) (cf. Chapitre « Modalités de la surveillance », en annexe du présent rapport, page 70).

Comme les années précédentes, le bilan des expositions professionnelles pour l'année 2024, établi à partir des données de dosimétrie externe individuelle à lecture différée (qui permet d'estimer l'exposition externe de la dose efficace de SISERI), présente l'effectif des travailleurs par secteur d'activité professionnelle, les doses collectives correspondantes (somme des doses individuelles reçues par un groupe de travailleurs) et la répartition des travailleurs par classe de dose, suivant la procédure décrite dans la méthode d'agrégation des données (cf. page 76 du présent rapport). Il est important de souligner que le seuil utilisé pour ce bilan est de 0,10 mSv. En ce qui concerne les travailleurs relevant de la défense, le bilan est établi par le SPRA, qui se base sur des données de dosimétrie à lecture différée. Ces données ont été transmises directement par le SPRA pour la réalisation de ce bilan, en dehors du système SISERI.

Le chapitre dédié au bilan des expositions externes présente non seulement les données relatives aux doses corps entier (y compris l'exposition aux neutrons pour les activités concernées), mais aussi les doses à la peau, aux extrémités et au cristallin.

Il est important de préciser que le bilan repose sur les résultats des mesures de la surveillance des expositions, sans pouvoir garantir que les conditions de port des dosimètres respectent entièrement la réglementation. Par conséquent, les doses réellement reçues par les travailleurs peuvent parfois être surestimées, par exemple, lorsque le dosimètre est porté sur un tablier de plomb ou placé sur le tube émetteur de rayons X. À l'inverse, dans certains cas, les doses peuvent être sous-estimées, voire non enregistrées, si les dosimètres ne sont pas portés de manière systématique.

La période de port des dosimètres peut également influencer les résultats obtenus. Ainsi, des valeurs d'équivalent de dose inférieures au seuil d'enregistrement du dosimètre sur un mois d'exposition sont considérées comme nulles, alors qu'elles pourraient être positives en cas de période de port plus longue, du fait du cumul des expositions.

Bilan des expositions internes

L'effectif comptabilisé pour les expositions internes correspond au nombre de travailleurs (« exposé » au sens de la réglementation) ayant fait l'objet d'un calcul de dose engagée entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 2024, et dont le résultat du calcul a été transmis à SISERI, que la dose soit inférieure ou supérieure au seuil d'enregistrement.

Toutes les données de dosimétrie interne, qu'il s'agisse de doses internes engagées suite à un examen positif ou de doses internes estimées en raison d'une exposition au radon, sont issues du système SISERI.

Le bilan des expositions internes pour l'année 2024 a été établi à partir des données transmises à SISERI, comprenant :

- les données dosimétriques transmises par les OA chargés de la surveillance de l'exposition interne, incluant les doses internes engagées des travailleurs pour lesquels une dose interne a été enregistrée dans SISERI entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 2024 ;
- les données transmises par les OA responsables de la surveillance de l'exposition interne au radon ;
- les données administratives d'identification des travailleurs et de leurs activités, renseignées dans SISERI par l'employeur ou le correspondant de l'employeur pour SISERI (CES) ;
- le seuil considéré pour ce bilan est de 0,1 mSv, identique à celui retenu pour les expositions externes.

Dans le chapitre dédié au bilan des expositions internes (cf. page 40 du présent rapport), sont présentées :

- les mesures relatives à la surveillance de routine ;
- les mesures réalisées dans le cadre de la surveillance spéciale, notamment à la suite d'un incident ou d'une suspicion de contamination ;
- les résultats dosimétriques de la surveillance de l'exposition interne

Les graphiques présentent, pour chaque domaine d'activité :

- le nombre total d'analyses réalisées ;
- le nombre d'analyses considérées comme positives selon les seuils considérés par chaque laboratoire ;
- le nombre total de travailleurs ayant été soumis à au moins un examen en raison d'une potentielle exposition interne ;
- le nombre de travailleurs concernés par des analyses positives ;
- le nombre de travailleurs ayant reçu une dose interne (qu'elle soit inférieure ou supérieure au seuil d'enregistrement).

Le bilan des résultats dosimétriques, dans le chapitre dédié à la surveillance de l'exposition interne (cf. page 46 du présent rapport), inclut les effectifs par secteurs d'activité, les doses collectives, les doses moyennes et la répartition des travailleurs par classe de dose. Ces données sont présentées suivant la procédure décrite dans la méthode d'agrégation des données (cf. page 76 du présent rapport).

Les cas de dépassement de la limite réglementaire liés aux expositions internes concernent uniquement l'exposition interne au radon dans des grottes. Sur les huit cas enregistrés en 2024, cinq cas résultent de mesures effectuées à l'aide d'un dosimètre passif à lecture différée. Il est à noter que la réglementation impose l'utilisation d'un détecteur actif pour la surveillance de l'exposition interne au radon depuis le 1^{er} janvier 2015 (Article R4451-65 du code du travail).

La méthode décrite présente un certain nombre de limites, notamment les incertitudes suivantes concernant les effectifs suivis :

- pour ce qui concerne les travailleurs relevant de la défense et bénéficiant d'un suivi de l'exposition interne, les données n'ont pas été transmises dans SISERI par le SPRA pour la réalisation de ce bilan ;
- certains travailleurs ayant reçu des examens positifs peuvent ne pas être comptabilisés si les services de prévention et de santé au travail (SPST) n'ont pas ajouté et enregistré les doses engagées dans SISERI, comme cela est mentionné dans le chapitre du bilan des expositions internes (cf. page 40 du présent rapport).
- tous les travailleurs suivis ne sont pas systématiquement soumis à un examen comprenant des analyses au cours de l'année 2024. Cela explique pourquoi le nombre d'analyses réalisées dans un établissement donné peut être inférieur au nombre de travailleurs suivis dans cet établissement.

En revanche, cette méthode permet d'assurer un suivi optimal de l'exposition interne, puisque lorsqu'un travailleur est soumis à plusieurs types de mesures, il est comptabilisé une seule fois. Par exemple, lorsqu'une mesure d'iode 131 par anthroporadiométrie au niveau de la thyroïde donne un résultat positif, une analyse radiotoxique

urinaire est souvent réalisée ensuite. La méthode permet d'éviter le double comptage des travailleurs, ce qui n'était pas possible dans les bilans précédents réalisés par questionnaire.

Bilan des expositions aux rayonnements cosmiques

Le bilan de l'exposition des personnels navigants de l'aviation civile est établi à partir des données extraites de SISERI, basées sur les informations transmises au système par SievertPN géré par l'ASNR et autorisé par la DGT et la DGAC.

Concernant les personnels navigants relevant de la défense, le bilan est réalisé par le SPRA et autorisé par la DGT et la DSND, qui utilise les données de dosimétrie à lecture différée. Ces données ont été transmises par le SPRA spécifiquement pour la réalisation de ce bilan, en dehors du système SISERI.

