



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI
Office fédéral de la santé publique OFSP
Unité de direction Protection des consommateurs

Septembre 2021

Rapport annuel 2020

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

1	Introduction	3
2	Services de dosimétrie individuelle	3
3	Mesures d'intercomparaison	4
4	Irradiation externe	5
5	Irradiation interne	7
6	Exposition au rayonnement cosmique	7
7	Doses efficaces dues à l'exposition totale	8
8	Evénements particuliers et dépassements des limites de dose	8
9	Tendance des 45 dernières années	8
10	Conclusions	9
11	Autres publications	10
	Tableaux	11
	Figures	21

1 Introduction

Le présent rapport annuel expose les résultats de la dosimétrie individuelle de l'irradiation externe et interne en Suisse pour l'année 2020 et montre l'évolution des 45 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 laboratoire de Spiez a été nouvellement agréé comme service de dosimétrie interne (compteur du corps entier). Un service de dosimétrie ne remplissant plus les conditions légales d'agrément, celui-ci a dû lui être retiré.

Depuis l'entrée en vigueur de la nouvelle ordonnance sur la radioprotection (ORaP ; RS 814.501) le 1er janvier 2018, les doses du personnel navigant doivent également être déterminées. Les compagnies aériennes envoient leurs données à l'OFSP directement ou via un prestataire de services.

Après une période de transition d'une année, la nouvelle limite annuelle de la dose au cristallin de 20 mSv est applicable depuis 2019. Cette dose peut être déterminée à l'aide du dosimètre du corps entier ou d'un dosimètre spécifique au cristallin.

En raison de la charge importante des services médicaux liée au COVID-19, le travail administratif associé à la dosimétrie des personnes professionnellement exposées aux radiations a été simplifié dans le cadre d'une décision de portée générale. Ainsi, une période de mesure prolongée jusqu'à trois mois a été admise. La validité de cette décision s'est étendue jusqu'au 30 juin 2020.

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, www.str-rad.ch) ; ces informations sont régulièrement mises à jour.

2 Services de dosimétrie individuelle

2.1 Services de dosimétrie individuelle de l'irradiation externe

La mesure des doses individuelles a été effectuée en 2020 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 de Beznau, Döttingen
KKG	Centrale nucléaire de Gösgen, Däniken
KKL	Centrale nucléaire de Leibstadt, Leibstadt
KKM	Centrale nucléaire 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
X-Dos	X-DOS GmbH, Röthenbach (de janvier à septembre 2020)

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 présentés dans le tableau 1a.

2.2 Services de dosimétrie individuelle de l'irradiation interne

Les doses efficaces engagées, liées à l'incorporation de radionucléides, ont été déterminées en 2020 par les services de mesure d'incorporation agréés suivants :

HUG	Hôpitaux universitaires de Genève
IRA	Institut de radiophysique, Lausanne
KKM	Centrale nucléaire de Mühleberg, Mühleberg
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 1b.

2.3 Dosimétrie du personnel navigant

Durant l'exercice de sa profession, le personnel navigant est exposé à un rayonnement cosmique élevé. Conformément à l'ordonnance révisée sur la radioprotection (ORaP), entrée en vigueur le 1er janvier 2018, il est considéré comme professionnellement exposé aux radiations si, en raison de son activité dans l'air, une dose de 1 mSv par an peut être dépassée. 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 :

- 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
- 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, les services de dosimétrie sont tenus de participer à des mesures d'intercomparaison. Durant l'année considérée, aucune intercomparaison n'a été réalisée, cela en accord avec les instituts en charge de celles-ci. Ces mesures ont été reportées à 2021. Leur bon déroulement aurait été difficile en raison des mesures de lutte contre le COVID-19 (effectifs réduits, travail à domicile, mesures de protection).

4 Irradiation externe

(Sans exposition au rayonnement cosmique)

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 (thermoluminescents), DIS (par enregistrement ionique direct) et RPL (radio-photo luminescence). Ils permettent, en principe, de déterminer la dose individuelle en profondeur $H_p(10)$, la contribution du bruit de fond naturel étant soustraite. Les doses calculées sont communiquées au mandant et au RDC 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 poly-allyl diglycol carbonate ou PADCC). En 2020, seule une des 1724 doses neutroniques enregistrées a été supérieure à 1 mSv (valeur de 1,1 mSv). Les doses dues aux neutrons figurent dans les données de $H_p(10)$.

Les doses mentionnées au chapitre 1 relevées sur une période de mesure prolongée selon la décision de portée générale ont été enregistrées dans le registre dosimétrique central avec la mention de leur période de mesure. Les catégories suivantes de personnes professionnellement exposées aux radiations, du fait de leur risque plus élevé en cas d'exposition, ont été exclues de cette réglementation et ont ainsi été surveillées mensuellement :

- femmes enceintes ;
- personnes portant deux dosimètres (p.ex. en radiologie interventionnelle) ;
- personnes munies de dosimètres des extrémités (p.ex. en médecine nucléaire) ;
- personnes travaillant dans les installations nucléaires ;
- personnes appartenant aux entreprises qui utilisent, hors de locaux d'irradiation, des sources de rayonnement (sources radioactives ou installations de production de rayonnement ionisant) pour le contrôle non destructif des matériaux ;
- personnes appartenant à des entreprises de transport de matières radioactives de la classe 7 ADR/ SDR ;
- autres personnes, désignées par l'expert en radioprotection, qui peuvent être soumises à une forte exposition.

Les doses individuelles en profondeur par irradiation externe, ventilées suivant le domaine d'activité, sont présentées au tableau 2 avec l'indication du nombre de personnes par intervalle de dose et des doses collectives.

Le nombre de personnes exposées aux radiations externes dans l'exercice de leur profession a diminué par rapport à l'année précédente, passant de 94 704 en 2019 à 92 435 en 2020. Une réduction importante, d'environ 3000 personnes, a été observée dans le domaine « Universités et recherche ». Il s'agit peut-être d'une réduction du nombre de projets en raison des mesures contre le COVID-19.

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 3,61 personnes-Sv en 2020 (contre 4,03 personnes-Sv l'année précédente). La dose collective s'est stabilisée dans une fourchette de 4 à 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 (62 %), médecine (25 %), recherche (7 %), industrie, commerce, services publics et autres

(6 %). Les graphiques 1 à 5 indiquent le nombre de personnes et la répartition des doses par secteur d'activité.

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 centrales nucléaires (tableau 2), et dans les hôpitaux. Durant l'année considérée, aucun dépassement de la valeur limite d'une dose au corps entier ne s'est produit.

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 β , $H_p(0,07)$ est supérieur à $H_p(10)$.

En cas d'exposition particulière des extrémités, on utilise des dosimètres à thermoluminescence (TLD) 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 3 montre la répartition des doses aux mains par secteur d'activité et par intervalle de dose. Le graphique 6 indique la répartition des doses aux mains. La valeur limite de 500 mSv a été dépassée dans le cas d'un médecin travaillant en radiologie interventionnelle (chapitre 8).

Depuis le 1^{er} janvier 2018, un facteur de correction de 5 est appliqué à la dose aux mains lors de travaux impliquant des sources non scellées (conformément à l'ordonnance sur la dosimétrie). La dose mesurée au bout des doigts peut être bien plus élevée que celle mesurée à la base des doigts. Le facteur de correction vise à ce que la dose aux mains la plus réaliste possible soit saisie dans le registre central des doses. Il explique l'augmentation des doses aux mains élevées depuis 2018 (tableau 3, tableau 8, graphique 18). Ces doses élevées proviennent avant tout des services de médecine nucléaire. L'OFSP a publié une directive contenant des mesures visant à réduire ces doses, disponible sur son site Internet depuis le 2 juillet 2018 (directive L-10-04, Dosimétrie des extrémités lors de la manipulation de sources radioactives non scellées). Dans le cadre de son activité de surveillance, l'OFSP conseille et soutient les entreprises dans la mise en place de mesures d'optimisation.

4.3 Doses équivalentes au cristallin

Après un délai de transition d'une année, la nouvelle limite de la dose équivalente annuelle au cristallin, de 20 mSv, est entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2019.

La dose au cristallin est supposée égale à l'équivalent de dose individuelle en surface $H_p(0,07)$ mesuré par le dosimètre du corps entier. Elle peut aussi être déterminée avec un dosimètre porté au niveau de l'œil (ordonnance sur la dosimétrie, art. 11). Lors du port de deux dosimètres du corps entier et d'un tablier de protection, la dose équivalente au cristallin correspond à l'équivalent de dose individuel total en surface $H_{total}(0,07)$, ceci pour prendre aussi en compte les situations d'exposition où, en l'absence de tablier, un seul dosimètre est porté. En cas de port de lunettes de protection ou d'un autre moyen de protection du cristallin, l'expert en radioprotection détermine, avec l'accord de l'autorité de surveillance, un facteur de correction individuel. Ce facteur corrige la valeur de mesure du dosimètre du corps entier pour tenir compte de l'effet du moyen de protection et de l'écart entre la position du cristallin et celle du dosimètre.

La dosimétrie du cristallin s'est à nouveau révélée être un défi dans le domaine de la médecine. La détermination individuelle du facteur de correction a posé encore des difficultés dans beaucoup

d'entreprises (procédure de mesure, dosimètre adéquat). C'est la raison pour laquelle il est permis, dans le domaine de surveillance de l'OFSP, d'appliquer, jusqu'à nouvel avis, un facteur conservatif de correction de 0,5. Pour les personnes qui dépassent nettement ou de manière répétée la limite annuelle de la dose au cristallin, l'OFSP exige toutefois la détermination d'un facteur individuel de correction ou même, dans des cas particuliers, le port d'un dosimètre supplémentaire au niveau des yeux (ordonnance sur la dosimétrie, art. 11, al. 2).

Au cours de l'année considérée, sept personnes ont dépassé la limite de dose au cristallin (voir le chapitre 8), la dose définitive n'ayant pas encore pu être confirmée dans trois de ces cas. Comme la détermination d'un facteur individuel de correction demande, selon la méthode utilisée, quelques mois, ces analyses ne sont souvent pas encore terminées. Ainsi, il faut s'attendre à ce que quelques doses au cristallin situées au-dessus de la limite doivent encore être corrigées ultérieurement. Etant donné le nombre élevé de cas encore ouverts, on a renoncé dans ce rapport à une évaluation détaillée des doses au cristallin.

