



Novembre 2024

---

# Rapport annuel 2023

Dosimétrie des personnes exposées aux radiations  
dans l'exercice de leur profession en Suisse

---

## **Rapport des autorités de surveillance**

Office fédéral de la santé publique (OFSP)

Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN)

Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (Suva)

## **Table des matières**

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Services de dosimétrie individuelle</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Mesures d'intercomparaison</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Irradiation externe</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Irradiation interne</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Exposition au rayonnement cosmique</b>	<b>15</b>
<b>7</b>	<b>Doses efficaces dues à l'exposition totale</b>	<b>15</b>
<b>8</b>	<b>Événements particuliers et dépassements des limites de dose</b>	<b>17</b>
<b>9</b>	<b>Tendance des 48 dernières années</b>	<b>19</b>
<b>10</b>	<b>Conclusions</b>	<b>22</b>
<b>11</b>	<b>Autres publications</b>	<b>23</b>
<b>12</b>	<b>Références</b>	<b>24</b>

## 1 Introduction

Le présent rapport annuel expose les résultats de la dosimétrie individuelle de l'irradiation externe et interne en Suisse pour l'année 2023 et montre l'évolution des 48 dernières années.

Les données actuelles relatives aux doses proviennent du registre dosimétrique central suisse (RDC), géré depuis 1990 par l'Office fédéral de la santé publique (OFSP). Les statistiques antérieures à 1990 ont été établies sur la base de données fournies par les divers services de dosimétrie. Les données enregistrées dans le RDC proviennent de onze services agréés de dosimétrie pour l'irradiation externe et huit pour l'irradiation interne.

Le présent rapport ainsi que d'autres informations sur la dosimétrie et l'exposition au rayonnement dans le cadre professionnel sont disponibles sur le site Internet de l'OFSP (Radioprotection) ; ces informations sont régulièrement mises à jour.

## 2 Services de dosimétrie individuelle

L'objectif de la dosimétrie individuelle est de pouvoir mesurer l'exposition aux rayonnements ionisants des personnes qui y sont exposées dans le cadre de leur activité professionnelle ou de leur formation. La dosimétrie individuelle permet de garantir le respect des limites de dose prévues par l'ORaP ainsi que d'étudier la situation d'exposition dans les différents domaines d'activité. Les services de dosimétrie suisses agréés fournissent à cet effet des dosimètres passifs permettant de surveiller l'exposition du corps entier, des extrémités et du cristallin. Ils peuvent également surveiller l'exposition interne en cas d'incorporation ou d'inhalation d'une substance radioactive.

### 2.1 Services de dosimétrie individuelle de l'irradiation externe

La mesure des doses individuelles a été effectuée en 2023 par les services agréés suivants :

CERN	Organisation européenne pour la recherche nucléaire, Genève
Dosilab	Dosilab SA, Köniz
IRA	Institut de radiophysique, Lausanne
KKB	Centrale nucléaire (CN) de Beznau, Döttingen
KKG	Centrale nucléaire (CN) de Gösgen, Däniken
KKL	Centrale nucléaire (CN) de Leibstadt, Leibstadt
KKM	Centrale nucléaire (CN) de Mühleberg, Mühleberg
PEDOS	PEDOS AG, Muri b. Bern
PSI	Institut Paul Scherrer, Villigen
Suva	Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents, Lucerne

Les méthodes de mesure des différents services, ainsi que le nombre de personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession faisant l'objet d'une surveillance dosimétrique, sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Méthodes de mesure et volume des activités des services de dosimétrie individuelle de l'irradiation externe en 2023

Service	Corps entier $H_p(10)$ et $H_p(0.07)$			Extrémités $H_p(0.07)$			Cristallin $H_p(3)$ ou $H_p(0.07)$		
	Rayon	Méthode	Nombre de personnes	Rayon	Méthode	Nombre de personnes	Rayon	Méthode	Nombre de personnes
CERN	$\beta, \gamma, X$	DIS <sup>1</sup>	8646	$\beta, \gamma, X$	TLD	132			
	n	PADC <sup>2</sup>	12						
Dosilab	$\beta, \gamma, X$	TLD <sup>3</sup>	43 606	$\beta, \gamma, X$	TLD	1094	$\beta, \gamma, X$	TLD	87
IRA	$\beta, \gamma, X$	TLD, OSL <sup>4</sup>	12 139	$\beta, \gamma, X$	OSL	498	$\beta, \gamma, X$	TLD	17
KKB	$\beta, \gamma, X$	DIS	1720 <sup>5</sup>			59			
KKG	$\beta, \gamma, X$	DIS	1268			11			
KKL	$\beta, \gamma, X$	DIS	1736			73			
KKM	$\beta, \gamma, X$	TLD	652			2			
PEDOS	$\beta, \gamma, X$	TLD	15 640	$\beta, \gamma, X$	TLD	457			
PSI	$\beta, \gamma, X$	RPL <sup>6</sup> , DIS	2335	$\beta, \gamma, X$	TLD	144			
	n	PADC	2077 <sup>7</sup>						
Suva	$\beta, \gamma, X$	TLD	13 061	$\beta, \gamma, X$	TLD	332			

<sup>1</sup> DIS dosimétrie par enregistrement ionique direct (Direct Ion Storage)

<sup>2</sup> PADC dosimétrie des neutrons avec détecteur PADC

<sup>3</sup> TLD dosimétrie par thermoluminescence

<sup>4</sup> OSL dosimétrie par luminescence optiquement stimulée

<sup>5</sup> Ce nombre inclut également les personnes équipées d'un dosimètre du corps entier à Zwiilag.

<sup>6</sup> RPL dosimétrie par radio photoluminescence

<sup>7</sup> Ce nombre inclut également les personnes équipées d'un dosimètre à neutrons dans les centrales nucléaires et à Zwiilag.

Tableau 2 : Méthodes de mesure, nucléides et volume des activités des services de dosimétrie d'incorporation en 2023

Service	Méthode	Rayonnement	Détecteur	Nucléides	Personnes
HUG	Anthropogammamétrie	$\gamma$	Nal <sup>8</sup> Ge <sup>9</sup>	Cr-51, Fe-59, Co-57, Co-58, Co-60, Zn-65, Ga-67, Sr-85, Tc-99m, In-111, Cs-134, Cs-137, Sm-153, Lu-177, Re-186, Re-188, Tl-201	--
IRA	Thyroïde	$\gamma$	Nal	I-123, I-125, I-131	1
	Urine	$\beta$	Scint <sup>10</sup>	H-3, C-14, P-32, P-33, S-35, Ca-45	26
		$\beta$	PC <sup>11</sup>	Sr-90	
	Urine, selles	$\alpha$	Si <sup>12</sup>	Po-210, Ra-226, U-234, U-235, U-238, Pu-239, Am-241	7
LS	Anthropogammamétrie	$\gamma$	Ge	Cr-51, Co-57, Co-58, Fe-59, Co-60, Zn-65, Ga-67, Sr-85, Tc-99m, In-111, Ba-133, Cs-134, Cs-137, Eu-152, Sm-153, Eu-154, Lu-177, Re-186, Re-188, Tl-201	
mb-microtec	Urine	$\beta$	Scint	H-3	61
PSI	Anthropogammamétrie	$\gamma$	Ge	Cr-51, Fe-59, Co-57, Co-58, Co-60, Zn-65, Ga-67, Sr-85, Tc-99m, In-111, Cs-134, Cs-137, Sm-153, Lu-177, Re-186, Re-188, Tl-201	1
	Thyroïde	$\gamma$	Nal	I-123, I-124, I-125, I-131	
	Urine	$\beta$	Scint	H-3, C-14, P-32, P-33, S-35, Ca-45, Ni-63, Sr-89, Sr-90, Y-90, Er-169	
	Urine, selles	$\alpha$	Si	Po-210, Ra-226, Th-228, Th-232, U-234, U-235, U-238, Np-237, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241, Cm-242, Cm-244	
RC TRITEC	Urine	$\beta$	Scint	H-3, C-14	12
Suva	Urine	$\beta$	Scint	H-3, C-14, P-32, P-33, S-35, Ca-45	72

## 2.2 Services de dosimétrie individuelle de l'irradiation interne

Les doses efficaces engagées, liées à l'incorporation de radionucléides, ont été déterminées en 2023 par les services de mesure d'incorporation agréés suivants :

- <sup>8</sup> Nal      scintillateur au Nal  
<sup>9</sup> Ge      détecteur au germanium  
<sup>10</sup> Scint    scintillateur liquide  
<sup>11</sup> PC      compteur proportionnel  
<sup>12</sup> Si      détecteur au silicium

HUG	Hôpitaux universitaires de Genève
IRA	Institut de radiophysique, Lausanne
LS	Laboratoire Spiez, Spiez
mb-microtec	mb-microtec SA, Niederwangen
PSI	Institut Paul Scherrer, Villigen
RC Tritec	RC Tritec AG, Teufen
Suva	Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents, Lucerne

*Les méthodes de mesure des différents services, les radionucléides mesurés et le nombre de personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession faisant l'objet d'une surveillance dosimétrique sont indiqués dans le*

Tableau 2.