L'agrégation des données (secteurs d'activités, effectifs, doses moyennes, doses collectives, effectifs par classe de dose) suit la même procédure que celle décrite dans la méthode d'agrégation des données (cf. page 76 du présent rapport).

Bilan des expositions des travailleurs aux matériaux « NORM » et au radon d'origine géologique

Le bilan présenté correspond à celui communiqué à l'ASNR par les sociétés ALGADE et RADONOVA. Il est important de rappeler qu'en 2024, seule la société ALGADE est accréditée pour la SDI des travailleurs exposés aux radionucléides naturels des chaînes du thorium et de l'uranium, tant pour l'exposition externe qu'interne. En revanche, bien que la société RADONOVA soit accréditée ISO 17025, elle ne dispose pas de l'accréditation nécessaire pour la transmission des résultats à SISERI concernant la SDI.

Bilan des événements significatifs en radioprotection

Le bilan des événements significatifs en radioprotection présenté ici concerne exclusivement ceux communiqués à l'ASNR et relatifs aux travailleurs exposés, tels que définis à l'article R. 4451-64 du code du travail, dans le cadre de la surveillance dosimétrique individuelle. La procédure de comptabilisation des ESR est la suivante :

- seuls les ESR relatifs à la radioprotection des travailleurs soumis à une SDI sont pris en compte, et non l'ensemble des événements recensés par l'ASNR dans le cadre de sa mission réglementaire conformément à l'article R.4451-78 du code du travail, qui inclut les ESR liés à la radioprotection des travailleurs sous SDI, ceux concernant la radioprotection des travailleurs soumis à une surveillance radiologique, ainsi que les événements touchant les patients, la population et l'environnement ;
- seuls les ESR ayant un impact sur la radioprotection des travailleurs sont pris en compte. Ceux relevant exclusivement de la sûreté nucléaire sont exclus ;
- la date retenue pour le bilan est celle de détection de l'événement, et non celle de sa déclaration. Le bilan 2024 inclut donc les ESR détectés entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 2024 ;
- la catégorisation des ESR par domaine d'activité est alignée sur celle utilisée dans le présent rapport ;
- les sources de données mobilisées pour établir ce bilan sont :
 - la base PIREX (Plateforme Intégrée de Retour d'Expérience), qui constitue la source principale. Elle rassemble les ESR déclarés via le téléservice ainsi que ceux transmis par courrier ou courriel et intégrés dans la base ;
 - le système SISERI, qui recense les ESR liés aux dépassements des valeurs limites d'exposition professionnelle en doses efficaces et équivalentes dans le cadre de la SDI, non déclarés via le téléservice ni transmis à l'ASNR par courrier ou courriel. À titre d'exemple, cette source inclut les huit cas de dépassement de la VLEP de 20 mSv pour la dose efficace liée à l'exposition au radon provenant du sol ;
 - l'accès complet aux données du système de télédéclaration (<https://teleservices.asn.fr/>) a permis de récupérer les ESR manquants et de consolider l'ensemble des informations ;
- Enfin, tous les ESR issus de ces différentes sources sont intégrés dans la base PIREX, et le bilan est élaboré à partir d'une extraction de cette base.

16 Tableaux détaillés du bilan 2024

Tableau 15 : Surveillance de l'exposition des travailleurs (dosimétrie « efficace ») – année 2024

Domaine d'activité ^(a)	Effectif suivi ^(e)			Dose efficace collective (H.Sv)	Dose efficace moyenne sur l'effectif suivi ^(g) (mSv)	Dose efficace moyenne sur l'effectif exposé à plus de 0,1 (mSv) ^(h)	Répartition des effectifs par classe de dose efficace						
	Classé A	Classé B	Autres expositions ^(f)				< seuil	du seuil à 1 mSv	de 1 à 5 mSv	de 5 à 10 mSv	de 10 à 15 mSv	de 15 à 20 mSv	≥ 20 mSv
Médical (hors dentaire)	4 023	97 532	4	5,80	0,06	0,61	92 106	7 864	1 549	30	9	0	1
Dentaire	134	4 730	3	0,16	0,03	0,34	4 390	460	17	0	0	0	0
Vétérinaire	79	7 930	0	0,12	0,02	0,38	7 684	314	11	0	0	0	0
Nucléaire ^(b)	23 349	66 380	3	49,80	0,55	1,63	59 223	18 660	8 957	2 548	340	4	0
Industrie non nucléaire	765	8 364	0	2,90	0,32	1,65	7 371	1 014	600	115	22	6	1
Recherche et enseignement ^(c)	150	6 281	1	0,18	0,03	0,51	6 069	327	33	3	0	0	0
Naturel	22	23 353	809	27,74	1,15	1,19	809	9 327	14 010	13	12	5	8
Autres ^(d)	257	4 585	60	0,65	0,13	0,97	4 232	484	164	21	1	0	0
Total	28 779	219 155	880	87,36	0,35	1,31	181 884	38 450	25 341	2 730	384	15	10

^(a) Grâce à la complétude des informations, en particulier celles concernant le secteur d'activité des travailleurs, il a été possible de s'assurer qu'en 2024, tous les travailleurs ayant reçu au moins un résultat dosimétrique disposent désormais d'un secteur d'activité attribué, ce qui explique l'absence de la catégorie « Non déterminé » dans le présent rapport.

^(b) Le domaine nucléaire inclut également le transport de matières radioactives lié à ce domaine.

^(c) Le domaine de la recherche et de l'enseignement inclut la recherche médicale, les activités au sein des installations de recherche liées au nucléaire, la recherche (autre que médicale et nucléaire) et l'enseignement.

^(d) La catégorie « Autres » regroupe les secteurs d'activité suivants : la gestion des situations de crise, les activités des organismes d'inspection et de contrôle, les activités à l'étranger, les activités de transport de sources dont l'utilisation n'est pas précisée, les activités des laboratoires de dosimétrie passive, ainsi que les activités non classées d'après la nomenclature.

^(e) L'effectif suivi en 2024 regroupe les travailleurs classés A, B et/ou autres expositions (travailleurs susceptibles d'être exposés au radon à plus de 6 mSv/an, ceux susceptibles de l'être uniquement en SUR, ainsi que ceux exposés aux rayonnements cosmiques dont le classement A ou B n'a pas été renseigné). Les données des travailleurs non classés, qui avaient le label « NC » ou sans mention de classement dans les précédents bilans travailleurs ne sont plus transmises à SISERI. Cet effectif inclut des données agrégées pour les activités de défense, données transmises hors système SISERI par le service de protection radiologique des armées (SPRA) pour l'établissement de ce rapport.

^(f) Les 880 travailleurs mentionnés ici sont ceux susceptibles d'être exposés au radon à plus de 6 mSv/an, ceux susceptibles de l'être uniquement en SUR, ainsi que ceux exposés aux rayonnements cosmiques dont le classement A ou B n'a pas été renseigné.