L'OFSP a prié la Société suisse de radiobiologie et de physique médicale (SSRPM) d'élaborer des recommandations concernant la dosimétrie du cristallin et la détermination du facteur de correction. À cet effet, un groupe de travail, composé de membres de la SSRPM et de représentants de l'OFSP, a été mis sur pied. Il publiera ses recommandations vraisemblablement dans la deuxième moitié de 2021. L'OFSP envisage, sur la base de ces recommandations, de mettre à disposition d'autres documents d'information pour la réalisation de la dosimétrie du cristallin.

5 Irradiation interne

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 5900 personnes environ afin de vérifier si elles avaient incorporé des produits radioactifs (cf. tableau 4).

Durant l'année 2020, on a effectué des mesures d'incorporation et déterminé la dose efficace engagée E_{50} pour 252 personnes. Les résultats de ces mesures sont indiqués dans le tableau 4 en fonction des divers secteurs d'activité. La dose efficace engagée maximale était de 2,2 mSv.

Le graphique 7 indique la répartition des doses internes. La dose collective, de 0,019 personne-Sv, est légèrement inférieure à celle de l'année précédente. Elle provient principalement des incorporations de tritium dans l'industrie horlogère.

6 Exposition au rayonnement cosmique

Au cours de l'année 2020, les doses reçues par 8688 personnes appartenant au personnel navigant ont été déterminées. Le graphique 8 montre comment ces doses sont réparties. La valeur annuelle la plus élevée de la dose efficace, mesurée sur un pilote, était de 3,81 mSv. Ainsi, toutes les personnes de ce domaine doivent être classées dans la catégorie B (personnes qui, dans le cadre de leur activité professionnelle, peuvent accumuler, par année civile, une dose efficace allant jusqu'à 6 mSv). Comme attendu, le personnel navigant présentait, parmi toutes les personnes exposées professionnellement aux radiations, la valeur annuelle moyenne la plus élevée (0,72 mSv). La dose collective a été de 6,26 personnes-Sv, nettement inférieure à celle de l'année précédente (17,09 personnes-Sv). Cette réduction résulte de la diminution du trafic aérien en raison de la pandémie de COVID-19.

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.

La répartition des doses efficaces est présentée dans le tableau 5 et au graphique 9. Le nombre total des personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession s'élève à 101 264 (année précédente : 104 168). Ne sont pas comprises les personnes qui sont exclusivement surveillées par des mesures de tri. La dose collective totale était de 9,89 personnes-Sv, respectivement 3,63 personnes-Sv sans le personnel navigant (année précédente : 21,15 personnes-Sv). Le graphique 10 indique la répartition des doses dans les différents secteurs d'activité.

Les incorporations représentent seulement environ 0,2 % de la dose collective totale. Les doses provenaient pour l'essentiel de l'industrie, où les incorporations ont représenté près de 10 % de la dose collective.

8 Événements particuliers et dépassements des limites de dose

Au cours de l'année sous revue, un dépassement de la valeur limite de la dose aux extrémités a été observé. Un médecin travaillant en radiologie interventionnelle a atteint, par accumulation de doses mensuelles, une dose annuelle de 542 mSv. L'hôpital concerné a réalisé une enquête sur l'origine des doses et a proposé des mesures d'optimisation en radioprotection. La mise en œuvre de ces mesures est accompagnée par l'OFSP.

Au cours de l'année considérée, sept personnes ont dépassé la limite annuelle de la dose équivalente au cristallin de 20 mSv sur la base d'une accumulation au cours d'un mois. Il s'agit exclusivement de médecins qui procèdent à des interventions sous radioscopie en radiologie interventionnelle (y. c. en cardiologie) et en chirurgie orthopédique. La dose équivalente au cristallin la plus élevée a été de 64,7 mSv et a concerné un médecin en radiologie interventionnelle.

L'OFSP, en tant qu'autorité de surveillance, est en contact étroit avec les cliniques concernées et accompagne les mesures d'optimisation en radioprotection, ainsi que la détermination précise de la dose au cristallin à l'aide de dosimètres spéciaux ou l'application d'un facteur de correction réaliste au dosimètre placé sur le tablier de protection.

9 Tendances des 45 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 45 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 3,61 personnes-Sv à la fin de la période sous revue (cf. tableau 6 et graphique 15). 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 95 000.

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 (graphiques 11 à 14). 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. Le graphique 13 illustre le secteur des centrales nucléaires. Les pics sont dus à des travaux de révision à doses intensives. Hormis ces variations, les données indiquent que le niveau de dose collective se stabilise depuis l'an 2000.

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 (cf. tableau 7 et graphique 16). 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.

Le nombre de personnes pour lesquelles on détermine une dose aux mains a augmenté continuellement dans le secteur de la médecine depuis les 45 dernières années (graphique 17, tableau 8). En 1977, ce nombre s'élevait à 135 ; en 2020, 2600 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 (graphique 18). 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 (tableau 9, figure 18).

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 est exposé annuellement à une dose moyenne de 0,72 mSv (1,84 avant la pandémie de COVID-19). Comme attendu, il s'agit du groupe professionnel le plus exposé, suivi de celui travaillant dans les centrales nucléaires (0,50 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.

Le plus grand défi en dosimétrie est la détermination la plus réaliste possible de la dose au cristallin et le respect de la valeur limite de 20 mSv lors de certaines activités impliquant des doses élevées, notamment en radiologie interventionnelle et en cardiologie. L'OFSP apporte son soutien aux hôpitaux concernés dans les démarches d'optimisation et l'établissement d'une dosimétrie du cristallin la plus exacte possible.

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
- Rapport annuel de l'IFSN
www.ensi.ch
- Rapport annuel de la Suva
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
- Rapport d'activité de la Commission fédérale de sécurité nucléaire (CSN)
www.bfe.admin.ch/csn

Tableau 1a: Méthodes de mesure et volume des activités des services de dosimétrie individuelle de l'irradiation externe en 2020

Service	Corps entier $H_p(10)$ et $H_p(0.07)$			Extrémités $H_p(0.07)$			Cristallin $H_p(3)$ ou $H_p(0.07)$		
	Rayonnement	Méthode	Nombre de personnes	Rayonnement	Méthode	Nombre de personnes	Rayonnement	Méthode	Nombre de personnes
CERN	β, γ, X	DIS	7100	β, γ, X	TLD	40			
	n	PADC	0						
Dosilab	β, γ, X	TLD	45 000	β, γ, X	TLD	1200	β, γ, X	TLD	85
IRA	β, γ, X	TLD	11 000	β, γ, X	TLD	350			
KKB	β, γ, X	DIS	1400						
KKG	β, γ, X	DIS	1300						
KKL	β, γ, X	DIS	1800						
KKM	β, γ, X	TLD	900						
PEDOS	β, γ, X	TLD	17 000	β, γ, X	TLD	600			
PSI	β, γ, X	RPL, DIS	2200	β, γ, X	TLD	160			
	n	PADC	1700						
Suva	β, γ, X	TLD	14 000	β, γ, X	TLD	230			
X-Dos	β, γ, X	TLD	3700	β, γ, X	TLD	15			

DIS dosimétrie par enregistrement ionique direct (Direct Ion Storage)

TLD dosimétrie par thermoluminescence

RPL dosimétrie par radio photoluminescence

PADC dosimétrie des neutrons avec détecteur PADC

Table 1b: Méthodes de mesure, nucléides et volume des activités des services de dosimétrie d'incorporation en 2020

Service	Méthode	Rayonnement	Détecteur	Nucléides	Personnes
HUG	Anthropogammamètre	γ	Nal 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	33
IRA	Thyroïde	γ	Nal	I-123, I-125, I-131	
	Urine	β	Scint	H-3, C-14, P-32, P-33, S-35, Ca-45	30
		β	PC	Sr-90	
Urine, selles	α	Si	Po-210, Ra-226, U-234, U-235, U-238, Pu-239, Am-241	3	
KKM	Anthropogammamètre	γ	Nal	Cr-51, Fe-59, Co-58, Co-60, Sr-85, Tc-99m, Cs-134, Cs-137	
	Thyroïde	γ	Nal	I-131	
LS	Anthropogammamètre	γ	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	β	Scint	H-3	80
PSI	Anthropogammamètre	γ	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	
	Thyroïde	γ	Nal	I-123, I-124, I-125, I-131	
	Urine	β	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	α	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	β	Scint	H-3, C-14	11
Suva	Urine	β	Scint	H-3, C-14, P-32, P-33, S-35, Ca-45	100

Scint scintillateur liquide
 Nal scintillateur au Nal
 PC compteur proportionnel

Ge détecteur au germanium
 Si détecteur au silicium

Tableau 2: Doses individuelles en profondeur dues aux irradiations externes en 2020 : nombre de personnes et doses collectives

Intervalle de dose [mSv]	Hôpitaux	Cabinets médicaux	Cabinets médicaux radiologiques	Cabinets dentaires	Universités, Recherche	Centrales nucléaires et ZWILAG ¹	Industrie, Commerce	Services publics	Divers	Total
= 0	33149	18785	714	14267	9449	2721	2110	687	5451	87333
0.1– 1.0	1246	270	30	198	1020	1107	126	5	104	4106
1.1 – 2.0	139	8	7	2	19	318	25		9	527
2.1 – 3.0	40	3	3		1	157	11			215
3.1 – 4.0	26		1	1		75	4		1	108
4.1 – 5.0	8				1	42	2			53
5.1 – 6.0	4		2			36	2			44
6.1 – 7.0						24	1			25
7.1 – 8.0						7	1			8
8.1 – 9.0						7	1			8
9.1 -10.0	1					4	1			6
10.1-11.0										
11.1-12.0										
12.1-13.0	1					1				2
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	34614	19066	757	14468	10490	4499	2284	692	5565	92435
Dose collective [personnes-Sv]	0.78	0.06	0.04	0.03	0.25	2.25	0.16	0.00	0.04	3.61

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 dans le tableau : centrales nucléaires, puis hôpitaux, cabinets médicaux, etc.