### 2.3 Dosimétrie du personnel navigant

Durant l'exercice de sa profession, le personnel navigant est exposé à un rayonnement cosmique élevé et il est donc considéré comme professionnellement exposé aux radiations si. La dosimétrie peut être effectuée à l'interne par l'exploitant de la compagnie aérienne ou par un prestataire de services. L'OFSP tient une liste des logiciels permettant de déterminer les doses et répondant à l'état de la technique :

- ACD Helios 1.0
- AVIDOS 2.0
- CARI-7 et CARI-7A (Federal Aviation Administration, USA)
- EPCARD Version 3.34
- EPCARD Version 5.4.3
- GlobaLog Version 2.0
- IASON FREE avec les composants logiciels FREEBackend Version 1.3.0 et FREEDu Version 1.3.1
- IASON FREE 2.0.0
- PANDOCA Version 1.1.1
- PCAire Version PCAire DLL v1.2.0.21 et Calculation DLL v1.1.0.1
- SIEVERT Version 2.4.5

## 3 Mesures d'intercomparaison

Selon l'art. 92 (ORaP-814.501, 2017), les services de dosimétrie sont tenus de participer à des mesures d'intercomparaison. Durant l'année considérée, une mesure d'intercomparaison a été effectuée pour la dosimétrie externe et interne.

### 3.1 Dosimétrie externe

Dix services de dosimétrie reconnus ont participé, avec seize dosimètres, à l'intercomparaison 2023 pour la dosimétrie externe organisée par le IRA.

En total, 144 dosimètres du corps entier ont été irradiés dans différentes conditions. Les valeurs mesurées par deux participants n'ont pas respecté les exigences de l'ordonnance concernant les conditions d'irradiation de référence (article 21 de l'Ordonnance sur la dosimétrie : la variation entre la dose mesurée et la dose de référence doit être au maximum de 10 %). Les résultats pour l'irradiation Co-60 sont plus satisfaisants, à l'exception d'un participant qui semble présenter un biais systématique. En ce qui concerne les doses estimées suite à l'irradiation aux photons (N-120), les résultats sont satisfaisants.

Pour ce qui est des dosimètres des extrémités, six services de dosimétrie, totalisant 56 dosimètres, ont participé à l'intercomparaison de 2023. Les résultats des dosimètres des extrémités ont été très satisfaisants ; aucun participant n'étant hors tolérance.

Les autorités de surveillance compétentes ont analysé les résultats et discuté les raisons des écarts observés et les mesures à prendre avec les services de dosimétrie concernés.

### **3.2 Dosimétrie interne**

Le PSI a été chargé d'organiser en 2023 une intercomparaison pour la dosimétrie interne. Cinq organismes agréés ont pris part à l'inter-comparaison. L'organisation et l'analyse des données étaient conformes aux normes internationales.

Chaque service de mesure a reçu les échantillons correspondant à un scénario de contamination d'une personne fictive. L'inter-comparaison a consisté à déterminer l'activité de ces échantillons selon la procédure standard reconnue dans l'agrément, puis de déduire la dose efficace engagée  $E_{50}$  selon des scénarios et des activités indiqués. Le tritium a été choisi pour ce test.

Les activités mesurées de tous les participants et de tous les échantillons se trouvent à l'intérieur des erreurs maximales tolérées de  $\pm 20\%$ , conformément à l'ordonnance sur la dosimétrie. La dose efficace engagée,  $E_{50}$ , a aussi été calculée correctement et conformément à l'ordonnance sur la dosimétrie. Toutefois, il a été souligné qu'il était possible d'améliorer les calculs des doses  $E_{50}$  dans les scénarios les plus complexes, tels que le cas d'une incorporation précédente.

Les services de mesure d'incorporation remplissent donc les exigences de précision sur l'activité du tritium mesurée dans l'urine.

## **4 Irradiation externe**

Cette section présente les types de mesure des doses accumulées suite à une irradiation externe. L'exposition au rayonnement cosmique n'est pas considérée dans cette catégorie et sera présentée séparément.

### **4.1 Doses au corps entier**

Les doses d'irradiation externe sont mesurées à l'aide de dosimètres portés à la poitrine par les personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession.

On utilise des dosimètres TL (thermo luminescents), DIS (par enregistrement ionique direct), RPL (radio-photo luminescence), et OSL (luminescence optiquement stimulée). Ils permettent de déterminer la dose individuelle en profondeur  $H_p(10)$ , après la soustraction de la contribution du bruit de fond naturel. Les doses calculées sont communiquées au mandant et au RDC (Registre de Dose Central) à l'OFSP ; les données relevant du domaine de surveillance de l'IFSN lui sont également transmises directement.

Quand la situation l'exige, on utilise en outre des dosimètres à neutrons (dosimètres en carbonate de poly-allyle diglycol ou PADC). En 2023, aucune dose supérieure à 0 mSv n'a été mesurée avec un dosimètre PADC. Les doses dues aux neutrons figurent dans les données de  $H_p(10)$ . Les doses individuelles en profondeur par irradiation externe, classées suivant le domaine d'activité, sont présentées au Tableau 3 avec l'indication du nombre de personnes par intervalle de dose et des doses collectives.

Tableau 3 : Doses individuelles en profondeur dues aux irradiations externes en 2023 : nombre de personnes et doses collectives<sup>13</sup>. La somme des doses collectives de chaque secteur peut être différente de la dose collective totale en raison des arrondis.

Intervalle de dose [mSv]	Hôpitaux	Cabinets médicaux	Cabinets médicaux radiologiques	Cabinets dentaires	Universités, Recherche	CN et ZWILAG <sup>14</sup>	Industrie, Commerce	Services publics	Médecine vétérinaire	Divers	Total
= 0	35804	19136	816	14970	10946	3160	2620	630	3795	2767	94644
0,1 – 1,0	1776	238	32	223	911	1420	156	9	187	27	4979
1,1 – 2,0	165	8	7	1	8	368	45		5	6	613
2,1 – 3,0	49	2	5		1	166	18		1	3	245
3,1 – 4,0	12		1	1		99	10			1	124
4,1 – 5,0	8					37	7				52
5,1 – 6,0	1					25	2				28
6,1 – 7,0	2					8					10
7,1 – 8,0	2					2	1				5
8,1 – 9,0						1				1	2
9,1 – 10,0						1					1
10,1 – 11,0	1										1
11,1 – 12,0											
12,1 – 13,0											
13,1 – 14,0											
14,1 – 15,0											
15,1 – 16,0											
16,1 – 17,0											
17,1 – 18,0											
18,1 – 19,0											
19,1 – 20,0											
20,1 – 50,0	1										1
> 50,0											
Total	37821	19384	861	15195	11866	5287	2859	639	3988	2805	100705
Dose collective [pers-Sv]	0.89	0.05	0.04	0.03	0.21	2.23	0.25	0.0	0.03	0.04	3.78

<sup>13</sup> Remarque : Si une personne travaille dans plusieurs secteurs d'activité, elle est assignée au secteur pour lequel la contribution à la dose est la plus élevée ; lorsque les contributions à la dose sont les mêmes, elle est assignée selon l'ordre de priorité indiqué : centrales nucléaires, puis hôpitaux, cabinets médicaux, etc.