^(g) Grâce au nettoyage rendu possible par l'évolution de SISERI en 2023 (prise en compte que des travailleurs exposés), la dose efficace moyenne en 2024 est calculée sur l'ensemble des travailleurs ayant une SDI en cours (travailleurs exposés).

^(h) Dose moyenne calculée sur l'effectif ayant reçu une dose individuelle annuelle supérieure au seuil d'enregistrement des dosimètres, fixé à 0,1 mSv.

Tableau 16 : Surveillance de l'exposition externe (corps entier) – année 2024

Domaine d'activité ^(a)	Effectif suivi ^(e)			Dose efficace externe collective (H.Sv)	Dose efficace externe moyenne sur l'effectif suivi ^(g) (mSv)	Dose efficace externe moyenne sur l'effectif exposé à plus de 0,1 (mSv) ^(h)	Répartition des effectifs par classe de dose efficace externe						
	Classé A	Classé B	Autres expositions ^(f)				< seuil	du seuil à 1 mSv	de 1 à 5 mSv	de 5 à 10 mSv	de 10 à 15 mSv	de 15 à 20 mSv	≥ 20 mSv
Médical (hors dentaire)	4 023	97 532	4	5,80	0,06	0,61	92 106	7 864	1 549	30	9	0	1
Dentaire	134	4 730	3	0,16	0,03	0,34	4 390	460	17	0	0	0	0
Vétérinaire	79	7 930	0	0,12	0,02	0,38	7 684	314	11	0	0	0	0
Nucléaire ^(b)	23 341	66 373	3	49,76	0,55	1,63	59 234	18 643	8 951	2 545	340	4	0
Industrie non nucléaire	766	8 371	0	2,89	0,32	1,65	7 384	1 012	597	115	22	6	1
Recherche et enseignement ^(c)	150	6 281	1	0,18	0,03	0,50	6 069	328	32	3	0	0	0
Naturel	22	23 338	752	27,11	1,12	1,16	836	9 296	13 980	0	0	0	0
Autres ^(d)	257	4 585	60	0,65	0,13	0,97	4 233	483	164	21	1	0	0
Total	28 772	219 140	823	86,68	0,35	1,30	181 936	38 400	25 301	2 714	372	10	2

^(a) Grâce à la complétude des informations, en particulier celles concernant le secteur d'activité des travailleurs, il a été possible de s'assurer qu'en 2024, tous les travailleurs ayant reçu au moins un résultat dosimétrique disposent désormais d'un secteur d'activité attribué, ce qui explique l'absence de la catégorie « Non déterminé » dans le présent rapport.

^(b) Le domaine nucléaire inclut également le transport de matières radioactives lié à ce domaine.

^(c) Le domaine de la recherche et de l'enseignement inclut la recherche médicale, les activités au sein des installations de recherche liées au nucléaire, la recherche (autre que médicale et nucléaire) et l'enseignement.

^(d) La catégorie « Autres » regroupe les secteurs d'activité suivants : la gestion des situations de crise, les activités des organismes d'inspection et de contrôle, les activités à l'étranger, les activités de transport de sources dont l'utilisation n'est pas précisée, les activités des laboratoires de dosimétrie passive, ainsi que les activités non classées d'après la nomenclature.

^(e) L'effectif suivi en 2024 regroupe les travailleurs classés A, B et/ou autres expositions (travailleurs susceptibles d'être exposés au radon à plus de 6 mSv/an, ceux susceptibles de l'être uniquement en SUR, ainsi que ceux exposés aux rayonnements cosmiques dont le classement A ou B n'a pas été renseigné). Les données des travailleurs non classés, qui avaient le label « NC » ou sans mention de classement dans les précédents bilans travailleurs ne sont plus transmises à SISERI. Cet effectif inclut des données agrégées pour les activités de défense, données transmises hors système SISERI par le service de protection radiologique des armées (SPRA) pour l'établissement de ce rapport.

^(f) Les 823 travailleurs mentionnés ici sont ceux susceptibles d'être exposés au radon à plus de 6 mSv/an, ceux susceptibles de l'être uniquement en SUR, ainsi que ceux exposés aux rayonnements cosmiques dont le classement A ou B n'a pas été renseigné.

^(g) Grâce au nettoyage rendu possible par l'évolution de SISERI en 2023 (prise en compte que des travailleurs exposés), la dose efficace externe moyenne en 2024 est calculée sur l'ensemble des travailleurs ayant une SDI en cours (travailleurs exposés).

^(h) Dose moyenne calculée sur l'effectif ayant reçu une dose individuelle annuelle supérieure au seuil d'enregistrement des dosimètres, fixé à 0,1 mSv.

Tableau 17 : Surveillance de l'exposition externe (corps entier) dans les activités médicales en 2024

Secteur d'activité	Effectif suivi	Dose efficace externe collective (H.Sv)	Dose efficace externe moyenne sur l'effectif suivi ^(a) (mSv)	Dose efficace externe moyenne sur l'effectif exposé à plus de 0,1 mSv ^(b)	Répartition des effectifs par classe de dose efficace externe						
					< seuil	du seuil à 1 mSv	de 1 à 5 mSv	de 5 à 10 mSv	de 10 à 15 mSv	de 15 à 20 mSv	≥ 20 mSv
Pratiques interventionnelles radioguidées	53 973	1,02	0,02	0,38	51 301	2 547	119	6	0	0	0
Radiodiagnostic	27 679	1,00	0,04	0,37	24 951	2 609	114	5	0	0	0
Médecine nucléaire	6 297	2,82	0,45	1,00	3 467	1 724	1 100	6	0	0	0
Radiothérapie	5 092	0,20	0,04	0,55	4 727	328	34	1	2	0	0
Logistique et maintenance	1 667	0,17	0,10	1,10	1 516	99	46	5	1	0	0
Autres du médical ^(c)	6 851	0,59	0,09	0,83	6 144	557	136	7	6	0	1
Total	101 559	5,80	0,06	0,61	92 106	7 864	1 549	30	9	0	1

^(a) Grâce au nettoyage rendu possible par l'évolution de SISERI en 2023 (prise en compte que des travailleurs exposés), la dose efficace externe moyenne en 2024 est calculée sur l'ensemble des travailleurs ayant une SDI en cours (travailleurs exposés).

^(b) Dose moyenne calculée sur l'effectif des travailleurs ayant reçu une dose individuelle annuelle supérieure au seuil d'enregistrement des dosimètres, fixé à 0,1 mSv.

^(c) La catégorie « Autres du médical » regroupe les travailleurs des secteurs des laboratoires d'analyses médicales avec radio-immunologie, de la médecine du travail et dispensaires, de l'irradiation de produits sanguins, du transport de sources à usage médical.