¹ ZWILAG: Zwischenlager Würenlingen AG

Tableau 3: Doses aux mains en 2020: nombre de personnes

Intervalle de dose [mSv]	Médecine	Universités, Recherche	Centrales nucléaires et ZWILAG	Industrie	Total
= 0	1115	213	43	52	1423
0.1 - 25.0	810	48	29	10	897
25.1 - 50.0	96	2		1	99
50.1 - 75.0	32	2			34
75.1 - 100.0	24	1		1	26
100.1 - 125.0	16				16
125.1 - 150.0	12				12
150.1 - 175.0	12	1			13
175.1 - 200.0	14				14
200.1 - 225.0	6				6
225.1 - 250.0	4				4
250.1 - 275.0	2				2
275.1 - 300.0					
300.1 - 325.0	2				2
325.1 - 350.0	3				3
350.1 - 375.0	1				1
375.1 - 400.0					
400.1 - 425.0	1				1
425.1 - 450.0					
450.1 - 475.0					
475.1 - 500.0					
> 500.0	1				1
Total	2151	267	72	64	2554

Tableau 4: Doses efficaces engagées en 2020 par irradiation interne: nombre de personnes, doses collectives et nucléides incorporés

Intervalle de dose E_{50} [mSv]	Médecine	Universités, Recherche	Centrales nucléaires et ZWILAG	Entreprises de peinture luminescente	Industrie	Total
= 0	18	41	1	52	114	226
0.1– 1.0				19	1	20
1.1 – 2.0				5		5
2.1 – 3.0				1		1
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	18	41	1	77	115	252
Dose collective [personnes-Sv]	0.000	0.000	0.000	0.018	0.001	0.019
Nucléides avec $E_{50} > 1$ mSv				^3H		
Nombre de personnes avec mesures de tri ¹	1000	300	4500		80	5880

¹ Estimation

Tableau 5: Doses efficaces par tous les types d'irradiation en 2020: nombre de personnes et doses collectives

Intervalle de dose [mSv]	Hôpitaux	Cabinets médicaux	Cabinets médicaux radiologiques	Cabinets dentaires	Universités, Recherche	Centrales nucléaires et ZWILAG	Industrie, Commerce	Services publics	Divers	Aviation	Total
= 0	33130	18779	714	14264	9460	2721	2246	684	5451	143	87592
0.1 – 1.0	1245	270	30	198	1020	1107	146	5	104	6336	10461
1.1 – 2.0	139	8	7	2	19	318	30		9	2154	2686
2.1 – 3.0	40	3	3		1	157	12			51	267
3.1 – 4.0	26		1	1		75	4		1	4	112
4.1 – 5.0	8				1	42	2				53
5.1 – 6.0	4		2			36	2				44
6.1 – 7.0						24	1				25
7.1 – 8.0						7	1				8
8.1 – 9.0						7	1				8
9.1 -10.0	1					4	1				6
10.1-11.0											
11.1-12.0											
12.1-13.0	1					1					2
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	34594	19060	757	14465	10501	4499	2446	689	5565	8688	101264
Dose collective [personnes-Sv]	0.78	0.06	0.04	0.03	0.25	2.25	0.18	0.00	0.04	6.26	9.89

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 dans le tableau : centrales nucléaires, puis hôpitaux, cabinets médicaux, etc.

Tableau 6: Doses collectives par irradiation externe depuis 1976

Année	Médecine		Universités		Centrales nucl. 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

N = Nombre de personnes

S = Dose collective [personnes-Sv]

Tableau 7: Doses collectives par irradiation interne depuis 1995

Année	Nombre de personnes*	Dose collective [personnes-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	5312	0.18
2002	5647	0.1
2003	5823	0.07
2004	6265	0.05
2005	6274	0.04
2006	6108	0.03
2007	6289	0.037
2008	6916	0.018
2009	7177	0.005
2010	8071	0.004
2011	7732	0.010
2012	8528	0.025
2013	7973	0.017
2014	7544	0.013
2015	8153	0.009
2016	8149	0.012
2017	8077	0.016
2018	8088	0.017
2019	7828	0.025
2020	7802	0.019

* Mesures de tri incluses

Tableau 8: Doses aux mains depuis 1977

Année	Nombre de personnes						
	Médecine	Universités, recherche	Centrales nucléaires, ZWILAG	Industrie et autres	Total	>75mSv	>150mSv
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

Tableau 9: Dépassements des limites de dose depuis 1995

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 _{extr} = 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 _{extr} = 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 _{extr} = 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 _{extr} = 7500 mSv	Homme-grenouille, révision
	Hôpital	X	E = 30.2 mSv	Angiographie, radioscopie
	Hôpital	Y-90	H _{extr} = 1000 mSv	Recherche médicale
2011	Hôpital	X	E = 27 mSv	Cardiologie, radioscopie
	Hôpital	Y-90	H _{extr} = 2000 mSv	Médecine nucléaire, contamination
	Industrie	e ⁻ , γ	E = 278 mSv	appareil à faisceau d'électrons
2012	Hôpital	Y-90	H _{extr} = 1000 mSv	Médecine nucléaire
2014	Hôpital / Industrie	X	H _{extr} = 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 _{extr} = 552 mSv	Médecine nucléaire
	Hôpital	PET	H _{extr} = 562 mSv	Médecine nucléaire
2020	Hôpital	X	H _{extr} = 542 mSv	Radiologie interventionnelle

Figure 1: Doses individuelles en profondeur par irradiation externe dans tous les secteurs d'activité

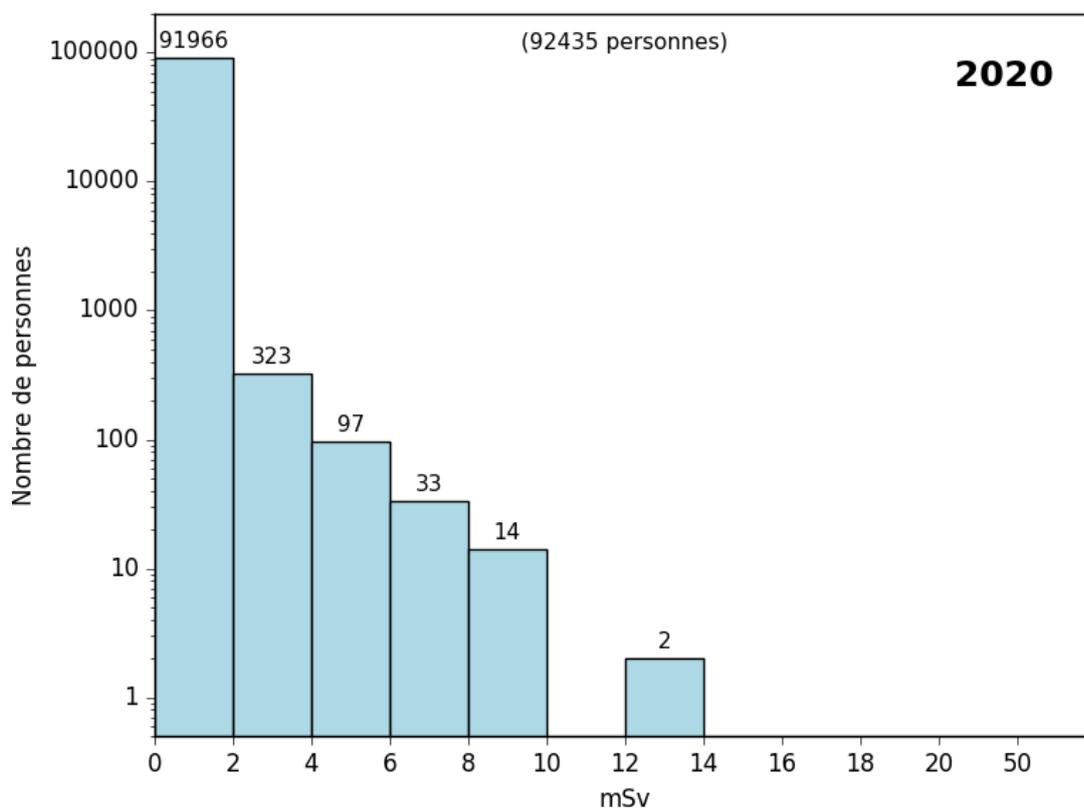


Figure 2: Doses individuelles en profondeur par irradiation externe en médecine

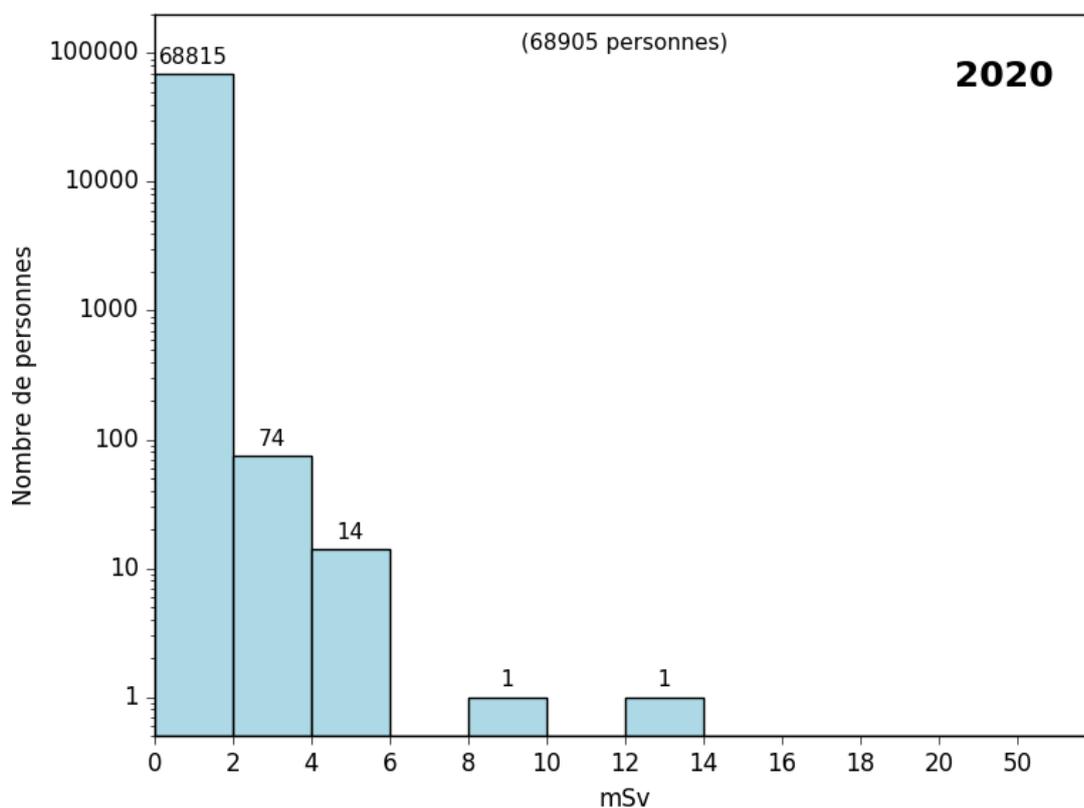


Figure 3: Doses individuelles en profondeur par irradiation externe dans les universités et la recherche