<sup>14</sup> ZWILAG : Zwischenlager Würenlingen AG

Le nombre de personnes exposées aux radiations externes dans l'exercice de leur profession est de 1 000 705 en 2023.

La dose collective, c'est-à-dire la somme des doses individuelles en profondeur de toutes les personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession en Suisse, a été de 3,78 personnes-Sv en 2023. La dose collective est stable dans une fourchette entre 4 et 6 personnes-Sv depuis l'an 2000. Les variations d'une année à l'autre sont principalement dues à des travaux de révision périodiques et de mise à niveau d'intensité variable dans les centrales nucléaires.

Les contributions des différents secteurs d'activité à la dose collective sont les suivantes : centrales nucléaires (59 %), médecine -médecine vétérinaire inclus- (28 %), recherche (6 %), industrie, commerce, services publics et autres (8 %). Les graphiques en Figure 1 indiquent le nombre de personnes et la répartition des doses par secteur d'activité.

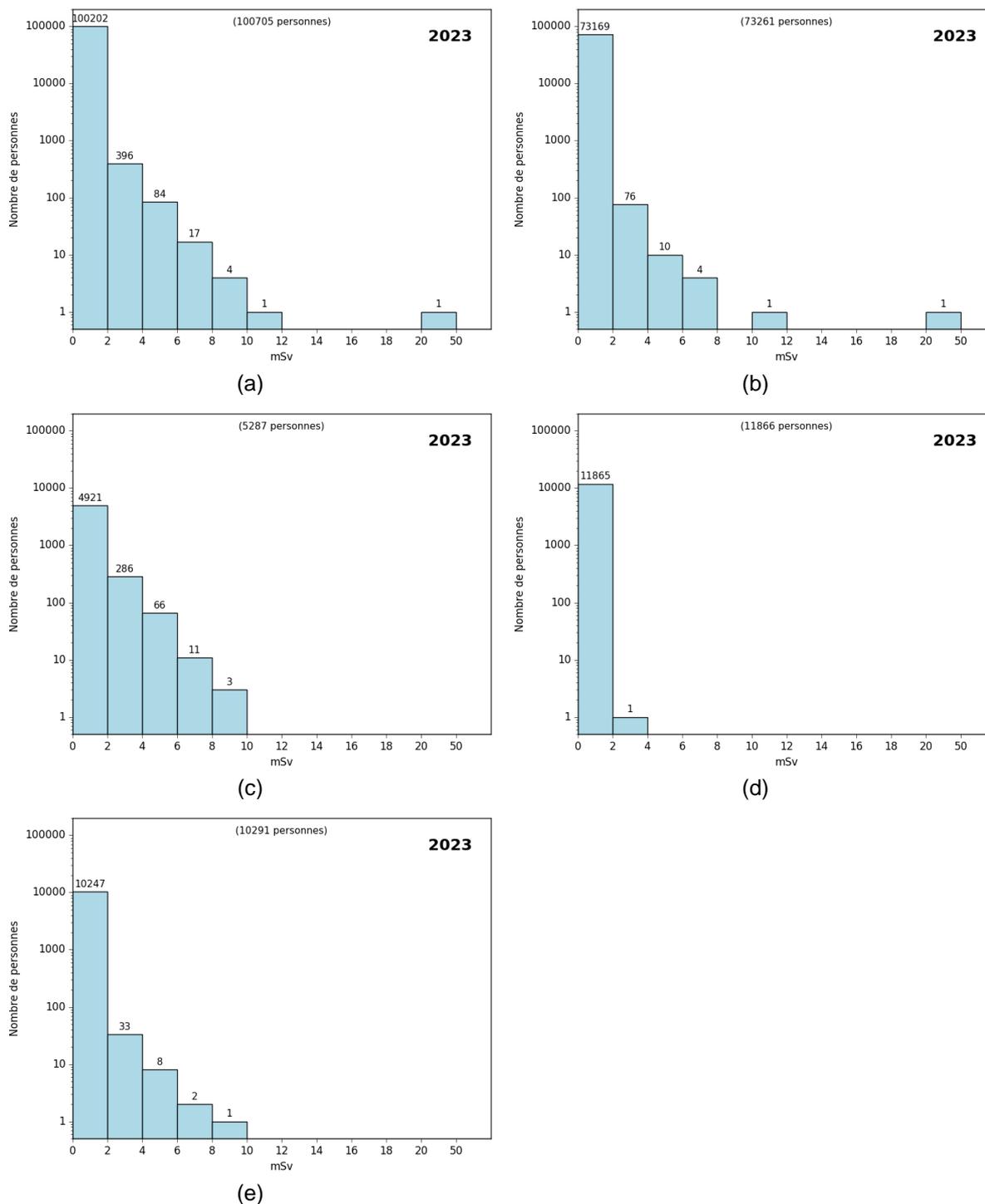


Figure 1 : Doses individuelles en profondeur par irradiation externe (a) dans tous les secteurs d'activité, (b) en médecine, (c) dans les centrales nucléaires, (d) dans les universités et la recherche, (e) dans l'industrie et autres (commerce, services publics, etc.).

Conformément à la recommandation de la Commission fédérale de radioprotection (CPR), la dose annuelle d'une personne est la somme des doses mensuelles ou trimestrielles arrondies au 0,1 mSv, les doses inférieures à 0,075 mSv étant enregistrées comme doses nulles.

Les doses individuelles annuelles les plus élevées (> 10 mSv) ont été mesurées dans les hôpitaux (Tableau 3). Durant l'année considérée, un dépassement de la limite annuelle de dose effective a été enregistré (voir chapitre 8).

## 4.2 Irradiations partielles

Les doses individuelles en surface (doses à la peau) sont, en général, mesurées avec les mêmes dosimètres que ceux qui déterminent  $H_p(10)$ . Les résultats sont exprimés en  $H_p(0.07)$ . Dans le cas des expositions et des énergies photoniques usuelles, ces deux valeurs sont quasiment identiques. Dans le cas des très faibles énergies photoniques et des émetteurs  $\beta$ ,  $H_p(0.07)$  est supérieur à  $H_p(10)$ .

En cas d'exposition particulière des extrémités, on utilise des dosimètres TLD ou OSL placés dans des bagues. Ceux-ci permettent de déterminer la grandeur  $H_p(0.07)$ , qui représente les doses aux extrémités (doses aux mains). Le Tableau 4 montre la répartition des doses aux mains par secteur d'activité et par intervalle de dose. Une personne travaillant en radiologie interventionnelle a accumulé une dose supérieure à la limite (voir section 8).

Tableau 4 : Doses aux mains en 2023 : nombre de personnes.

Intervalle de dose [mSv]	Médecine	Universités, Recherche	CN et ZWILAG	Industrie	Médecine vétérinaire	Divers	Total
= 0	1034	280	41	81	10	104	1550
0,1 – 25,0	786	55	104	36	14	11	1006
25,1 – 50,0	86	2					88
50,1 – 75,0	45	2					47
75,1 – 100,0	31	2					33
100,1 – 125,0	20						20
125,1 – 150,0	16						16
150,1 – 175,0	11						11
175,1 – 200,0	13						13
200,1 – 225,0	6						6
225,1 – 250,0	7						7
250,1 – 275,0	1						1
275,1 – 300,0	3						3
300,1 – 325,0							
325,1 – 350,0							
350,1 – 375,0							
375,1 – 400,0							
400,1 – 425,0							
425,1 – 450,0							
450,1 – 475,0							
475,1 – 500,0							
> 500,0	1						1
Total	2060	341	145	117	24	115	2802

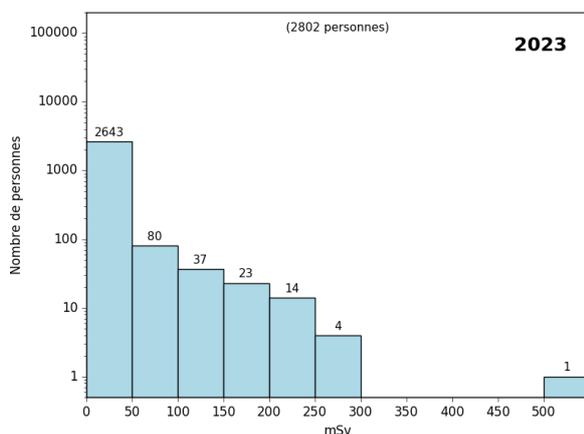


Figure 2 : Doses aux mains dans tous les secteurs d'activité

La Figure 2 montre le nombre de personnes en fonction de la dose aux mains dans tous les secteurs d'activité. Les doses plus élevées proviennent principalement des services de médecine nucléaire.