Tableau 18 : Surveillance de l'exposition externe (corps entier) dans le domaine nucléaire en 2024

Secteur d'activité	Effectif suivi	Dose efficace externe collective (H.Sv)	Dose efficace externe moyenne sur l'effectif suivi ^(a) (mSv)	Dose efficace externe moyenne sur l'effectif exposé à plus de 0,1 mSv ^(b)	Répartition des effectifs par classe de dose efficace externe						
					< seuil	du seuil à 1 mSv	de 1 à 5 mSv	de 5 à 10 mSv	de 10 à 15 mSv	de 15 à 20 mSv	≥ 20 mSv
Amont du cycle ^(c)	4 156	2,43	0,58	2,54	3 198	499	252	190	17	0	0
Réacteurs de production d'énergie	24 079	6,78	0,28	0,87	16 315	5 741	1 910	104	9	0	0
Aval du cycle ^(d)	42 65	0,29	0,07	0,49	3 674	526	63	2	0	0	0
Logistique et maintenance du nucléaire	34 688	35,50	1,02	2,17	18 329	8 132	5 901	2 031	291	4	0
Démantèlement des installations nucléaires	5 232	1,85	0,35	1,56	4 045	792	273	105	17	0	0
Autres du nucléaire ^(e)	17 297	2,91	0,17	0,80	13 673	2 953	552	113	6	0	0
Total	89 717	49,76	0,55	1,63	59 234	18 643	8 951	2 545	340	4	0

^(a) Grâce au nettoyage rendu possible par l'évolution de SISERI en 2023 (prise en compte que des travailleurs exposés), la dose efficace externe moyenne en 2024 est calculée sur l'ensemble des travailleurs ayant une SDI en cours (travailleurs exposés).

^(b) Dose moyenne calculée sur l'effectif des travailleurs ayant reçu une dose individuelle annuelle supérieure au seuil d'enregistrement des dosimètres, fixé à 0,1 mSv.

^(c) Le secteur « Amont du cycle » regroupe les travailleurs des secteurs « extraction et traitement du minerai d'uranium », « enrichissement et conversion » et « fabrication du combustible ».

^(d) Le secteur « Aval du cycle » regroupe les travailleurs des secteurs « retraitement du combustible » et « effluents, déchets et matériaux récupérables ».

^(e) La catégorie « Autres du nucléaire » regroupe les travailleurs des secteurs « propulsion nucléaire », « armement », « transport pour le cycle du nucléaire ».

Tableau 19 : Surveillance de l'exposition externe (corps entier) dans l'industrie non nucléaire en 2024

Secteur d'activité	Effectif suivi	Dose efficace externe collective (H.Sv)	Dose efficace externe moyenne sur l'effectif suivi (mSv) ^(a)	Dose efficace externe moyenne sur l'effectif exposé à plus de 0,1 mSv ^(b)	Répartition des effectifs par classe de dose efficace externe						
					< seuil	du seuil à 1 mSv	de 1 à 5 mSv	de 5 à 10 mSv	de 10 à 15 mSv	de 15 à 20 mSv	≥ 20 mSv
Contrôle non destructif	3 684	1,92	0,52	2,15	2 791	456	317	92	21	6	1
Production et conditionnement de radio-isotopes	760	0,55	0,73	1,33	346	212	192	9	1	0	0
Contrôles de sécurité des personnes et des biens	439	0,01	0,02	0,32	410	28	1	0	0	0	0
Logistique et maintenance (prestataires)	1 334	0,21	0,16	1,13	1 148	138	40	8	0	0	0
Autres de l'industrie ^(c)	2 920	0,20	0,07	0,85	2 689	178	47	6	0	0	0
Total	9 137	2,89	0,32	1,65	7 384	1 012	597	115	22	6	0

^(a) Grâce au nettoyage rendu possible par l'évolution de SISERI en 2023 (prise en compte que des travailleurs exposés), la dose efficace externe moyenne en 2024 est calculée sur l'ensemble des travailleurs ayant une SDI en cours (travailleurs exposés).

^(b) Dose moyenne calculée sur l'effectif des travailleurs ayant reçu une dose individuelle annuelle supérieure au seuil d'enregistrement des dosimètres, fixé à 0,1 mSv.

^(c) La catégorie « Autres de l'industrie » regroupe les travailleurs des secteurs « soudage par faisceau d'électron », « radiopolymérisation et traitement de surface », « stérilisations », « autres usages industriels et de services », « détection géologique (Well logging) », « sources à usages divers (industriels, etc.) ».

Tableau 20 : Surveillance de l'exposition externe (corps entier) dans le domaine de la recherche et l'enseignement en 2024

Secteur d'activité	Effectif suivi	Dose efficace externe collective (H. Sv)	Dose efficace externe moyenne sur l'effectif suivi (mSv) ^(a)	Dose efficace externe moyenne sur l'effectif exposé à plus de 0,1 mSv ^(b)	Répartition des effectifs par classe de dose efficace externe						
					< seuil	du seuil à 1 mSv	de 1 à 5 mSv	de 5 à 10 mSv	de 10 à 15 mSv	de 15 à 20 mSv	≥ 20 mSv
Recherche (médicale, vétérinaire et pharmaceutique, autre que nucléaire et médicale) et Enseignement	2 966	0,07	0,02	0,42	2 819	136	11	0	0	0	0
Installations de recherche liées au Nucléaire	3 466	0,11	0,03	0,57	3 301	143	19	3	0	0	0
Total	6 432	0,18	0,03	0,50	6 120	279	30	3	0	0	0

^(a) Grâce au nettoyage rendu possible par l'évolution de SISERI en 2023 (prise en compte que des travailleurs exposés), la dose efficace externe moyenne en 2024 est calculée sur l'ensemble des travailleurs ayant une SDI en cours (travailleurs exposés).

^(b) Dose moyenne calculée sur l'effectif des travailleurs ayant reçu une dose individuelle annuelle supérieure au seuil d'enregistrement des dosimètres, fixé à 0,1 mSv.

Tableau 21 : Surveillance de l'exposition externe (corps entier) dans le domaine de l'exposition à la radioactivité naturelle en 2024

Secteur d'activité	Effectif suivi	Dose efficace externe collective (H. Sv)	Dose efficace externe moyenne sur l'effectif suivi (mSv) ^(a)	Dose efficace externe moyenne sur l'effectif exposé à plus de 0,1 mSv ^(b)	Répartition des effectifs par classe de dose efficace externe						
					< seuil	du seuil à 1 mSv	de 1 à 5 mSv	de 5 à 10 mSv	de 10 à 15 mSv	de 15 à 20 mSv	> 20 mSv
Personnel navigant civil	23 124	26,928	1,16	1,19	414	8 735	13 975	0	0	0	0
Personnel navigant militaire ^(c)	708	0,142	0,20	0,31	250	458	0	0	0	0	0
Manipulation et stockage de matières premières contenant des éléments des familles naturelles du thorium et de l'uranium	189	0,022	0,12	0,29	115	74	0	0	0	0	0
Autres (sources naturelles) ^(d)	61	0,011	0,18	0,55	41	16	4	0	0	0	0
Activités s'exerçant dans un lieu entraînant une exposition professionnelle au radon provenant du sol ou radon « géogénique » et à ses descendants	30	0,004	0,12	0,30	19	11	0	0	0	0	0
Total	24 112	27,107	1,12	1,16	839	9 294	13 979	0	0	0	0

^(a) Grâce au nettoyage rendu possible par l'évolution de SISERI en 2023 (prise en compte que des travailleurs exposés), la dose efficace externe moyenne en 2024 est calculée sur l'ensemble des travailleurs ayant une SDI en cours (travailleurs exposés).