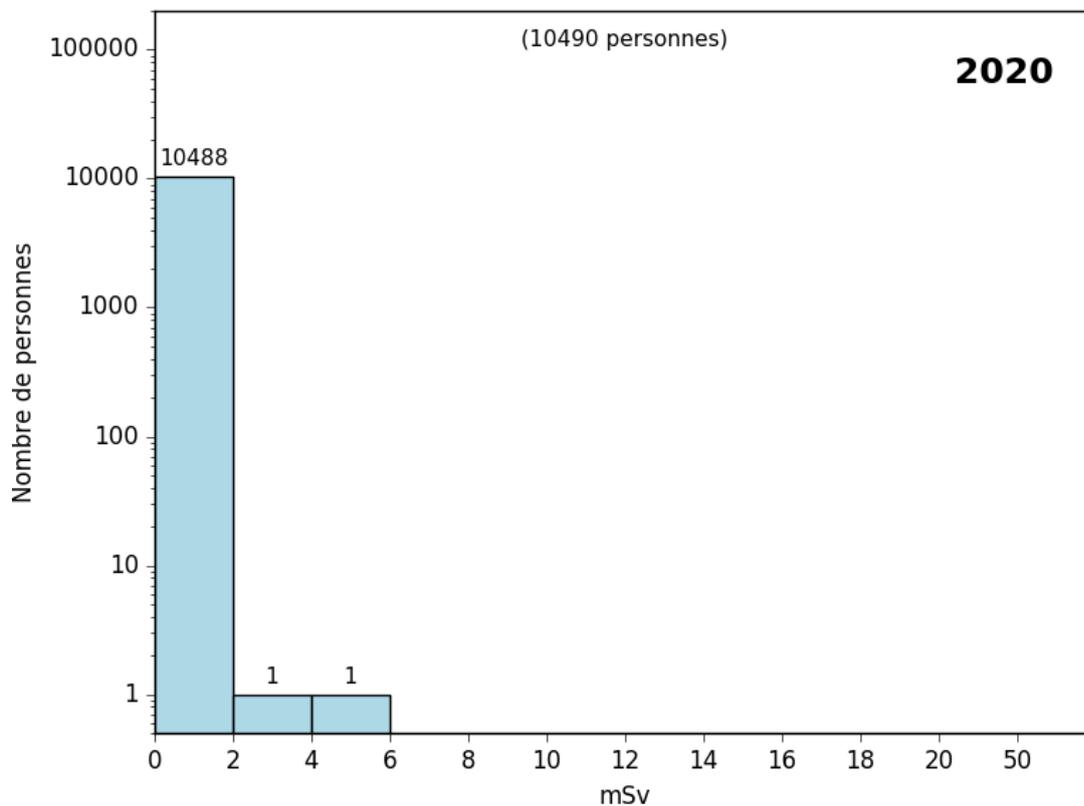


Figure 4: Doses individuelles en profondeur par irradiation externe dans les centrales nucléaires et ZWILAG

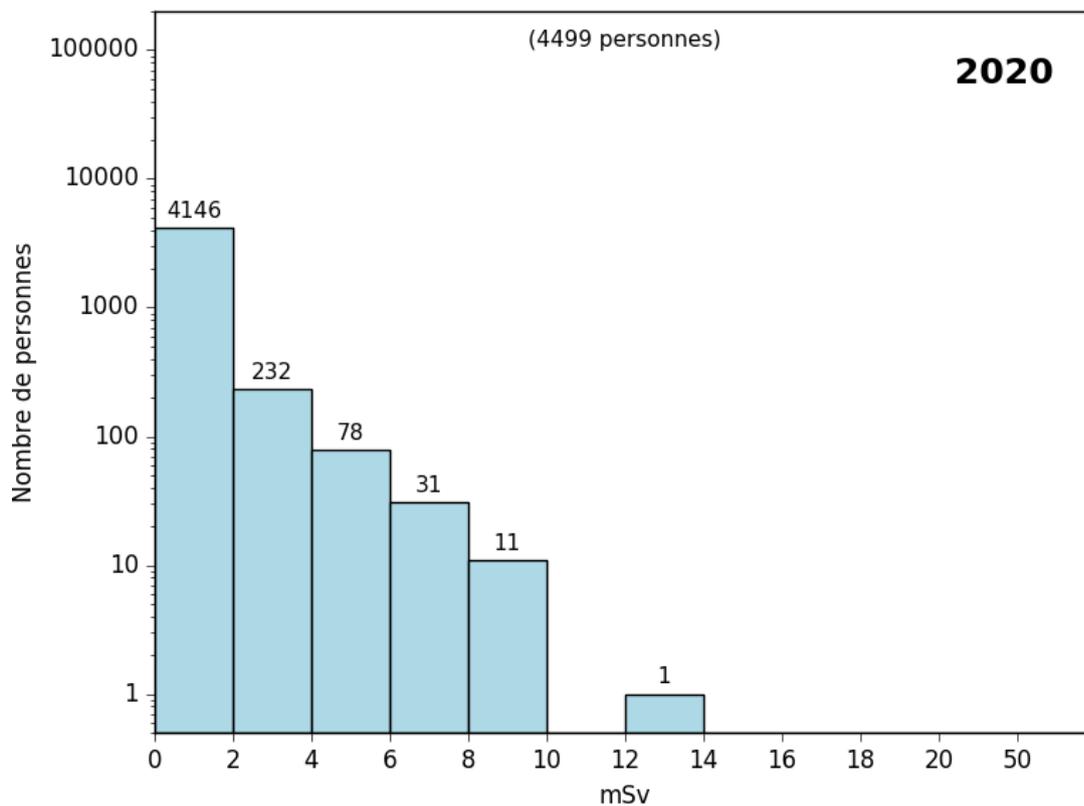


Figure 5: Doses individuelles en profondeur par irradiation externe dans l'industrie et autres (commerce, services publics, etc.)