Durant l'année considérée, une personne a dépassé la valeur limite de dose aux extrémités (569 mSv).

### 4.3 Doses équivalentes au cristallin

La dose équivalente au cristallin est évaluée à l'aide d'un dosimètre du cristallin porté au niveau de l'œil, étalonnée à la grandeurs opérationnelles  $H_p(3)$ . Il est également possible de l'évaluée en fonction des autres grandeurs opérationnelles. L'équivalent de dose individuel en surface  $H_p(0.07)$ , mesuré par le dosimètre du corps entier, est normalement utilisé à cette fin ( (DFI-814.501.43, 2017) : art. 11).

Le Tableau 5 montre la répartition des doses aux mains par secteur d'activité et par intervalle de dose. Durant l'année considérée, aucun dépassement de la valeur limite pour la dose au cristallin a été enregistré.

Tableau 5: Doses du cristallin en 2023 : nombre de personnes et doses collectives. CB= Cabinets médicaux ; CD= Cabinets dentaires ; R =radiologique.

Intervalle de dose [mSv]	Hôpital x	CB	CB R	CD	Universités, Recherche	Industrie, Commerce	Services publics	Vétérinaire	Divers	Total
= 0	6624	1446	22	2785	270	280	212	600	29	12268
0,1 – 1,0	765	50	2	91	38	28	3	23	10	1010
1,1 – 2,0	128	5		1	1	7		2	1	145
2,1 – 3,0	61	1				1		1	1	65
3,1 – 4,0	34					1				35
4,1 – 5,0	21									21
5,1 – 6,0	19									19
6,1 – 7,0	10									10
7,1 – 8,0	10								1	11
8,1 – 9,0	5								1	6
9,1 – 10,0	7								1	8
10,1 – 11,0	4									4
11,1 – 12,0	4									4
12,1 – 13,0	2								1	3
13,1 – 14,0	1									1
14,1 – 15,0										
15,1 – 16,0	1									1
16,1 – 17,0									1	1
17,1 – 18,0										
18,1 – 19,0										
19,1 – 20,0										
20,1 – 50,0										
> 50,0										
Total	7696	1502	24	2877	309	317	215	626	46	13612
Dose collective [pers-Sv]	1.26	0.02	0.0	0.02	0.01	0.02	0.0	0.01	0.06	1.41

## 5 Irradiation interne

Tableau 6 : Doses efficaces engagées en 2023 par irradiation interne : nombre de personnes, doses collectives et nucléides incorporés

Intervalle de dose $E_{50}$ [mSv]	Médecine	Universités, Recherche	CN et ZWILAG	Entreprises de peinture luminescente	Industrie	Médecine vétérinaire	Divers	Total
= 0	1	27		25	14		70	137
0,1 – 1,0				33			5	38
1,1 – 2,0				4				4
2,1 – 3,0								
3,1 – 4,0								
4,1 – 5,0								
5,1 – 6,0								
6,1 – 7,0								
7,1 – 8,0								
8,1 – 9,0								
9,1 – 10,0								
10,1 – 11,0								
11,1 – 12,0								
12,1 – 13,0								
13,1 – 14,0								
14,1 – 15,0								
15,1 – 16,0								
16,1 – 17,0								
17,1 – 18,0								
18,1 – 19,0								
19,1 – 20,0								
20,1 – 50,0								
> 50,0								
Total	1	27		62	14		75	179
Dose collective [pers-Sv]	0.0	0.0	0.0	0.01	0.0	0.0	0.0	0.01
Nucléides $E_{50} > 1$ mSv				$^3\text{H}$				

La surveillance d'incorporation s'effectue par des mesures de tri pratiquées par l'entreprise ou directement au moyen d'une mesure d'incorporation auprès d'un service de dosimétrie agréé. Si le résultat d'une mesure de tri dépasse le seuil de mesure spécifique au radionucléide, une mesure d'incorporation doit être effectuée. Le calcul de la dose due à l'incorporation de substances radioactives s'effectue en déterminant l'activité présente dans certains organes ou à l'aide de l'analyse des excréments. Sur la base de ces mesures, on détermine la dose efficace engagée  $E_{50}$ .

Des mesures de tri ont été effectuées dans les entreprises concernées auprès de 9500 personnes environ afin de vérifier si elles avaient incorporé des produits radioactifs.

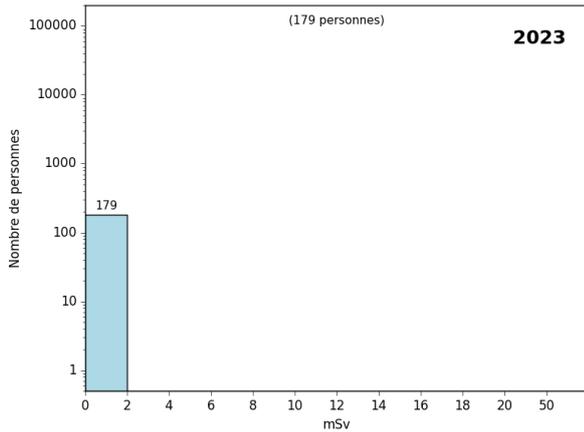


Figure 3 : Doses efficaces engagées par irradiation interne

Durant l'année 2023, on a effectué des mesures d'incorporation et déterminé la dose efficace engagée  $E_{50}$  pour 179 personnes. Les résultats de ces mesures sont indiqués dans le Tableau 6 en fonction des divers secteurs d'activité. La dose efficace engagée maximale était de 1,6 mSv.

La Figure 3 indique la répartition des doses internes. La dose collective est inférieure à celle de l'année précédente (0.01 vs 0.015 pers-Sv). Elle provient principalement des incorporations de tritium dans l'industrie horlogère.

## 6 Exposition au rayonnement cosmique

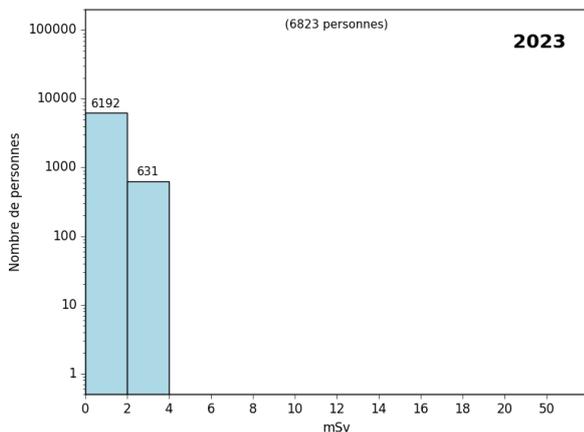


Figure 4 : Doses efficaces dues au rayonnement cosmique dans l'aviation

Au cours de l'année 2023, les doses reçues par 6823 personnes appartenant au personnel navigant ont été calculées. La Figure 4 montre comment ces doses sont réparties. La valeur annuelle la plus élevée de la dose efficace, mesurée sur un membre du personnel de cabine, était de 3,51 mSv. Comme attendu, le personnel navigant présentait, parmi toutes les personnes exposées professionnellement aux radiations, la valeur annuelle moyenne la plus élevée (1,01 mSv ; 1.2 mSv en 2022). La dose collective a été de 6,95 personnes-Sv.