^(b) Dose moyenne calculée sur l'effectif des travailleurs ayant reçu une dose individuelle annuelle supérieure à 0,1 mSv, seuil correspondant au niveau d'enregistrement retenu pour les PN afin d'assurer l'homogénéité avec les autres catégories de travailleurs disposant d'un dosimètre.

^(c) Données transmises hors système SISERI par le service de protection radiologique des armées (SPRA) pour l'établissement de ce rapport.

^(d) La catégorie « Autres (sources naturelles) » regroupe les travailleurs des secteurs « industries du gaz, du pétrole et du charbon », « mines et traitement des minerais ».

Tableau 22 : Surveillance de l'exposition externe (dose « peau ») – année 2024

Domaine d'activité ^(a)	Effectif suivi ^(b)	Dose équivalente totale à la peau (Sv)	Dose équivalente moyenne sur l'effectif suivi ^(c) (mSv)	Dose équivalente moyenne sur l'effectif exposé à plus de 0,1 (mSv) ^(d)	Répartition des effectifs par classe de dose équivalente à la peau				
					< seuil	du seuil à 50 mSv	de 50 à 150 mSv	de 150 à 500 mSv	≥ 500 mSv
Médical (hors dentaire)	99 843	6,6	0,07	0,66	89 910	9 931	1	1	0
Dentaire	4 612	0,19	0,04	0,36	4 090	522	0	0	0
Vétérinaire	7 825	0,14	0,02	0,38	7 456	369	0	0	0
Nucléaire ^(e)	85 834	51,68	0,60	1,75	57 256	28 568	7	2	1
Industrie non nucléaire	8 156	2,91	0,36	1,74	6 534	1 622	0	0	0
Recherche et enseignement ^(f)	6 176	0,21	0,03	0,55	5 842	334	0	0	0
Naturel	157	0,02	0,12	0,39	113	44	0	0	0
Autres ^(g)	4 035	0,54	0,13	1,05	3 541	494	0	0	0
Total	216 638	62,27	0,29	1,45	175 512	41 114^(h)	8	3	1

^(a) Grâce à la complétude des informations, en particulier celles concernant le secteur d'activité des travailleurs, il a été possible de s'assurer qu'en 2024, tous les travailleurs ayant reçu au moins un résultat dosimétrique disposent désormais d'un secteur d'activité attribué, ce qui explique l'absence de la catégorie « Non déterminé » dans le présent rapport.

^(b) L'effectif suivi en 2024 regroupe les travailleurs classés A, B et/ou autres expositions. Les données des travailleurs non classés, qui avaient le label « NC » ou sans mention de classement dans les précédents bilans travailleurs ne sont plus transmises à SISERI.

^(c) Grâce au nettoyage rendu possible par l'évolution de SISERI en 2023 (prise en compte que des travailleurs exposés), la dose équivalente moyenne à la peau en 2024 est calculée sur l'ensemble des travailleurs ayant une SDI en cours (travailleurs exposés).

^(d) Dose moyenne calculée sur l'effectif ayant reçu une dose individuelle annuelle supérieure au seuil d'enregistrement des dosimètres, fixé à 0,1 mSv.

^(e) Le domaine nucléaire inclut également le transport de matières radioactives lié à ce domaine.

^(f) Le domaine de la recherche et de l'enseignement inclut la recherche médicale, les activités au sein des installations de recherche liées au nucléaire, la recherche (autre que médicale et nucléaire) et l'enseignement.

^(g) La catégorie « Autres » regroupe les secteurs d'activité suivants : la gestion des situations de crise, les activités des organismes d'inspection et de contrôle, les activités à l'étranger, les activités de transport de sources dont l'utilisation n'est pas précisée, les activités des laboratoires de dosimétrie passive, ainsi que les activités non classées d'après la nomenclature.

^(h) Parmi ces travailleurs, 14 456 ont reçu une dose équivalente à la peau supérieure ou égale à 1 mSv, dont 3 081 ont été exposés à plus de 5 mSv.

Tableau 23 : Surveillance de l'exposition externe (dose « extrémités ») – année 2024

Domaine d'activité ^(a)	Effectif suivi ^(b)	Dose équivalente totale aux extrémités (Sv)	Dose équivalente moyenne sur l'effectif suivi ^(c) (mSv)	Dose équivalente moyenne sur l'effectif exposé à plus de 0,1 (mSv) ^(d)	Répartition des effectifs par classe de dose équivalente aux extrémités				
					< seuil	du seuil à 50 mSv	de 50 à 150 mSv	de 150 à 500 mSv	≥ 500 mSv
Médical (hors dentaire)	12 739	73,53	5,77	15,86	8 103	4 241	356	39	0
Dentaire	115	0,05	0,47	3,88	101	14	0	0	0
Vétérinaire	136	0,24	1,73	8,42	108	26	2	0	0
Nucléaire	6 598	54,897	8,32	17,78	3 542	2 618	411	27	0
Industrie non nucléaire	1 267	3,012	2,38	6,07	784	479	4	0	0
Recherche et enseignement	1 030	1,130	1,10	6,08	852	173	5	0	0
Naturel	2	0,002	1,27	2,55	1	1	0	0	0
Autres ^(e)	183	0,118	0,64	5,12	160	23	0	0	0
Total	22 070	132,980	6,03	15,70	13 764	7 462	778	66	0

^(a) Grâce à la complétude des informations, en particulier celles concernant le secteur d'activité des travailleurs, il a été possible de s'assurer qu'en 2024, tous les travailleurs ayant reçu au moins un résultat dosimétrique disposent désormais d'un secteur d'activité attribué, ce qui explique l'absence de la catégorie « Non déterminé » dans le présent rapport.

^(b) L'effectif suivi en 2024 regroupe les travailleurs classés A, B et/ou autres expositions. Les données des travailleurs non classés, qui avaient le label « NC » ou sans mention de classement dans les précédents bilans travailleurs ne sont plus transmises à SISERI.

^(c) Grâce au nettoyage rendu possible par l'évolution de SISERI en 2023 (prise en compte que des travailleurs exposés), la dose équivalente moyenne aux extrémités en 2024 est calculée sur l'ensemble des travailleurs ayant une SDI en cours (travailleurs exposés).

