



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

Décembre 2020

---

# Rapport annuel 2019

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	8
7	Doses efficaces dues à l'exposition totale	8
8	Evénements particuliers et dépassements des limites de dose	8
9	Tendance des 43 dernières années	9
10	Conclusions	10
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 2019 et montre l'évolution des 43 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. Onze services agréés de dosimétrie pour l'irradiation externe et sept pour l'irradiation interne ont fourni régulièrement (en général mensuellement) leurs données au RDC.

Depuis l'entrée en vigueur de la nouvelle ordonnance sur la radioprotection (ORaP ; RS 814.501) le 1<sup>er</sup> janvier 2018, les doses du personnel navigant doivent également être déterminées. Les compagnies aériennes envoient leurs données directement à l'OFSP 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 dès 2019. Cette dose peut être déterminée à l'aide du dosimètre du corps entier ou d'un dosimètre spécifique au cristallin.

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](http://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 2019 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

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 2019 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
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 du 26 avril 2017 sur la radioprotection (ORaP), 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 à jour 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, une mesure d'intercomparaison a été effectuée pour la dosimétrie externe et interne.

### 3.1 Dosimétrie externe

11 services de dosimétrie reconnus ont participé, avec 13 dosimètres, à l'intercomparaison 2019 pour la dosimétrie externe organisée par le PSI. À la différence des intercomparaisons réalisées jusqu'à ce jour, il a été exigé des participants qu'ils indiquent l'incertitude de mesure sur chaque dose et présentent une description de la détermination de cette incertitude.

Pour les irradiations des dosimètres du corps entier, 4 dosimètres ont été exposés pour chaque système dosimétrique (au total 52) dans les conditions de référence. Sans tenir compte des incertitudes, trois services de dosimétrie n'ont pas rempli avec les quatre dosimètres les exigences de l'ordonnance sur la dosimétrie. Il faut toutefois constater que ce sont seulement un ou deux dosimètres par service concerné qui ne les ont pas satisfaites.

Dans le cas des dosimètres des extrémités, deux services de dosimétrie, avec au total 6 dosimètres, n'ont pas rempli les exigences dans les conditions de référence. Pour un service, les valeurs de mesure des quatre dosimètres des extrémités se sont situées hors des exigences. Au total 16 dosimètres ont été irradiés.

Les autorités de surveillance compétentes analysent actuellement avec les services de dosimétrie concernés les raisons des écarts observés.

### 3.2 Dosimétrie interne

L'IRA a été chargé d'organiser en 2019 une intercomparaison pour la dosimétrie interne. Le radionucléide iode-131, qui intervient dans le domaine de la médecine et dans les réacteurs des centrales nucléaires, a été choisi. L'intercomparaison n'a pu avoir lieu qu'en 2020 à cause de difficultés de livraison du radionucléide.

Chacun des trois services de dosimétrie participant à l'intercomparaison a reçu trois échantillons correspondant à un scénario de contamination d'une personne fictive. Les scénarios ont été communiqués aux services de dosimétrie afin qu'ils puissent déterminer aussi la dose efficace engagée  $E_{50}$ . Les trois services de dosimétrie remplissent l'exigence de précision (+/- 20 %) conformément à l'ordonnance sur la dosimétrie pour la mesure de l'activité en iode-131 sur le fantôme de la thyroïde. Ils ont aussi calculé la dose efficace engagée,  $E_{50}$ , correctement et conformément à l'ordonnance sur la dosimétrie.

## 4 Irradiation externe

### 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 registre dosimétrique central (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 PADDC). En 2019, seule une des 6'122 doses neutroniques enregistrées a été supérieure à 1 mSv (valeur de 1,2 mSv). Les doses dues aux neutrons figurent dans les données de  $H_p(10)$ .

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 96'396 en 2018 à 94'705 en 2019. Cette baisse est due au fait qu'il y a eu moins de personnes faisant l'objet d'une surveillance dosimétrique dans les cabinets dentaires. Conformément à la nouvelle ORaP, le personnel concerné ne doit plus porter de dosimètre lorsqu'il travaille exclusivement avec des petites installations de radiologie dentaire. Sur mandat de l'OFSP, l'IRA a prouvé que si ce personnel utilisait ces installations conformément aux instructions, aucun scénario réaliste (p. ex. mauvais positionnement) ne pouvait provoquer une dose efficace supérieure à 1 mSv par année.