## 7 Doses efficaces dues à l'exposition totale

La dose efficace est réputée égale à la somme de la dose individuelle en profondeur  $H_p(10)$  par irradiation externe et de la dose efficace engagée  $E_{50}$  par irradiation interne. Chez le personnel navigant, la dose efficace est déterminée par calcul.

Tableau 7 : Doses efficaces par tous les types d'irradiation en 2023 : nombre de personnes et doses collectives<sup>15</sup>

Intervalle de dose [mSv]	Hôpitaux	Cabinets médicaux	Cabinets médicaux radiologiques	Cabinets dentaires	Universités, Recherche	CN et ZWILAG <sup>16</sup>	Industrie, Commerce	Services publics	Médecine vétérinaire	Divers	Aviation	Total
= 0	35772	19126	816	14969	10950	3160	2654	627	3795	2826	212	94907
0,1 – 1,0	1776	238	32	223	911	1420	189	9	187	32	3415	8432
1,1 – 2,0	165	8	7	1	8	368	49		5	6	2570	3187
2,1 – 3,0	49	2	5		1	166	18		1	3	601	846
3,1 – 4,0	12		1	1		99	10			1	23	147
4,1 – 5,0	8					37	7					52
5,1 – 6,0	1					25	2					28
6,1 – 7,0	2					8						10
7,1 – 8,0	2					2	1					5
8,1 – 9,0						1				1		2
9,1 – 10,0						1						1
10,1 – 11,0	1											1
11,1 – 12,0												
12,1 – 13,0												
13,1 – 14,0												
14,1 – 15,0												
15,1 – 16,0												
16,1 – 17,0												
17,1 – 18,0												
18,1 – 19,0												
19,1 – 20,0												
20,1 – 50,0	1											1
> 50,0												
Total	37789	19374	861	15194	11870	5287	2930	636	3988	2869	6821	107619
Dose collective [pers-Sv]	0.89	0.05	0.04	0.03	0.21	2.23	0.26	0.0	0.03	0.04	6.95	10.75

<sup>15</sup> Remarque : si une personne travaille dans plusieurs secteurs d'activité, elle est assignée au secteur pour lequel la contribution à la dose est la plus élevée ; lorsque les contributions à la dose sont les mêmes, elle est assignée selon l'ordre de priorité : centrales nucléaires, puis hôpitaux, cabinets médicaux, etc. Cela explique le changement de nombre de personnes entre le Tableau 3 et le Tableau 6.

<sup>16</sup> ZWILAG : Zwischenlager Würenlingen AG

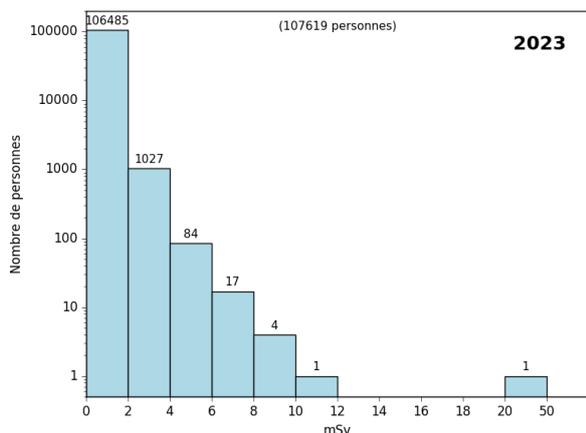


Figure 5 : Doses efficaces par irradiation externe et interne dans tous les secteurs d'activité

La répartition des doses efficaces est présentée dans le Tableau 7 et à la Figure 5. Le nombre total des personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession s'élève à 107 619 (année précédente : 106 582). Ne sont pas comprises les personnes qui sont exclusivement surveillées par des mesures de tri. La dose collective totale était de 10,75 personnes-Sv, respectivement 3,78 personnes-Sv sans le personnel navigant (année précédente : 4,18 personnes-Sv). La Figure 6 indique la répartition des doses dans les différents secteurs d'activité sans le secteur de l'aviation (la Figure 7 inclut aussi le secteur de l'aviation).

Les incorporations représentent seulement environ 0,1 % de la dose collective totale. Les doses provenaient pour l'essentiel de l'industrie, où les incorporations ont représenté près de 4 % de la dose collective.

Les incorporations représentent seulement environ 0,1 % de la dose collective totale. Les doses provenaient pour l'essentiel de l'industrie, où les incorporations ont représenté près de 4 % de la dose collective.

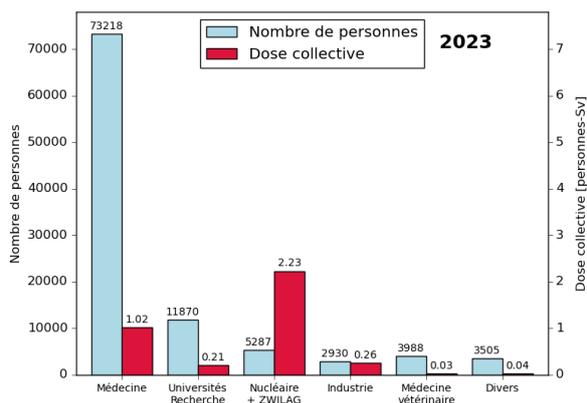


Figure 6 : Nombre de personnes et doses collectives, tous les types d'irradiation

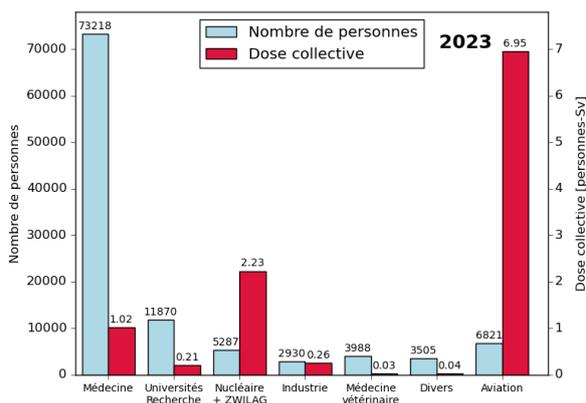


Figure 7 : La figure inclut également le rayonnement cosmique dans l'aviation.

## 8 Événements particuliers et dépassements des limites de dose

Pendant la période examinée, une ATRM travaillant dans le service de radiologie a dépassé la limite annuelle de dose pour le corps entier de 20 mSv. Malgré une enquête menée par l'hôpital concerné en collaboration avec l'OFSP, aucune cause de cette dose n'a pu être identifiée. Étant donné qu'aucun scénario plausible n'a été trouvé dans lequel seul le dosimètre aurait été exposé, la dose a été enregistrée dans le registre des doses.

Par ailleurs, un dépassement de la limite annuelle de dose aux extrémités a été observé chez un médecin travaillant en radiologie interventionnelle. En raison d'une accumulation mensuelle de doses élevées, la dose annuelle atteignait 569 mSv à la fin de décembre. L'hôpital a procédé à un examen de

la radioprotection et des conditions d'exposition, et a présenté des mesures d'optimisation dans un rapport soumis à l'OFSP.

Tableau 8 : Doses collectives par irradiation externe depuis 1976. N = Nombre de personnes. S =Dose collective [pers-Sv].