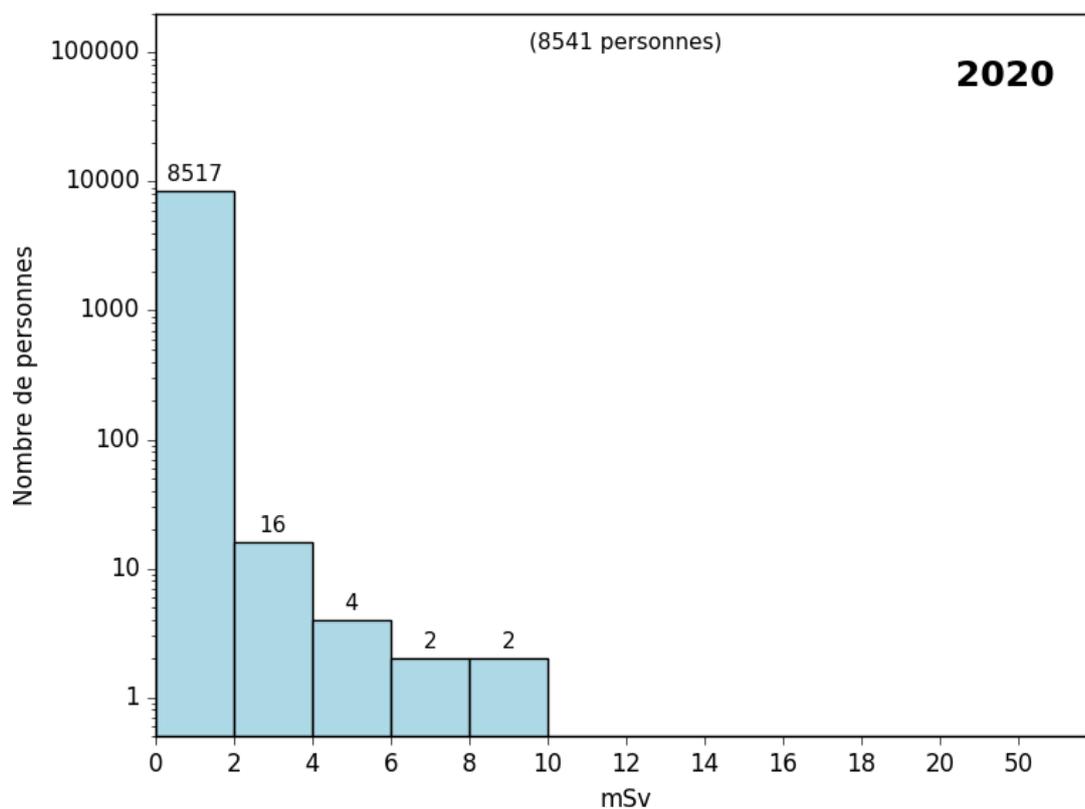


Figure 6: Doses aux mains dans tous les secteurs d'activité

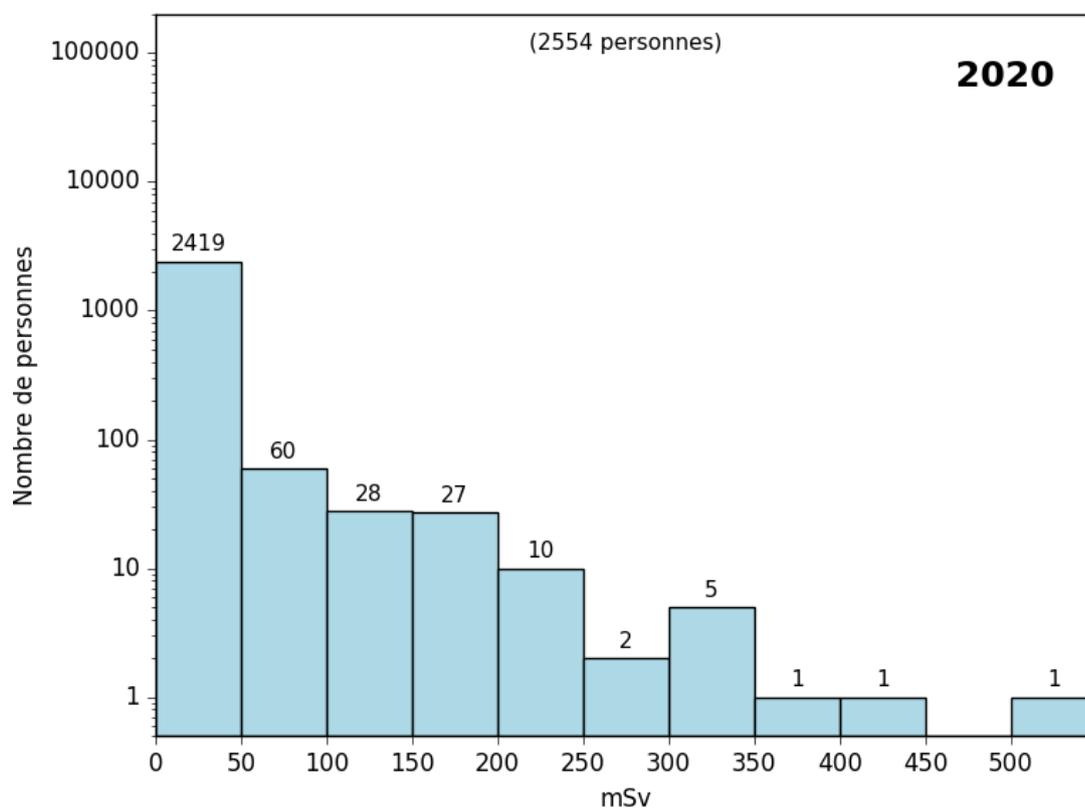


Figure 7: Doses efficaces engagées par irradiation interne

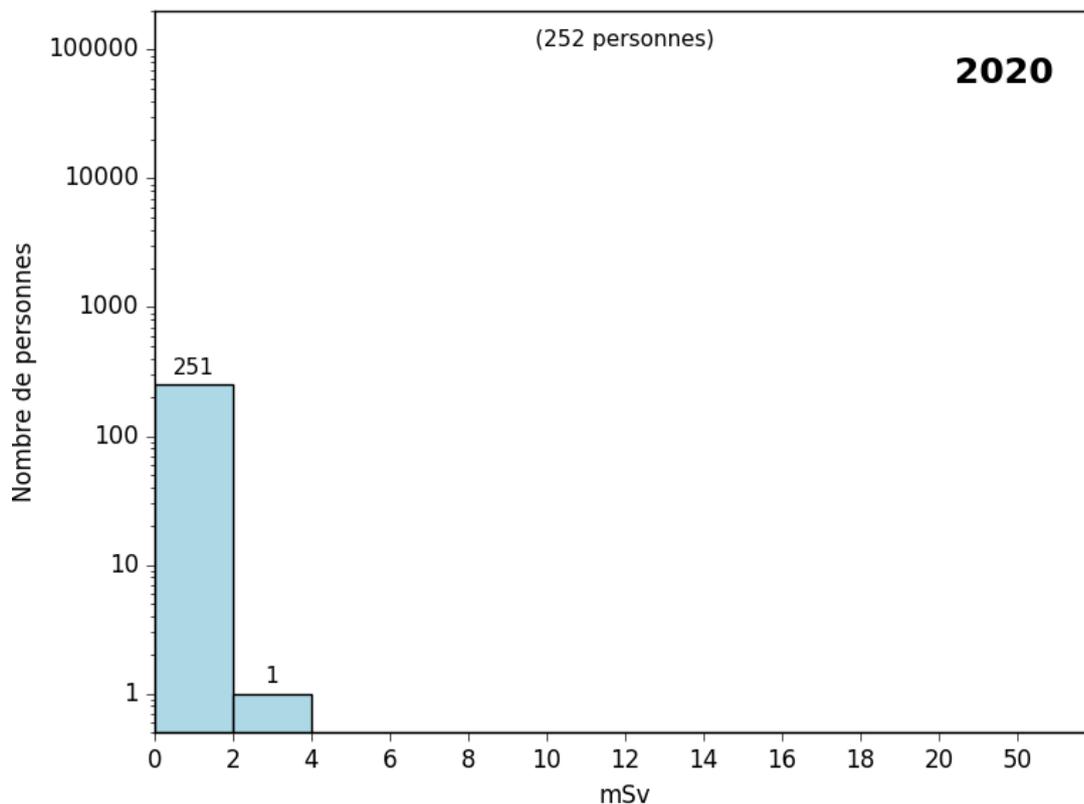


Figure 8: Doses efficaces dues au rayonnement cosmique dans l'aviation

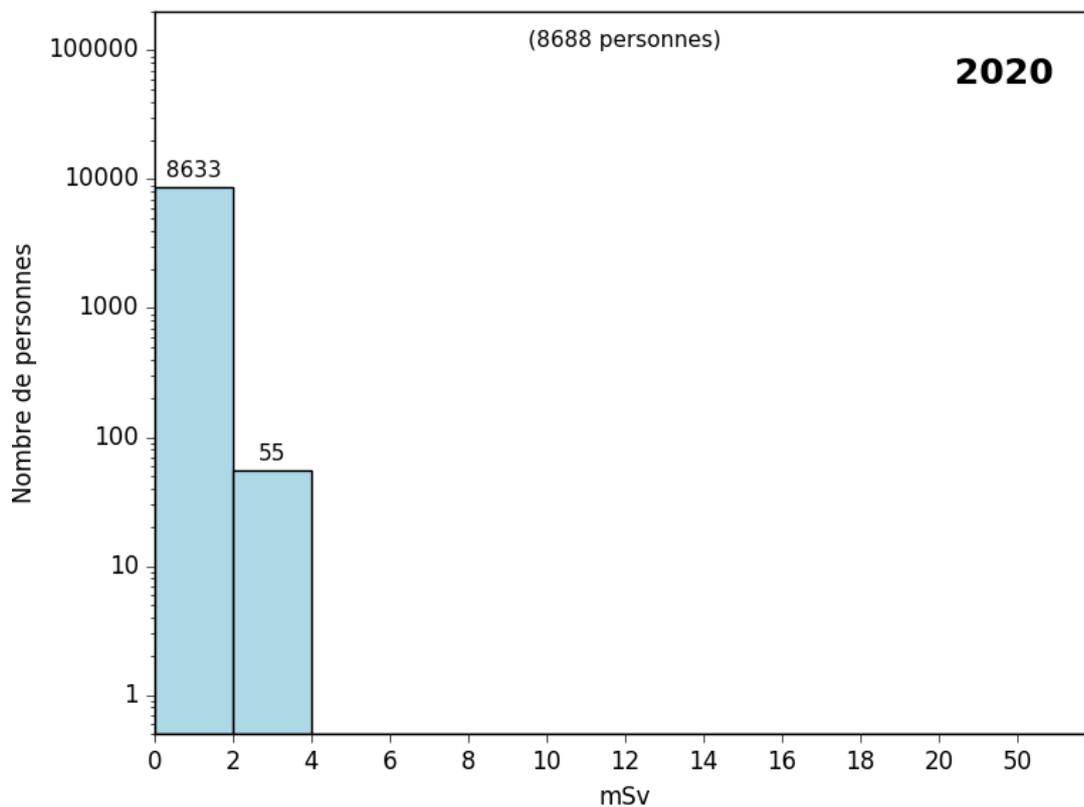


Figure 9: Doses efficaces par irradiation externe et interne dans tous les secteurs d'activité

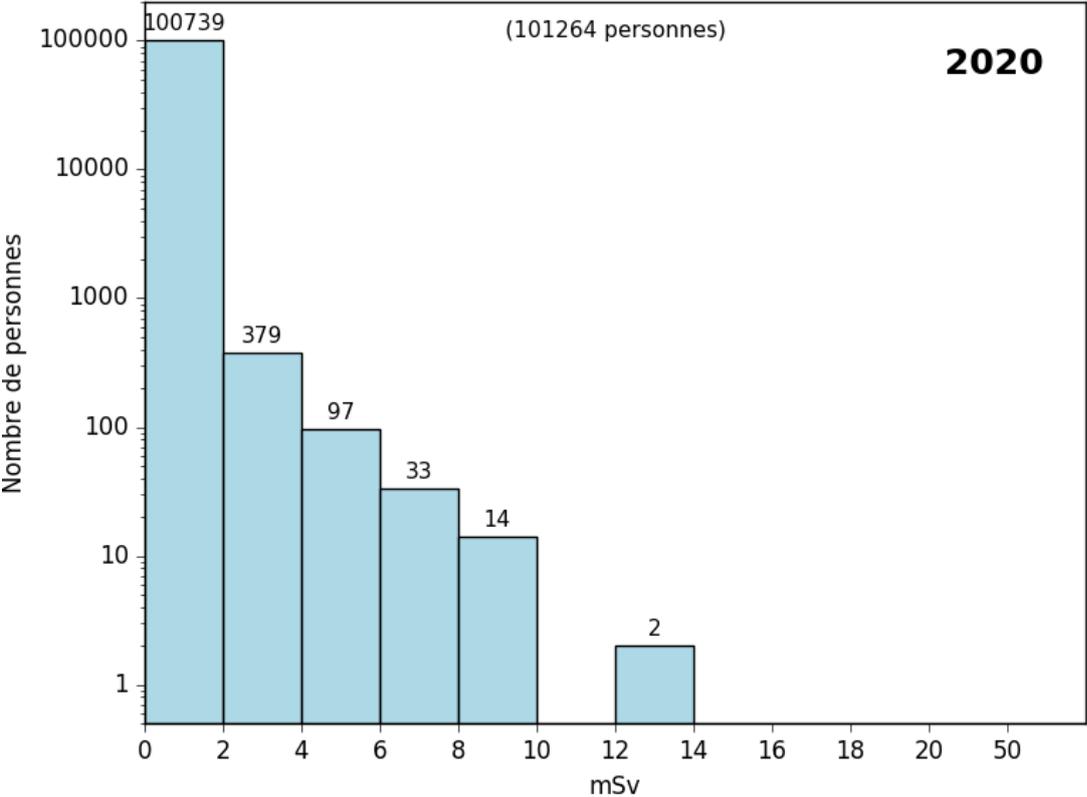
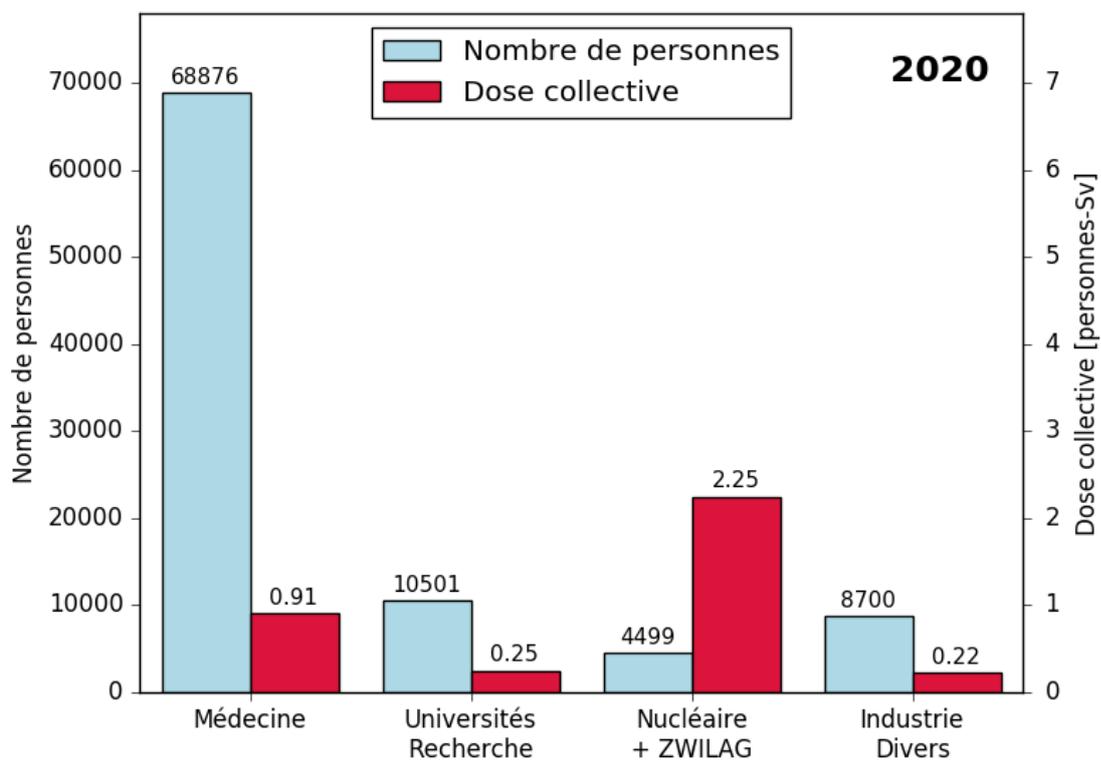