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, était de

4,03 personnes-Sv en 2019 (contre 4,17 personnes-Sv l'année précédente). La dose collective s'est stabilisée à 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 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 (27 %), recherche (8 %), industrie, commerce, services publics et autres (6 %). Les graphiques 1 à 5 indiquent le nombre de personnes et les répartitions de dose 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 à 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 l'industrie (tableau 2), et dans les hôpitaux (chap. 8). Durant l'année considérée, il n'y a eu aucun dépassement de la valeur limite pour la dose au corps entier.

## 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 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 dose annuelle aux mains la plus élevée, de 426 mSv, a concerné une personne qui travaillait en médecine nucléaire avec des sources non scellées. L'OFSP a accompagné de près le service concerné lors de ses démarches d'optimisation.

La limite annuelle de dose de 500 mSv n'a pas été dépassée durant l'année 2019.

Depuis le 1<sup>er</sup> 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 (directive L-10-04, Mesures en vue de réduire les doses aux extrémités en médecine nucléaire). 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 en 2019.

La dose au cristallin est supposée égale à l'équivalent de dose individuel 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  $H_{\text{total}}(0,07)$ , 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 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, 26 personnes ont dépassé la limite de dose au cristallin (voir le chapitre 8), alors que la dose définitive n'a pu être confirmée que dans peu de 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 au début de 2021. L'OFSP envisage, sur la base de ces recommandations, de mettre à disposition une documentation détaillée 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. Le résultat est exprimé sous forme de dose efficace engagée  $E_{50}$ .

Des mesures de tri ont été effectuées dans les entreprises concernées auprès de 7000 personnes environ afin de vérifier si elles avaient incorporé des produits radioactifs (cf. tableau 4).

Durant l'année 2019, on a effectué des mesures d'incorporation et déterminé la dose efficace engagée  $E_{50}$  pour 278 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 2.8 mSv.

Le graphique 7 indique la répartition des doses internes. La dose collective, qui était de 0,025 personne-Sv, est donc légèrement supérieure à celle de l'année précédente. Elle provient principalement des incorporations de tritium dans les entreprises de peinture luminescente de l'industrie horlogère.

## 6 Exposition au rayonnement cosmique

Au cours de l'année 2019, les doses reçues par 9298 personnes appartenant au personnel navigant ont été déterminées. Le graphique 8 montre comment ces doses sont réparties. La dose efficace annuelle la plus élevée, mesurée sur un pilote, était de 4,83 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 (1,84 mSv). La dose collective était de 17,09 personnes-Sv.

## 7 Doses efficaces dues à l'exposition totale

La dose efficace est 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. Pour 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 de toutes les personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession est de 104'172 (année précédente : 105'231). Ne sont pas comprises les personnes qui sont exclusivement surveillées par des mesures de tri. La dose collective totale était de 21,15 personnes-Sv, respectivement 4,06 personnes-Sv sans le personnel navigant (année précédente : 20,57 personnes-Sv). Le graphique 10 indique la répartition des doses dans les différents secteurs d'activité.

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 12 % de la dose collective.

## 8 Événements particuliers et dépassements des limites de dose

Au cours de l'année considérée, 25 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. Comme pour une partie de ces personnes la détermination exacte du facteur de correction n'est pas encore terminée, ce nombre peut se réduire encore ultérieurement (voir le chapitre 4.3). Les personnes concernées sont exclusivement des médecins qui pratiquent des actes sous radioscopie en radiologie interventionnelle (y. c. en cardiologie) et en chirurgie orthopédique. La dose équivalente au cristallin la plus élevée a été de 72,7 mSv et a été déterminée pour une personne en chirurgie orthopédique.

L'OFSP apporte un appui aux hôpitaux concernés lors de l'établissement d'une bonne dosimétrie du cristallin et exige des optimisations en radioprotection dans le cas des personnes présentant un dépassement de la limite. L'évolution des doses mensuelles est observée en vue de vérifier l'efficacité des mesures prises.

Outre les doses accumulées au cristallin, on a mesuré, chez un TRM travaillant en angiographie, une dose sur le tablier de protection conduisant à une dose au cristallin de 108,7 mSv. Malgré une enquête réalisée par l'hôpital et un examen sur place par l'OFSP, l'origine de la dose n'a pu être établie. De plus, aucune dose anormale n'a été mesurée pour le mois en question chez des opérateurs travaillant avec le TRM. Comme il ne pouvait être exclu que cette personne a reçu la dose au cristallin, celle-ci a été reportée dans le registre dosimétrique central. Les doses mensuelles suivantes reçues par la personne se sont à nouveau situées dans la normalité.