^(d) Dose moyenne calculée sur l'effectif ayant reçu une dose individuelle annuelle supérieure au seuil d'enregistrement des dosimètres, fixé à 0,1 mSv.

^(e) La catégorie « Autres » regroupe les secteurs d'activité suivants : la gestion des situations de crise, les activités des organismes d'inspection et de contrôle, les activités à l'étranger et les activités des laboratoires de dosimétrie passive.

Tableau 24 : Surveillance de l'exposition externe (dose « cristallin ») – année 2024

Domaine d'activité ^(a)	Effectif suivi ^(b)	Dose équivalente totale au cristallin (Sv)	Dose équivalente moyenne sur l'effectif suivi ^(c) (mSv)	Dose équivalente moyenne sur l'effectif exposé à plus de 0,1 (mSv) ^(d)	Répartition des effectifs par classe de dose équivalente au cristallin						
					< seuil	du seuil à 1 mSv	de 1 à 5 mSv	de 5 à 10 mSv	de 10 à 15 mSv	de 15 à 20 mSv	≥ 20 mSv
Médical (hors dentaire)	4 072	0,87	0,21	1,52	3 505	358	163	35	10	1	0
Dentaire	3	0,00	0,00	0,77	3	0	0	0	0	0	0
Vétérinaire	47	0,01	0,15	1,15	41	2	4	0	0	0	0
Nucléaire ^(e)	726	0,918	1,27	1,89	239	205	258	17	4	3	0
Industrie non nucléaire	124	0,076	0,61	1,08	54	42	26	2	0	0	0
Recherche et enseignement ^(f)	28	0,000	0,00	0,00	28	0	0	0	0	0	0
Autres ^(g)	24	0,004	0,15	1,21	21	2	1	0	0	0	0
Total	5 024	1,87	0,37	1,65	3 891	609	452	54	14	4	0

^(a) Grâce à la complétude des informations, en particulier celles concernant le secteur d'activité des travailleurs, il a été possible de s'assurer qu'en 2024, tous les travailleurs ayant reçu au moins un résultat dosimétrique disposent désormais d'un secteur d'activité attribué, ce qui explique l'absence de la catégorie « Non déterminé » dans le présent rapport.

^(b) L'effectif suivi en 2024 regroupe les travailleurs classés A, B et/ou autres expositions. Les données des travailleurs non classés, qui avaient le label « NC » ou sans mention de classement dans les précédents bilans travailleurs ne sont plus transmises à SISERI.

^(c) Grâce au nettoyage rendu possible par l'évolution de SISERI en 2023 (prise en compte que des travailleurs exposés), la dose équivalente moyenne au cristallin en 2024 est calculée sur l'ensemble des travailleurs ayant une SDI en cours (travailleurs exposés).

^(d) Dose moyenne calculée sur l'effectif ayant reçu une dose individuelle annuelle supérieure au seuil d'enregistrement des dosimètres, fixé à 0,1 mSv.

^(e) Le domaine nucléaire inclut également le transport de matières radioactives lié à ce domaine.

^(f) Le domaine de la recherche et de l'enseignement inclut la recherche médicale, la recherche (autre que médicale et nucléaire) et l'enseignement, ainsi que les activités au sein des installations de recherche liées au nucléaire.

^(g) La catégorie « Autres » regroupe les secteurs d'activité suivants : la gestion des situations de crise, les activités des organismes d'inspection et de contrôle, les activités à l'étranger et les activités des laboratoires de dosimétrie passive.

Tableau 25 : Surveillance de l'exposition interne (dose « interne engagée ») – année 2024

Domaine d'activité ^(a)	Effectif suivi ^(b)	Dose efficace engagée collective (H.Sv)	Dose efficace engagée moyenne sur l'effectif suivi ^(c) (mSv)	Dose efficace engagée moyenne sur l'effectif exposé à plus de 0,1 (mSv) ^(d)	Répartition des effectifs par classe de dose efficace engagée						
					< seuil	du seuil à 1 mSv	de 1 à 5 mSv	de 5 à 10 mSv	de 10 à 15 mSv	de 15 à 20 mSv	≥ 20 mSv
Nucléaire ^(e)	100	0,037	0,37	0,67	45	46	9	0	0	0	0
Industrie non nucléaire	69	0,014	0,21	0,43	36	28	5	0	0	0	0
Recherche et enseignement ^(f)	7	0,001	0,16	0,37	4	3	0	0	0	0	0
Naturel	214	0,632	2,95	4,83	83	65	29	12	12	5	8
Autres ^(g)	4	0,001	0,19	0,25	1	3	0	0	0	0	0
Total	394	0,686	1,74	3,05	169	145	43	12	12	5	8 ¹⁰

(a)

Grâce à la complétude des informations, en particulier celles concernant le secteur d'activité des travailleurs, il a été possible de s'assurer qu'en 2024, tous les travailleurs ayant reçu au moins un résultat dosimétrique disposent désormais d'un secteur d'activité attribué, ce qui explique l'absence de la catégorie « Non déterminé » dans le présent rapport.

(b)

L'effectif suivi en 2024 regroupe les travailleurs classés A, B et/ou autres expositions. Les données des travailleurs non classés, qui avaient le label « NC » ou sans mention de classement dans les précédents bilans travailleurs ne sont plus transmises à SISERI.

(c)

Grâce au nettoyage rendu possible par l'évolution de SISERI en 2023 (prise en compte que des travailleurs exposés), la dose efficace engagée moyenne en 2024 est calculée sur l'ensemble des travailleurs ayant une SDI en cours (travailleurs exposés).

(d)

Dose moyenne calculée sur l'effectif ayant reçu une dose individuelle annuelle supérieure au seuil d'enregistrement des dosimètres, fixé à 0,1 mSv.

(e)

Le domaine nucléaire inclut également le transport de matières radioactives lié à ce domaine.

(f)

Le domaine de la recherche et de l'enseignement inclut la recherche médicale, la recherche (autre que médicale et nucléaire) et l'enseignement, ainsi que les activités au sein des installations de recherche liées au nucléaire.

(g)

La catégorie « Autres » regroupe les secteurs d'activité suivants : la gestion des situations de crise, les activités des organismes d'inspection et de contrôle, les activités à l'étranger et les activités des laboratoires de dosimétrie passive.

¹⁰ Les huit cas de dépassements mentionnés dans le cadre de l'exposition interne concernent l'exposition au radon provenant du sol. Cinq des huit cas résultent de l'utilisation d'un détecteur passif à lecture différée dans des milieux souterrains., La réglementation exigeant depuis 2025 l'utilisation d'un détecteur externe actif à lecture différée, des actions ont été menées par la DGT pour permettre aux travailleurs suivis par ce laboratoire et utilisant des détecteurs passifs à lecture différée, de passer à un système de surveillance avec des détecteurs actifs.