Figure 10: Nombre de personnes et doses collectives, tous les types d'irradiation



La figure suivante inclut également le rayonnement cosmique dans l'aviation :

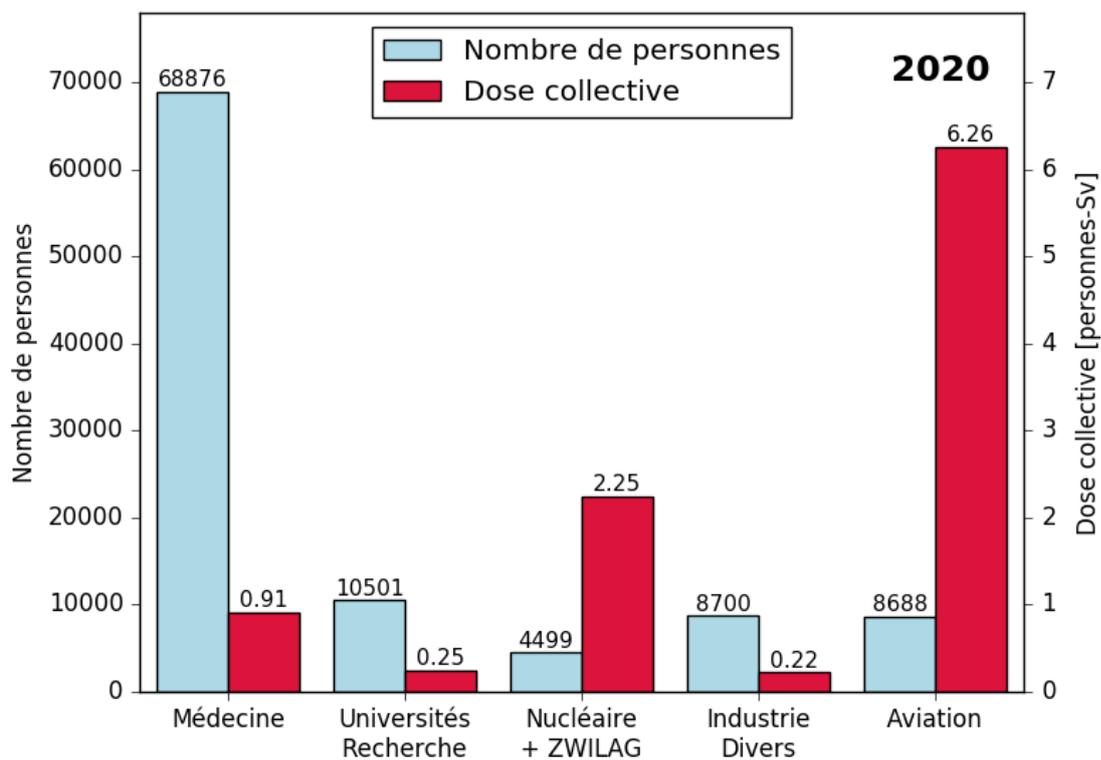


Figure 11: Irradiation externe depuis 1976 en médecine

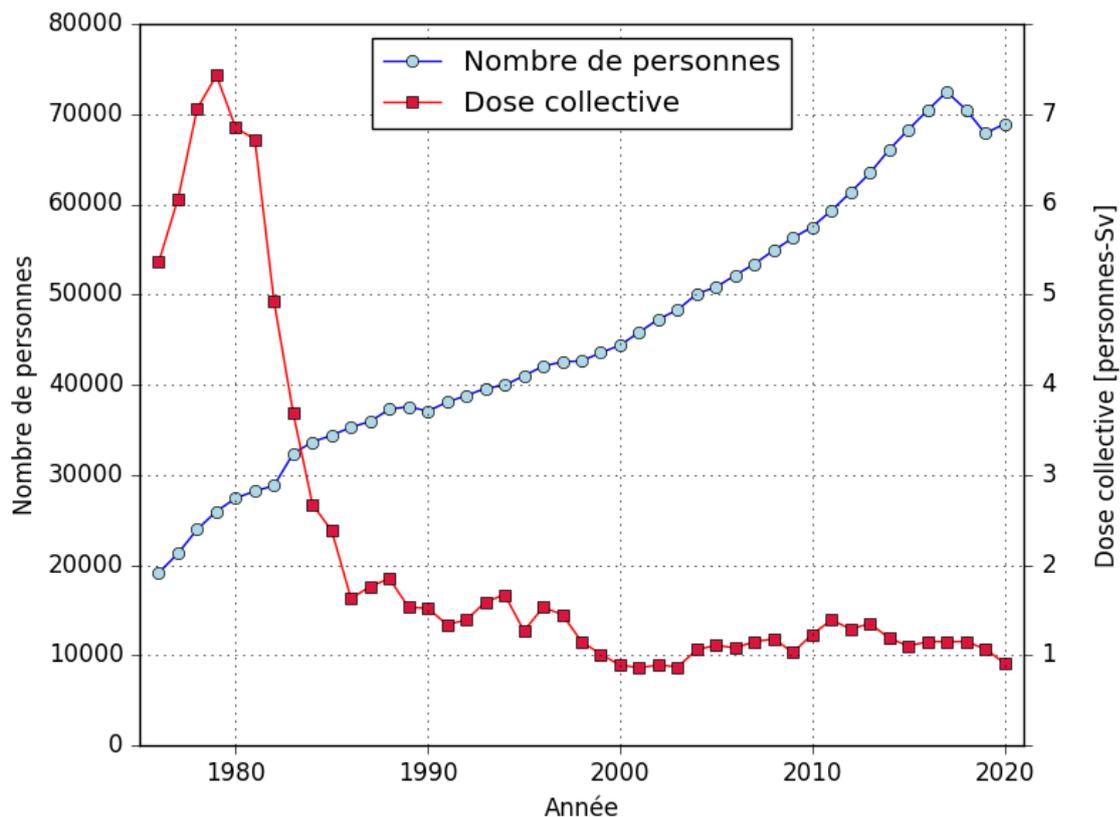


Figure 12: Irradiation externe depuis 1976 dans les universités et la recherche

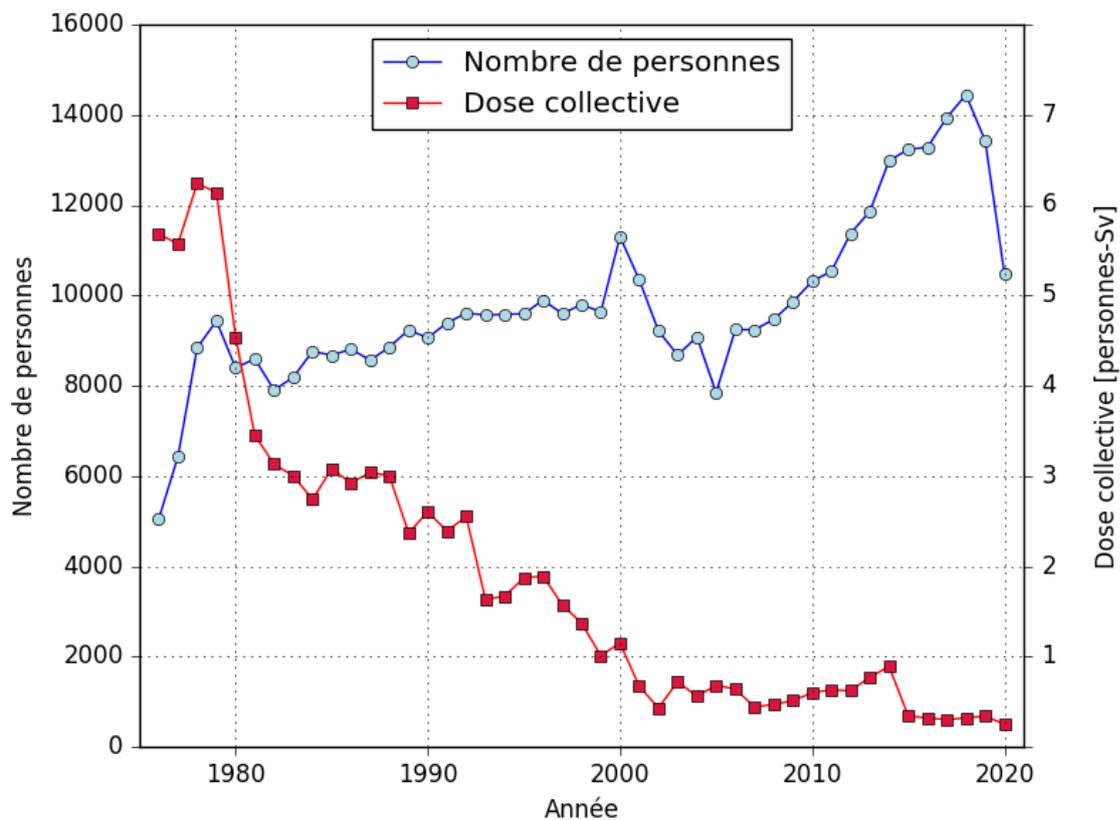


Figure 13: Irradiation externe depuis 1976 dans les centrales nucléaires et ZWILAG