Année	Médecine		Universités		CN. et ZWILAG		Industrie		Total	
	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N
1976	19134	5.36	5046	5.68	960	8.14	3590	1.74	28730	20.92
1977	21284	6.06	6429	5.57	1021	8.08	4057	1.57	32791	21.28
1978	23948	7.06	8838	6.24	974	6.05	4312	2.06	38072	21.40
1979	25945	7.43	9434	6.14	1690	6.25	4211	2.67	41280	22.50
1980	27408	6.85	8394	4.54	1915	8.86	4457	1.31	42174	21.56
1981	28193	6.72	8593	3.45	2056	9.13	4589	1.31	43431	20.62
1982	28806	4.92	7903	3.13	2155	10.40	4513	0.97	43377	19.41
1983	32370	3.68	8186	3.00	2315	14.93	3899	0.98	46770	22.60
1984	33640	2.67	8759	2.74	3607	10.85	3944	0.56	49950	16.82
1985	34376	2.38	8673	3.08	3702	12.17	4229	0.75	50980	18.38
1986	35271	1.63	8811	2.92	3898	20.27	4434	0.45	52414	25.27
1987	35919	1.76	8562	3.04	3724	13.55	4554	0.42	52759	18.77
1988	37267	1.85	8855	3.00	3840	12.51	4748	0.44	54710	17.80
1989	37551	1.53	9232	2.37	3717	12.31	4990	0.50	55490	16.71
1990	37061	1.52	9061	2.60	4171	8.20	4684	0.43	54977	12.75
1991	38052	1.34	9392	2.39	4385	9.07	4820	0.44	56649	13.24
1992	38779	1.39	9606	2.55	4592	8.47	4846	0.61	57823	13.02
1993	39588	1.59	9565	1.63	4560	8.10	4806	0.33	58519	11.65
1994	39927	1.67	9578	1.67	4139	6.53	4718	0.33	58362	10.20
1995	40988	1.27	9592	1.87	4117	5.56	4572	0.31	59269	9.01
1996	42041	1.53	9896	1.89	4427	5.43	4646	0.34	61010	9.19
1997	42531	1.45	9590	1.57	3773	4.29	4747	0.35	60641	7.66
1998	42616	1.15	9801	1.37	3556	3.75	4710	0.26	60683	6.53
1999	43545	1.01	9632	1.01	3823	4.50	4845	0.25	61845	6.77
2000	44360	0.89	11303	1.15	3193	3.08	4822	0.25	63678	5.37
2001	45811	0.86	10345	0.67	3330	3.40	4805	0.23	64291	5.16
2002	47256	0.89	9214	0.43	3189	2.92	4828	0.21	64487	4.45
2003	48292	0.87	8676	0.72	3531	3.02	4846	0.20	65345	4.81
2004	50068	1.06	9079	0.56	3828	4.25	4522	0.24	67497	6.11
2005	50823	1.11	7847	0.68	3955	3.97	4506	0.27	67131	6.03
2006	52129	1.08	9242	0.64	3885	3.03	4566	0.25	69822	5.00
2007	53396	1.15	9239	0.44	4211	3.05	4732	0.19	71578	4.83
2008	54893	1.18	9468	0.47	4689	3.62	4876	0.25	73926	5.52
2009	56259	1.03	9856	0.51	4814	3.17	5015	0.18	75944	4.89
2010	57489	1.23	10311	0.60	5329	3.99	5259	0.21	78388	6.03
2011	59300	1.39	10534	0.63	5264	3.00	5547	0.49	80645	5.51
2012	61325	1.29	11372	0.62	5881	4.29	5648	0.18	84226	6.38
2013	63452	1.35	11860	0.77	5452	3.30	5856	0.20	86620	5.62
2014	66032	1.19	12983	0.89	5381	3.08	6001	0.23	90397	5.39
2015	68270	1.10	13235	0.34	6230	4.22	6018	0.22	93753	5.88
2016	70406	1.15	13280	0.32	5172	2.87	6284	0.18	95142	4.52
2017	72470	1.15	13936	0.30	5284	3.48	6558	0.20	98248	5.13
2018	70503	1.15	14443	0.32	4599	2.44	6851	0.25	96396	4.17
2019	67858	1.07	13427	0.34	4737	2.38	8682	0.24	94704	4.03
2020	68905	0.91	10490	0.25	4499	2.25	8541	0.20	92435	3.61
2021	70228	0.98	10865	0.24	6037	4.62	9208	0.25	96338	6.09
2022	72382	0.98	11462	0.22	5448	2.75	9827	0.24	99119	4.18
2023	73261	1.01	11866	0.21	5287	2.23	10291	0.32	100705	3.78

## 9 Tendence des 48 dernières années

Les doses collectives dues à l'irradiation externe (sans rayonnement cosmique) des personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession ont nettement diminué durant les 48 dernières années en Suisse malgré une augmentation continue du nombre de personnes suivies. Au début de la saisie statistique, en 1976, la dose collective totale due aux irradiations externes était d'environ 21 personnes-Sv, contre 3,78 personnes-Sv à la fin de la période sous revue.

Le nombre total de personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession a triplé durant cette période, passant d'environ 30 000 à environ 100 000.

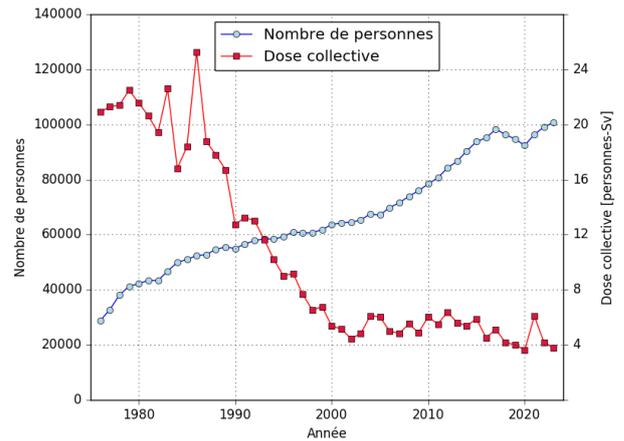
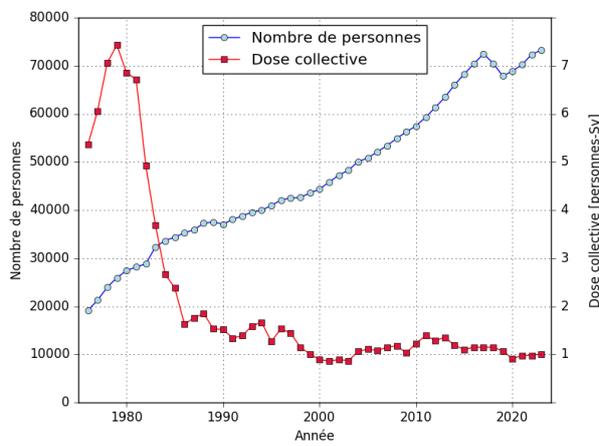
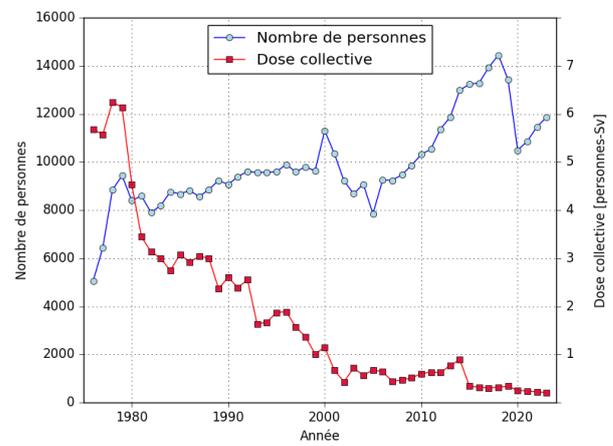


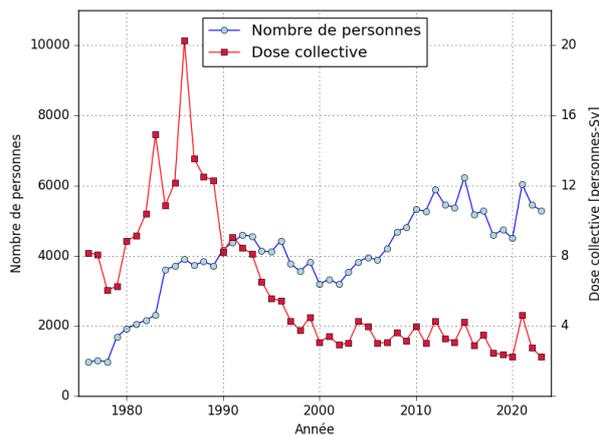
Figure 8 : Irradiation externe depuis 1976 (sans le personnel navigant)



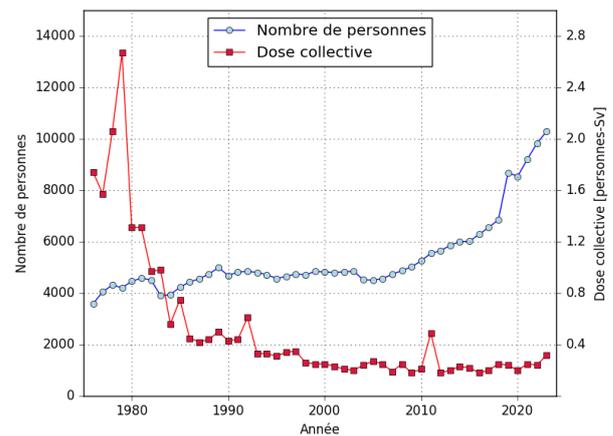
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 9 : Irradiation externe depuis 1976 (a) en médecine, (b) dans les universités et la recherche, (c) dans les centrales nucléaires et ZWILAG, (d) dans l'industrie et autres (commerce, services publics, etc.).