17

Références

- [1] La radioprotection des travailleurs – Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France : bilan 2023 – IRSN – PSE-Santé/2024-00333 du 30/06/2024 – Oumar Telly BAH, Béatrice CHARLET, Frédéric ROUSSEAU, David LIN, Hervé ROY, Isabelle CLAIRAND, Carmen VILLAGRASA, Véronique LEJEUNE, Marc PULTIER, Eloi BAUDUIN, Laurent MARIE, Aurélie ISAMBERT, Anne BELLY-POINSIGNON, Christelle SACCOCCIO, Alain SAVARY, Céline BAILLON, Philippe LESTAEVEL
- [2] La radioprotection des travailleurs – Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France : bilan 2022 – IRSN – PSE-Santé/2023-00387 du 30/06/23 – Philippe LESTAEVEL, Béatrice CHARLET, Isabelle CLAIRAND, Carmen VILLAGRASA, Marc PULTIER, Olivier COUASNON, Laurent MARIE, Aurélie ISAMBERT, Christelle SACCOCCIO, Géraldine IELSCH, Anne MATHIEU, Alain SAVARY, Céline BAILLON, Juliette FEUARDENT
- [3] La radioprotection des travailleurs – Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France : bilan 2021 – IRSN – PSE-Santé/2022-00404 du 30/06/22 – Philippe LESTAEVEL, Béatrice CHARLET, Isabelle CLAIRAND, Carmen VILLAGRASA, Véronique LEJEUNE, Clémence BAUDIN, Patrick JOLIVET, Olivier COUASNON, Géraldine IELSCH, Anne MATHIEU, Alain SAVARY, Christine BARTIZEL, Sandrine MOUGNIOT, Céline BAILLON, Juliette FEUARDENT
- [4] La radioprotection des travailleurs – Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France : bilan 2020 – IRSN – PSE-Santé/2021-00429 du 30/06/21 – Philippe LESTAEVEL, Béatrice CHARLET, Jean-Bernard DUCHEZ, Isabelle CLAIRAND, Carmen VILLAGRASA, Christelle HUET, Véronique LEJEUNE, Géraldine IELSCH, Laurent DESTACAMP, Hélène CAPLIN, Alain SAVARY, Christine BARTIZEL, Sandrine MOUGNIOT, Céline BAILLON, Juliette FEUARDENT
- [5] La radioprotection des travailleurs – Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France : bilan 2019 – IRSN – PSE-Santé/2020-00482 du 30/06/20 – Philippe LESTAEVEL, Béatrice CHARLET, Hervé ROY, Hélène CAPLIN, Isabelle CLAIRAND, Véronique LEJEUNE, Laurent DESTACAMP, Tiffany BEAUMONT, Sandrine MOUGNIOT, Céline BAILLON, Klervi LEURAUD, Juliette FEUARDENT
- [6] La radioprotection des travailleurs – Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France : bilan 2018 – IRSN – PSE-Santé/2019-00467 du 30/06/19 - Sandrine ROCH-LEFÈVRE, Ben-Mekki AYADI, Hervé ROY, Hélène CAPLIN, Isabelle CLAIRAND, Véronique LEJEUNE, Laurent DESTACAMP, Isabelle VU, Christine BARTIZELLE, Cécile CHALETON-DE VATAHIRE, Juliette FEUARDENT
- [7] Arrêté du 15 mai 2024 relatif à la démarche de prévention du risque radon et à la mise en place d'une zone radon et des vérifications associées dans le cadre du dispositif renforcé pour la protection des travailleurs
- [8] Arrêté du 23 juin 2023 relatif aux modalités d'enregistrement et d'accès au système d'information et de surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants « SISERI »
- [9] Arrêté du 26 juin 2019 relatif à la surveillance individuelle de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants
- [10] Norme ISO 20553 (janvier 2025). Surveillance professionnelle des travailleurs exposés à un risque de contamination interne par des matériaux radioactifs
- [11] Arrêté du 16 novembre 2023 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants.
- [12] Norme ISO 14146 (février 2021). Critères et limites d'habilitation pour l'évaluation périodique des exploitants de dosimètres individuels pour les rayons X et gamma
- [13] Norme ISO 13528 (août 2022). Méthodes statistiques utilisées dans les essais d'aptitude par comparaison inter-laboratoires
- [14] Norme ISO 28218 (octobre 2010). Radioprotection - Critères de performance pour l'analyse radiotoxicologique

18

Table des illustrations et tableaux

__ Illustrations

Figure 1 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) en 2024 – effectif et classement des travailleurs par domaine d'activité	14
Figure 2 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) en 2024 – répartition de la dose efficace externe par domaine d'activité	15
Figure 3 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) en 2024 – effectif et dose efficace externe moyenne par domaine d'activité.....	16
Figure 4 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) en 2024 – répartition de l'effectif exposé par domaine d'activité en fonction des différentes classes de dose efficace externe et par domaine d'activité ...	17
Figure 5 : Répartition des effectifs suivis (à gauche) et de la dose efficace externe (à droite) pour l'exposition aux neutrons en 2024.....	18
Figure 6 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans les activités médicales en 2024 – répartition de l'effectif et de la dose efficace externe par secteur d'activité	19
Figure 7 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans les activités médicales en 2024 – répartition de la dose efficace externe collective par secteur d'activité	20
Figure 8 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans les activités médicales en 2024 – répartition des effectifs en fonction des différentes classes de dose efficace externe et par secteur d'activité	21
Figure 9 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine nucléaire en 2024 – répartition de l'effectif et de la dose efficace externe moyenne par secteur d'activité.....	22
Figure 10 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine nucléaire en 2024 – répartition de la dose efficace externe collective par secteur d'activité	23
Figure 11 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine nucléaire en 2024 – répartition des effectifs en fonction des différentes classes de dose efficace externe et par secteur d'activité	24
Figure 12 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine de l'industrie non nucléaire en 2024 – répartition de l'effectif et de la dose efficace externe moyenne par secteur d'activité	25
Figure 13 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine de l'industrie non nucléaire en 2024 – répartition de la dose efficace externe collective par secteur d'activité	26
Figure 14 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine de l'industrie non nucléaire en 2024 – répartition des effectifs en fonction des différentes classes de dose efficace externe et par secteur d'activité.....	27
Figure 15 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine de la recherche et l'enseignement en 2024 – répartition de l'effectif et de la dose efficace externe moyenne par secteur d'activité.....	28
Figure 16 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine de l'exposition à la radioactivité naturelle en 2024 – répartition de l'effectif et de la dose efficace externe moyenne par secteur d'activité	29
Figure 17 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine de l'exposition à la radioactivité naturelle en 2024 – répartition des effectifs en fonction des différentes classes de dose efficace externe et par secteur d'activité	31
Figure 18 : Surveillance de l'exposition à la peau en 2024 – effectif et dose équivalente moyenne à la peau par domaine d'activité	32