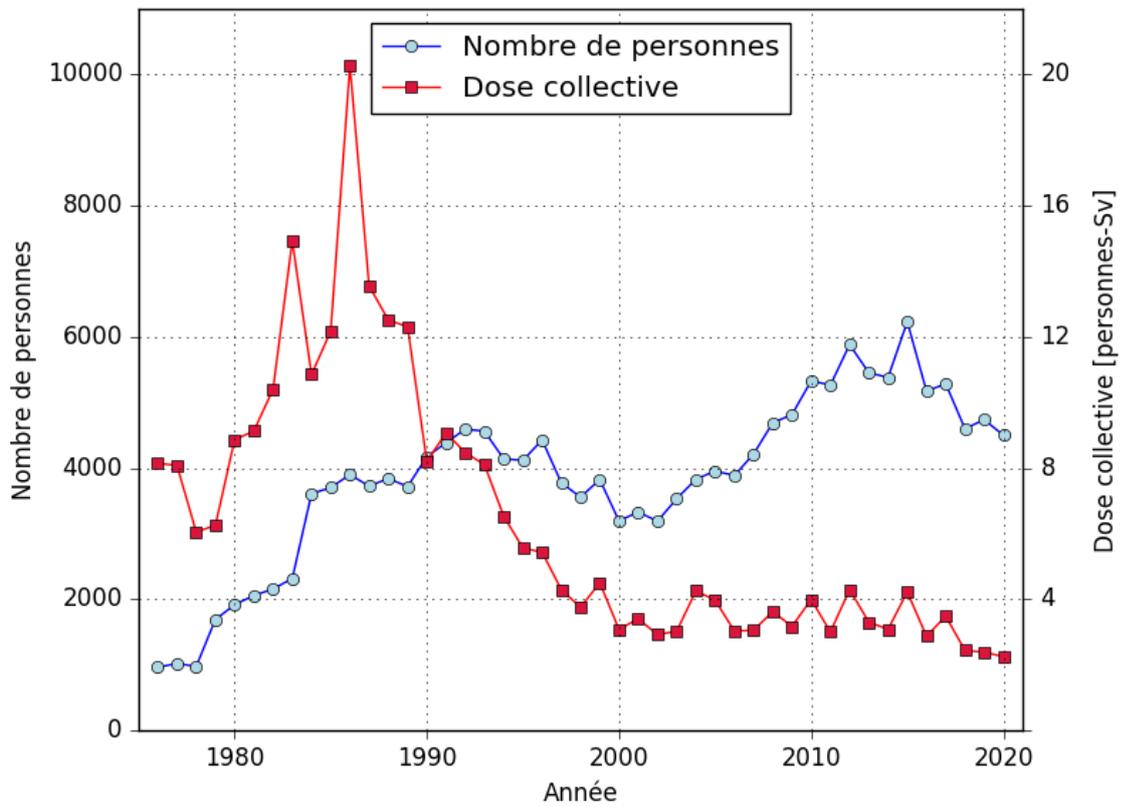


Figure 14: Irradiation externe depuis 1976 dans l'industrie et autres (commerce, services publics, etc.)

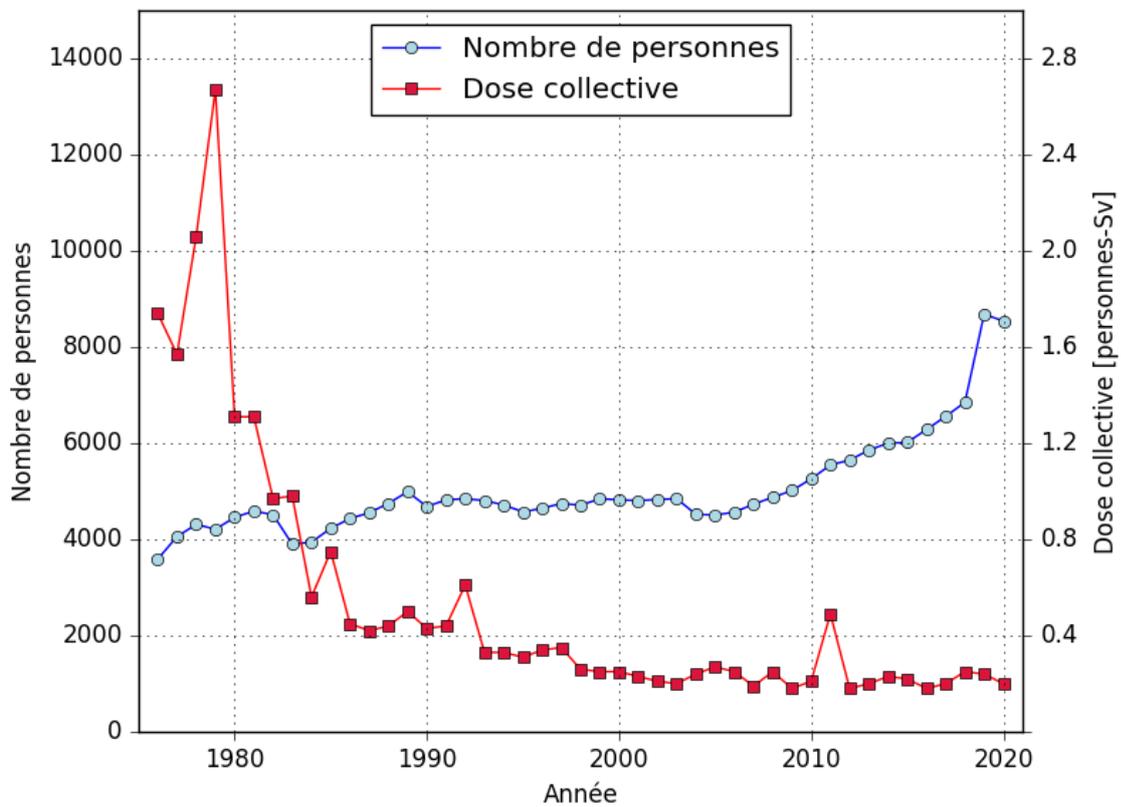


Figure 15: Irradiation externe depuis 1976 (sans le personnel navigant)