Dans cet intervalle, la dose moyenne individuelle a baissé, passant de 0,73 mSv par an à 0,04 mSv. La principale raison de cette baisse est liée aux processus d'optimisation mis en place dans les années 1990, qui ont grandement limité le niveau d'irradiation, notamment dans les centrales nucléaires.

La répartition des doses collectives en fonction des différents secteurs d'activité donne des résultats analogues. Au fil du temps, tous les secteurs enregistrent une baisse significative des doses collectives (Figure 9 de (a) à (d)). La forte diminution des doses collectives observée dans le secteur médical de

1982 à 1985 est due à l'introduction des dosimètres à thermoluminescence (TLD), qui ont remplacé les dosimètres à émulsion photographique. Dans la dosimétrie par émulsion photographique, les doses ont été surestimées.

Ces dernières années, la dose collective en médecine semble se stabiliser. La Figure 9(c) illustre le secteur des centrales nucléaires. Les pics sont dus à des travaux de révision et de mise à niveau à doses intensives. Hormis ces variations, les données indiquent que le niveau de dose collective se stabilise depuis l'an 2000.

Tableau 9 : Doses collectives par irradiation interne depuis 1995.

Année	Nombre de Personnes*	Dose collective [pers-Sv]
1995	6154	0.99
1996	7193	0.96
1997	6128	0.71
1998	5586	0.62
1999	5996	0.43
2000	5636	0.29
2001	1332	0.18
2002	1287	0.1
2003	1223	0.07
2004	1065	0.05
2005	994	0.04
2006	828	0.03
2007	859	0.037
2008	826	0.018
2009	917	0.005
2010	901	0.004
2011	792	0.010
2012	838	0.025
2013	673	0.017
2014	694	0.013
2015	603	0.009
2016	599	0.012
2017	527	0.016
2018	538	0.017
2019	278	0.025
2020	252	0.019
2021	245	0.020
2022	185	0.015
2023	179	0.010

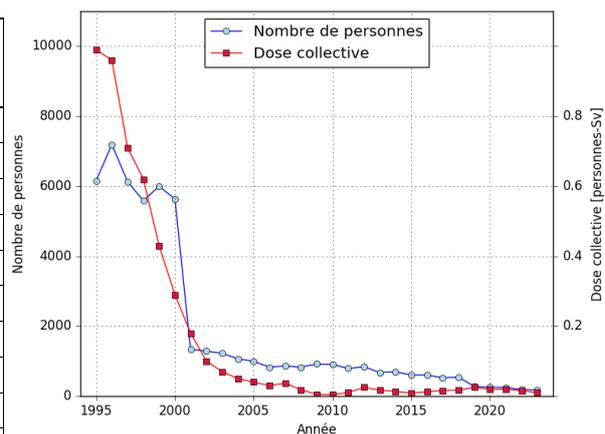


Figure 10 : Irradiation interne depuis 1995

Depuis l'entrée en vigueur de l'ORaP, en 1994, les doses efficaces engagées par irradiation interne ( $E_{50}$ ) sont déterminées par les services de dosimétrie et, depuis 2001, elles sont aussi communiquées au RDC. La dose collective due aux irradiations internes a considérablement diminué ; comparée à celle de 1995, elle est plus de 20 fois inférieure (Tableau 9 et Figure 10). Cette baisse est le résultat d'une optimisation des travaux entrepris dans les entreprises de peinture luminescente et d'une diminution de l'utilisation des peintures luminescentes au tritium dans l'industrie horlogère. Depuis 2009, on n'utilise plus de peinture au tritium. Les doses accumulées dans l'industrie horlogère sont le fait d'employés ayant travaillé dans des pièces où étaient stockés des aiguilles et des cadrans comportant de la peinture au tritium. On relève par ailleurs des doses chez des personnes qui

fabriquent ou montent des sources lumineuses au tritium gazeux (SLTQ) pour des montres spéciales. Les données relatives aux doses par irradiation interne datant d'avant 1995 ne peuvent pas être prises en compte directement dans la comparaison, car, à l'époque, on utilisait d'autres méthodes de calcul et d'autres facteurs de dose.

Tableau 10 : Doses aux mains depuis 1977

Année	Nombre de personnes						
	Médecine	Universités, recherche	CN, ZWILAG	Industrie et autres	Total	> 75 mSv	> 150 mSv
1977	135	140	53	107	435	22	10
1978	155	266	33	116	570	20	7
1979	206	211	86	159	662	19	8
1980	226	225	101	146	698	9	1
1981	254	182	82	152	670	14	5
1982	287	198	103	135	723	34	6
1983	206	162	65	214	647	11	3
1984	306	116	106	174	702	4	1
1985	302	223	83	187	795	7	4
1986	347	225	83	223	878	9	2
1987	396	269	127	225	1017	5	2
1988	523	284	94	236	1137	6	2
1989	504	307	74	307	1192	8	3
1990	558	333	68	311	1270	5	3
1991	590	420	136	324	1470	3	2
1992	582	270	237	326	1415	2	2
1993	563	410	111	348	1432	3	1
1994	606	399	95	363	1463	6	2
1995	650	404	87	361	1502	0	0
1996	581	322	102	407	1412	6	1
1997	594	361	92	368	1415	8	3
1998	629	341	44	307	1321	11	5
1999	696	340	52	293	1381	10	2
2000	657	279	40	280	1256	9	2
2001	692	286	53	228	1259	12	2
2002	742	274	45	208	1269	11	2
2003	708	265	40	183	1196	7	1
2004	773	274	39	157	1243	13	3
2005	820	290	39	129	1278	13	4
2006	820	289	50	154	1313	13	2
2007	861	288	40	165	1354	10	3
2008	958	326	47	147	1478	10	1
2009	975	315	35	134	1459	16	3
2010	1077	290	54	127	1548	14	4
2011	1112	285	75	103	1575	17	10
2012	1202	318	93	111	1724	17	3
2013	1261	282	61	106	1710	13	3
2014	1311	285	31	111	1738	14	1
2015	1430	291	104	80	1905	16	0
2016	1465	303	120	82	1970	14	0
2017	1550	320	114	67	2051	11	0
2018	1823	335	56	80	2294	65	20
2019	2121	288	88	78	2575	85	33
2020	2151	267	72	64	2554	101	47
2021	2113	249	260	74	2696	114	47
2022	2150	310	176	118	2754	112	40
2023	2060	341	145	256	2802	111	42

Le nombre de personnes pour lesquelles on détermine une dose aux mains a augmenté continuellement dans le secteur de la médecine depuis les 48 dernières années (Tableau 10 et Figure 11(a)). En 1977, ce nombre s'élevait à 135 ; en 2023, 2800 personnes portaient un dosimètre des extrémités. Dans l'industrie, la tendance est inverse, puisque le nombre baisse depuis 1996. Si l'on considère uniquement les cas enregistrant une dose accumulée annuelle supérieure à 75 mSv, on observe une augmentation depuis 1995 (Tableau 10 et Figure 11(b)). Ces doses annuelles élevées ont été principalement enregistrées dans les secteurs de la médecine nucléaire et de la radiologie interventionnelle. L'introduction du facteur de correction lors de travaux avec des sources non scellées depuis 2018 a induit une forte augmentation des doses élevées aux mains.