Figure 19 : Surveillance de l'exposition à la peau en 2024 – répartition de la dose équivalente totale à la peau par domaine d'activité	33
Figure 20 : Surveillance de l'exposition des extrémités en 2024 – répartition de l'effectif et de la dose équivalente moyenne aux extrémités par domaine d'activité	34
Figure 21 : Surveillance de l'exposition des extrémités en 2024 – répartition de la dose équivalente totale par domaine d'activité	35
Figure 22 : Surveillance de l'exposition des extrémités en 2024 – répartition des effectifs en fonction des différentes classes de dose équivalente aux extrémités et par domaine d'activité	36
Figure 23 : Surveillance de l'exposition du cristallin en 2024 – répartition de l'effectif et de la dose équivalente moyenne au cristallin par domaine d'activité	37
Figure 24 : Surveillance de l'exposition du cristallin en 2024 – répartition de la dose équivalente totale au cristallin par domaine d'activité	38
Figure 25 : Surveillance de l'exposition du cristallin en 2024 – répartition des effectifs en fonction des différentes classes de dose équivalente au cristallin et par domaine d'activité	39
Figure 26 : Surveillance de routine de l'exposition interne en 2024 – nombre d'analyses dans les différents domaines d'activité	40
Figure 27 : Surveillance de routine de l'exposition interne en 2024 – nombre de travailleurs avec au moins une analyse positive dans les différents domaines d'activité	42
Figure 28 : Surveillance dosimétrique de routine de l'exposition interne – évolution du nombre total d'analyses et du nombre de travailleurs avec au moins un résultat positif de 2018 à 2024, tous domaines confondus	43
Figure 29 : Surveillance spéciale de l'exposition interne en 2024 – nombre d'analyses dans les différents domaines d'activité	44
Figure 30 : Surveillance spéciale de l'exposition interne en 2024 – nombre de travailleurs avec au moins une analyse positive dans les différents domaines d'activité	45
Figure 31 : Surveillance de l'exposition interne en 2024 – répartition de l'effectif et de la dose efficace engagée moyenne par domaine d'activité	46
Figure 32 : Surveillance de l'exposition interne en 2024 – répartition de la dose efficace engagée collective par domaine d'activité	47
Figure 33 : Surveillance de l'exposition interne en 2024 – répartition des effectifs en fonction des différentes classes de dose efficace engagée et par domaine d'activité	48
Figure 34 : Évolution du nombre de travailleurs suivis dont la dose efficace annuelle est supérieure à 20 mSv, de 1998 à 2024	52
Figure 35 : Répartition par domaine d'activité du nombre de travailleurs suivis dont la dose efficace annuelle dépasse 20 mSv (période 2012-2024)	53
Figure 36 : Répartition, par domaine d'activité, des événements significatifs de radioprotection recensés par l'ASNR dans le cadre de la SDI des travailleurs exposés au sens de l'article R. 4451-64 du CT en 2024	54
Figure 37 : Répartition, par secteur d'activité, des événements significatifs de radioprotection recensés par l'ASNR dans le cadre de la SDI des travailleurs exposés au sens de l'article R. 4451-64 du CT en 2024	55
Figure 38 : Répartition par domaine d'activité du nombre d'événements significatifs de radioprotection recensés par l'ASNR (période 2019 – 2024)	56
Figure 39 : Évaluation du risque d'exposition au radon	64
Figure 40 : Seuils utilisés pour la surveillance de l'exposition interne des travailleurs	68
Figure 41 : Description du fonctionnement de SISERI	70
Figure 42 : Traitement des alertes de dépassement d'une VLEP en 2024	74

Tableaux

Tableau 1 : Surveillance de l'exposition des travailleurs (exposition externe et interne) – année 2024	11
Tableau 2 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) en 2024 – dose efficace externe maximale par domaine d'activité	17
Tableau 3 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans les activités médicales en 2024 – dose efficace externe maximale par secteur d'activité	21
Tableau 4 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine nucléaire en 2024 – dose efficace externe maximale par secteur d'activité	24
Tableau 5 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine de l'industrie non nucléaire en 2024 – dose efficace externe maximale par secteur d'activité	27
Tableau 6 : Surveillance de l'exposition externe (dose efficace externe) dans le domaine de l'exposition à la radioactivité naturelle en 2024 – dose efficace externe maximale par secteur d'activité	30
Tableau 7 : Surveillance de l'exposition à la peau en 2024 – dose équivalente maximale à la peau par domaine d'activité	33
Tableau 8 : Surveillance de l'exposition des extrémités en 2024 – dose équivalente maximale aux extrémités par domaine d'activité	35
Tableau 9 : Surveillance de l'exposition du cristallin en 2024 – dose équivalente maximale au cristallin par domaine d'activité	38
Tableau 10 : Surveillance de l'exposition interne en 2024 – dose efficace engagée maximale par domaine d'activité	48
Tableau 11 : Surveillance de l'exposition interne en 2024 – secteur de l'exposition au radon provenant du sol ou radon « géogénique »	49
Tableau 12 : Dépassements des VLEP aux RI : bilan 2024	50
Tableau 13 : Valeurs limites annuelles d'exposition professionnelle	61
Tableau 14 : Panorama des dosimètres externes individuels à lecture différée utilisés en France en 2024	65
Tableau 15 : Surveillance de l'exposition des travailleurs (dosimétrie « efficace ») – année 2024	82
Tableau 16 : Surveillance de l'exposition externe (corps entier) – année 2024	83
Tableau 17 : Surveillance de l'exposition externe (corps entier) dans les activités médicales en 2024	84
Tableau 18 : Surveillance de l'exposition externe (corps entier) dans le domaine nucléaire en 2024	84
Tableau 19 : Surveillance de l'exposition externe (corps entier) dans l'industrie non nucléaire en 2024	85
Tableau 20 : Surveillance de l'exposition externe (corps entier) dans le domaine de la recherche et l'enseignement en 2024	85
Tableau 21 : Surveillance de l'exposition externe (corps entier) dans le domaine de l'exposition à la radioactivité naturelle en 2024	86
Tableau 22 : Surveillance de l'exposition externe (dose « peau ») – année 2024	87
Tableau 23 : Surveillance de l'exposition externe (dose « extrémités ») – année 2024	88
Tableau 24 : Surveillance de l'exposition externe (dose « cristallin ») – année 2024	88
Tableau 25 : Surveillance de l'exposition interne (dose « interne engagée ») – année 2024	89

ASNR
Direction de la recherche et de l'expertise en santé

E-mail
contact@asnr.fr

N° du rapport
Rapport ASNR 2025-00282

Tous droits réservés ASNR
Juin 2025

Photo de couverture :
Effluents des installations nucléaires - Limiter les rejets et garantir la sûreté
Sophie Brändström
Médiathèque ASNR