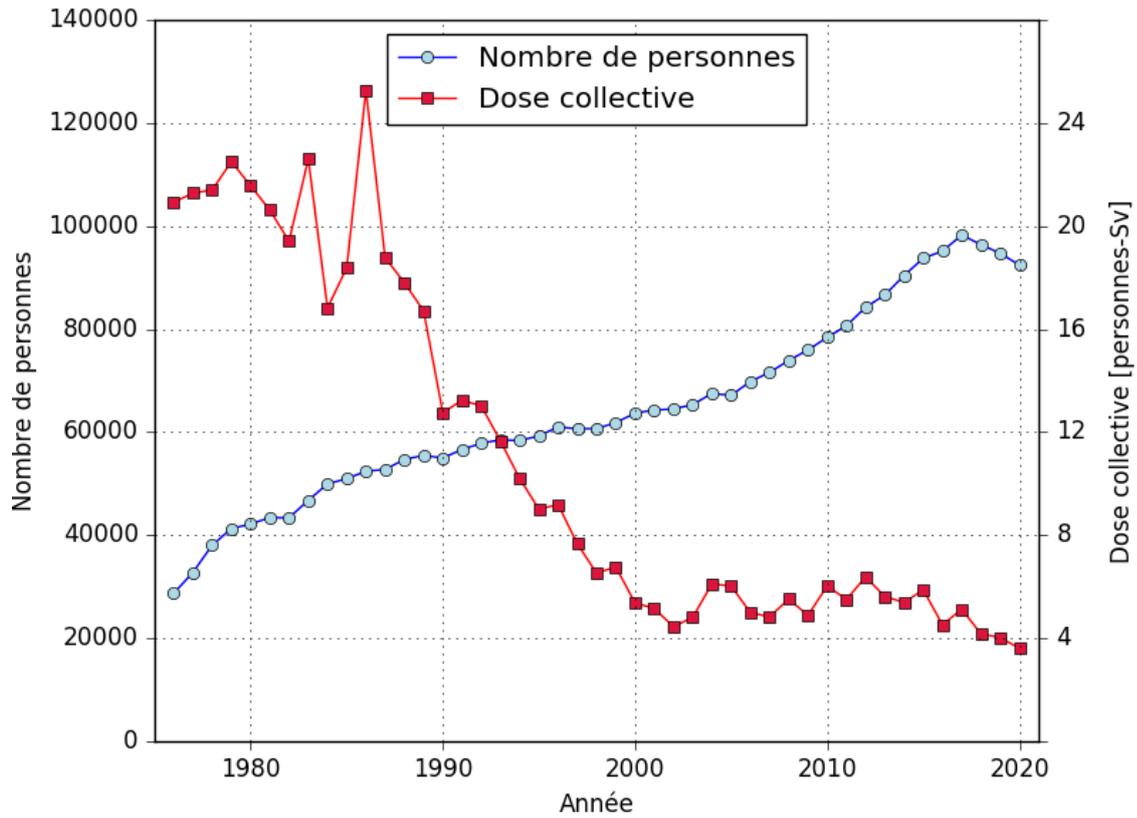


Figure 16: Irradiation interne depuis 1995

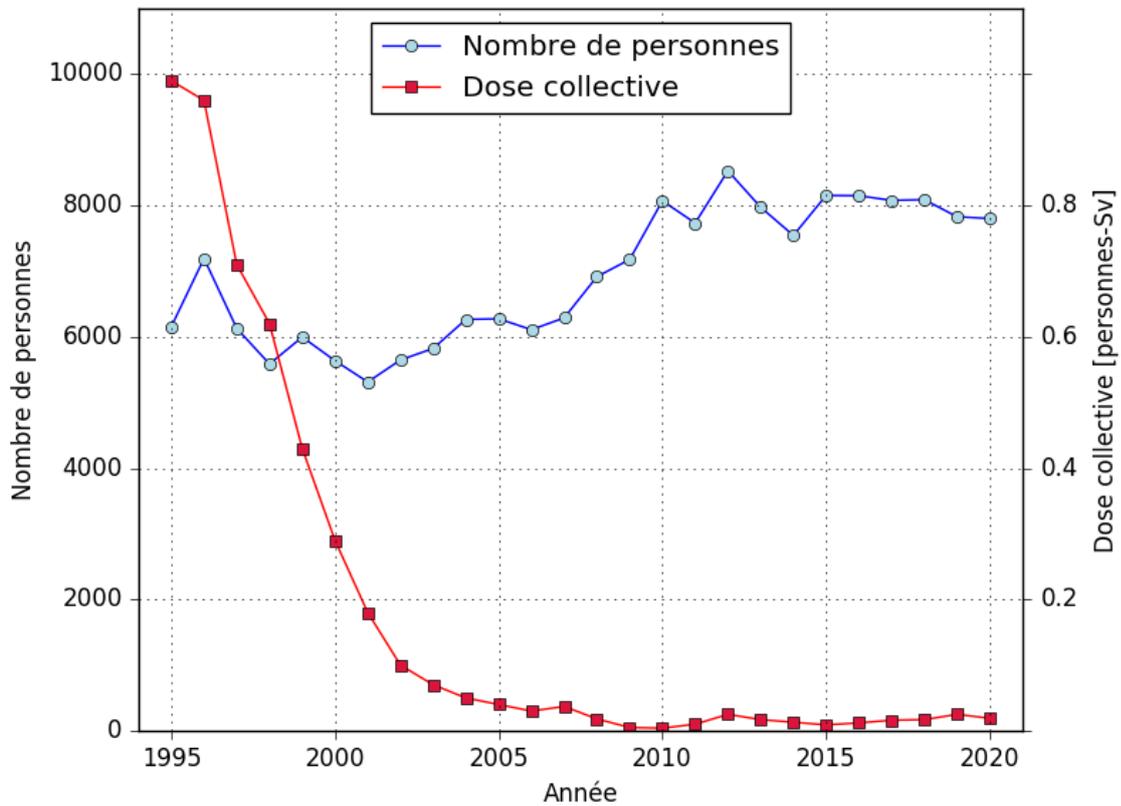


Figure 17: Doses aux mains : nombre de personnes depuis 1977

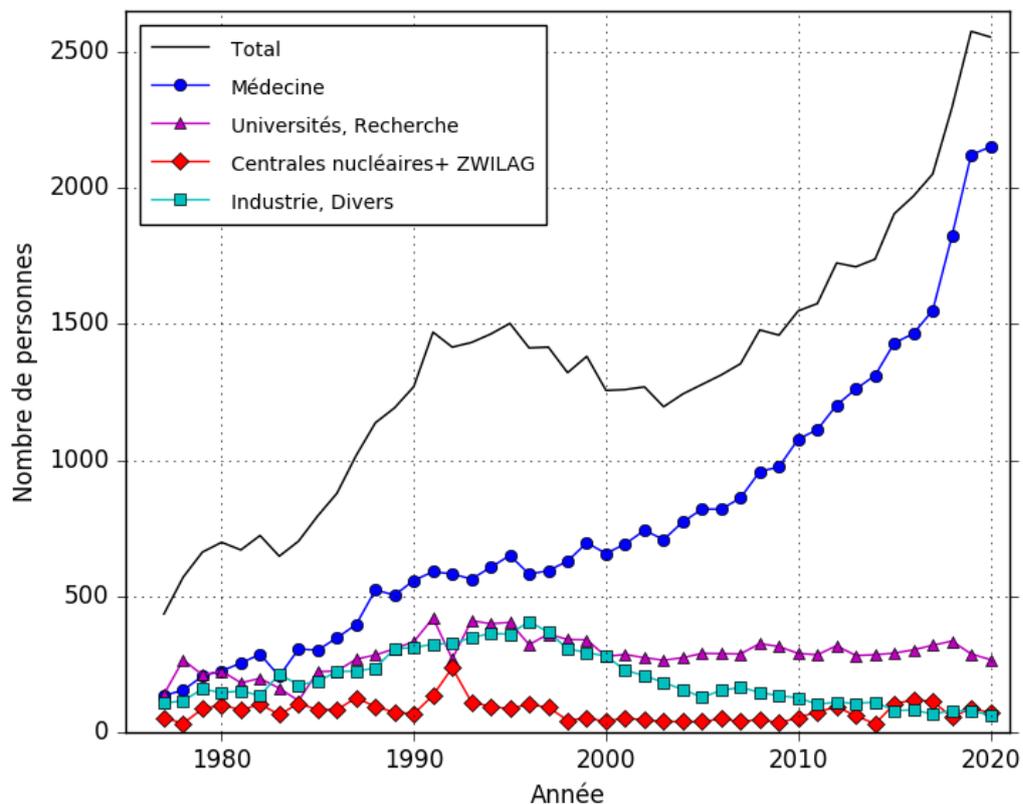


Figure 18: Doses aux mains élevées dans tous les secteurs d'activité depuis 1977

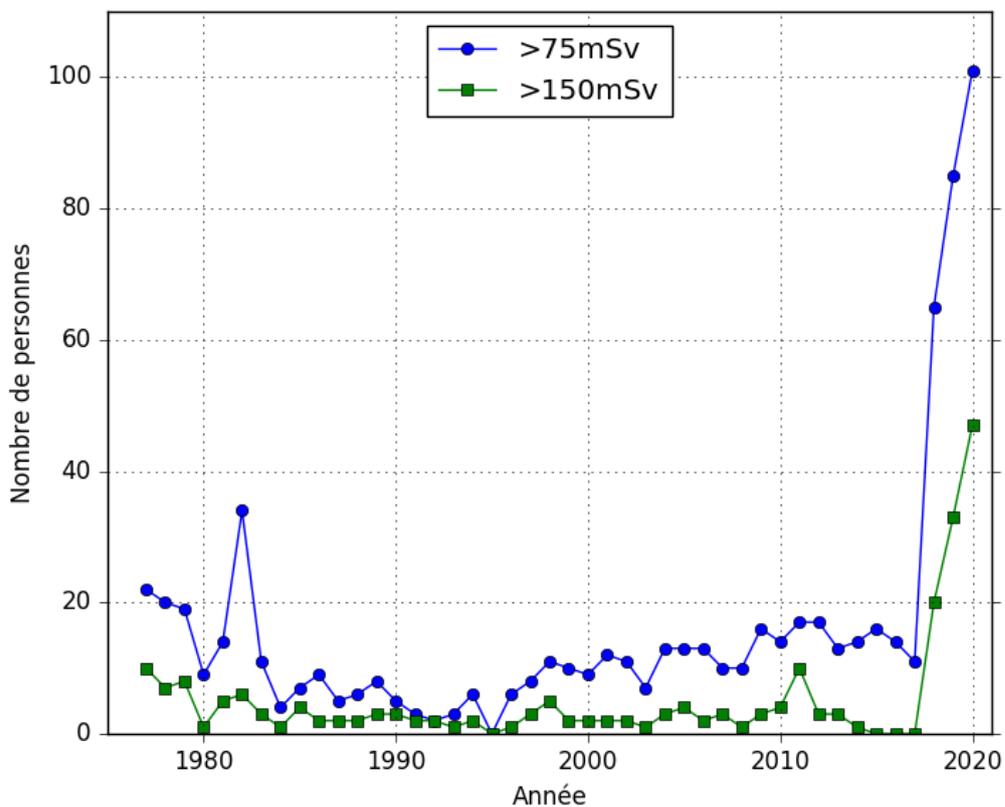


Figure 19: Doses efficaces supérieures à la limite annuelle de dose depuis 1995

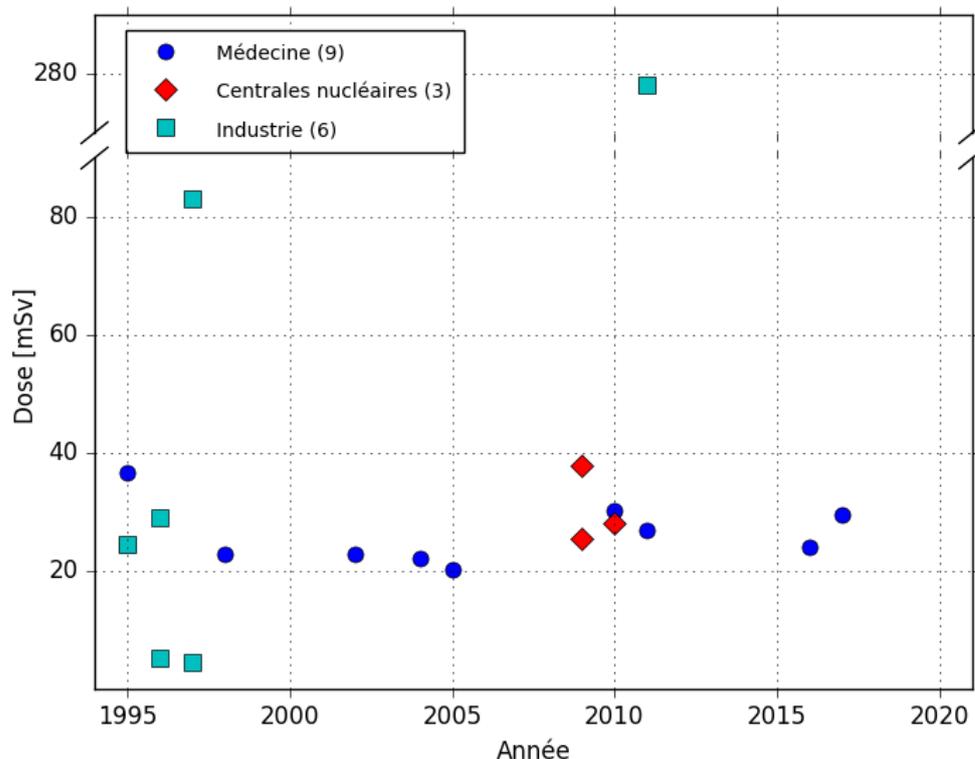


Figure 20: Doses aux extrémités supérieures à la limite annuelle de dose depuis 1995