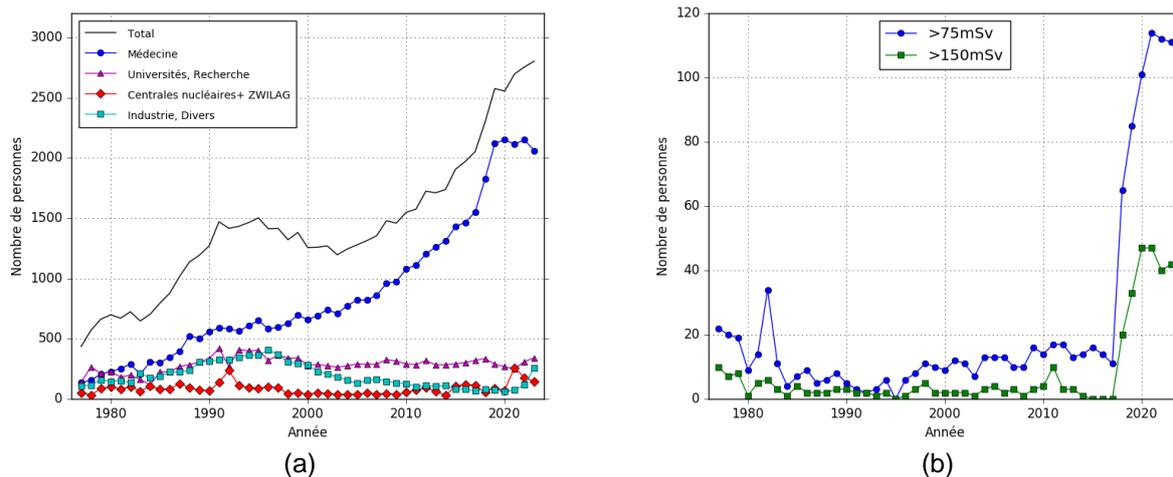


Figure 11 : (a) Doses aux mains : nombre de personnes depuis 1977. (b) Doses aux mains élevées dans tous les secteurs d'activité depuis 1977.

## 10 Conclusions

Le présent rapport permet de conclure que la situation en matière de radioprotection des personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession est généralement bonne en Suisse. Depuis l'an 2000, le niveau de dose collective s'est stabilisé, avec de faibles variations, et la part de l'irradiation interne est restée extrêmement faible ces quinze dernières années.

Le personnel navigant accumule une dose annuelle moyenne de 1,01 mSv par personne. Comme attendu, il s'agit du groupe professionnel le plus exposé, suivi de celui travaillant dans les centrales nucléaires (0,42 mSv). Toutefois, aucun membre du personnel navigant n'a été exposé à une dose annuelle supérieure à 6 mSv, de sorte que l'ensemble de ce groupe a pu être classé dans la catégorie B.

Tableau 11 : Dépassements des limites de dose depuis 1995 (sans doses équivalentes au cristallin). E= Dose efficace ; H<sub>extr</sub> = Dose aux extrémités.

Année	Secteur	Source	Dose	Remarque
1995	Hôpital	X	E = 36,6 mSv	Orthopédie, radioscopie
	Industrie	H-3	E = 24,6 mSv	Incorporation
1996	Industrie	H-3	E = 5,2 mSv	Incorporation (grossesse)
	Industrie	H-3	E = 29 mSv	Incorporation
1997	Industrie	Ir-192	E = 83 mSv	Gammagraphie
	Industrie	H-3	E = 4,6 mSv	Incorporation (grossesse)
	Hôpital	X	H <sub>extr</sub> = 517 mSv	Radiologie interventionnelle
1998	Hôpital	X	E = 22,8 mSv	Incident de cause inconnue
2002	Hôpital	Co-60	E = 22,8 mSv	Radiothérapie
	Hôpital	I-131	H <sub>extr</sub> = 1256 mSv	Médecine nucléaire, contamination
2004	Dentiste	X	E = 22,2 mSv	Incident de cause inconnue
2005	Hôpital	X	E = 20,2 mSv	Cardiologie, radioscopie
2007	Hôpital	Y-90	H <sub>extr</sub> = 1300 mSv	Médecine nucléaire, bout du doigt
2009	Centrale nucléaire	γ	E = 37,8 mSv E = 25,4 mSv	Deux personnes, révision
2010	Centrale nucléaire	γ	E = 28 mSv H <sub>extr</sub> = 7500 mSv	Homme-grenouille, révision
	Hôpital	X	E = 30,2 mSv	Angiographie, radioscopie
	Hôpital	Y-90	H <sub>extr</sub> = 1000 mSv	Recherche médicale
2011	Hôpital	X	E = 27 mSv	Cardiologie, radioscopie
	Hôpital	Y-90	H <sub>extr</sub> = 2000 mSv	Médecine nucléaire, contamination
	Industrie	e <sup>-</sup> , γ	E = 278 mSv	Appareil à faisceau d'électrons
2012	Hôpital	Y-90	H <sub>extr</sub> = 1000 mSv	Médecine nucléaire
2014	Hôpital / Industrie	X	H <sub>extr</sub> = 700 mSv	Réparation d'une installation à rayons X
2016	Hôpital	Inconnu	E = 24,1 mSv	Médecine nucléaire
2017	Hôpital	Inconnu	E = 29,6 mSv	Service des urgences
2018	Hôpital	PET	H <sub>extr</sub> = 552 mSv	Médecine nucléaire
	Hôpital	PET	H <sub>extr</sub> = 562 mSv	Médecine nucléaire
2020	Hôpital	X	H <sub>extr</sub> = 542 mSv	Radiologie interventionnelle
2023	Hôpital	Inconnu	E = 20,2 mSv	Radiologie conventionnelle
2023	Hôpital	X	H <sub>extr</sub> = 569 mSv	Radiologie interventionnelle

## 11 Autres publications

D'autres publications peuvent être consultées sur les sites Internet suivants :

- Rapport annuel de la division Radioprotection de l'OFSP  
[www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch)
- Rapport annuel de l'IFSN  
[www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)
- Rapport annuel de la Suva  
[www.suva.ch](http://www.suva.ch)
- Rapport d'activité de la Commission fédérale de protection contre les radiations et de surveillance de la radioactivité (CPR)  
[www.ksr-cpr.admin.ch](http://www.ksr-cpr.admin.ch)

- Rapport d'activité de la Commission fédérale de sécurité nucléaire (CSN)  
[www.bfe.admin.ch/csn](http://www.bfe.admin.ch/csn)

## 12 Références

**DFI-814.501.43. 2017.** 814.501.43. *Ordonnance du DFI*. [En ligne] 26 Avril 2017.

<https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2017/504/fr>.

**ISO-29661. 2012.** Reference radiation fields for radiation protection. [En ligne] 2012.

**L-10-04. 2018.** Directive-L-10-04. *Dosimétrie des extrémités lors de la manipulation de sources radioactives non scellées*. [En ligne] 02 Juillet 2018.

<https://www.bag.admin.ch/dam/bag/fr/dokumente/str/str-wegleitungen/dosimetrie-messtechnik/l-10-04.pdf.download.pdf/L-10-04.pdf>.

**ORaP-814.501. 2017.** ORaP ; RS 814.501. *ORaP ; RS 814.501*. [En ligne] 27 Avril 2017.

<https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2017/502/fr>.

**Radioprotection.** [En ligne] [www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch).

**Recommendations-no17. 2021.** recommendations-no17-eye-lens-dosimetry-2021. [En ligne] Septembre 2021. <https://ssrpm.ch/wp-content/uploads/2021/12/recommendations-no17-eye-lens-dosimetry-2021-12.pdf>.