Aucun dépassement des limites de dose applicables au corps entier et aux extrémités n'a été observé durant l'année 2019. Le tableau 9 et les figures 19 et 20 donnent un aperçu des dépassements depuis 1995. Étant données les enquêtes en cours, les dépassements de la limite de dose applicable au cristallin n'y figurent pas encore.

## 9 Tendances des 43 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 43 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, la valeur actuelle est de 4,03 personnes-Sv (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 0,05 mSv. La principale raison de cette baisse est liée aux processus d'optimisation mis en place dans les années 1990 qui ont grandement limité, notamment dans les centrales nucléaires, le niveau d'irradiation.

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 registre dosimétrique central (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 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 augmente continuellement dans le secteur de la médecine depuis les 43 dernières années (graphique 17, tableau 8). En 1977, ce nombre s'élevait à 135 ; en 2019, 2575 personnes portaient un dosimètre des extrémités. Dans l'industrie, la tendance s'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 des variations périodiques 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 1,84 mSv. Comme attendu, il s'agit du groupe professionnel le plus exposé, suivi de celui travaillant dans les centrales nucléaires (0,48 mSv). Toutefois, aucun membre du personnel navigant n'a été exposé à une dose annuelle supérieure à 6 mSv, de sorte que ce groupe a pu être classé dans la catégorie B.

Un nombre important de médecins ont dépassé au cours de l'année 2019 la limite annuelle de la dose équivalente au cristallin. Toutefois, pour une grande partie de ces cas, des enquêtes sont encore en cours pour confirmer, par le biais d'une meilleure estimation de la dose, le dépassement. Ceci indique que des optimisations supplémentaires sont nécessaires dans les hôpitaux afin que la nouvelle limite de 20 mSv par année soit respectée à l'avenir. La détermination la plus réaliste possible de la dose au cristallin pose un autre défi, ceci notamment lors du port de moyens de protection. 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. Une documentation supplémentaire concernant la dosimétrie du cristallin est actuellement en cours d'élaboration.

## 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)

**Tableau 1a: Méthodes de mesure et volume des activités des services de dosimétrie individuelle de l'irradiation externe en 2019**

Service	Corps entier $H_p(10)$			Peau $H_p(0.07)$			Extrémités $H_p(0.07)$		
	Rayonnement	Méthode	Nombre de personnes	Rayonnement	Méthode	Nombre de personnes	Rayonnement	Méthode	Nombre de personnes
CERN	$\beta, \gamma, X$	DIS	8800	$\beta, \gamma, X$	DIS	8800	$\beta, \gamma, X$	TLD	60
	n	PADC	4400						
Dosilab	$\beta, \gamma, X$	TLD	43 000	$\beta, \gamma, X$	TLD	43 000	$\beta, \gamma, X$	TLD	1200
IRA	$\beta, \gamma, X$	TLD	10 000	$\beta, \gamma, X$	TLD	10 000	$\beta, \gamma, X$	TLD	300
KKB	$\beta, \gamma, X$	DIS	1200	$\beta, \gamma, X$	DIS	1200			
KKG	$\beta, \gamma, X$	DIS	1400	$\beta, \gamma, X$	DIS	1400			
KKL	$\beta, \gamma, X$	DIS	2000	$\beta, \gamma, X$	DIS	2000			
KKM	$\beta, \gamma, X$	TLD	700	$\beta, \gamma, X$	TLD	700			
PEDOS	$\beta, \gamma, X$	TLD	15 000	$\beta, \gamma, X$	TLD	15 000	$\beta, \gamma, X$	TLD	600
PSI	$\beta, \gamma, X$	RPL, DIS	2200	$\beta, \gamma, X$	RPL, DIS	2200	$\beta, \gamma, X$	TLD	160
	n	PADC	1600						
Suva	$\beta, \gamma, X$	TLD	14 000	$\beta, \gamma, X$	TLD	14 000	$\beta, \gamma, X$	TLD	220
X-Dos	$\beta, \gamma, X$	TLD	3900	$\beta, \gamma, X$	TLD	3900	$\beta, \gamma, X$	TLD	17

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 2019**

Service	Méthode	Rayonnement	Détecteur	Nucléides	Nombre de personnes
HUG	Anthropogammamètre	$\gamma$	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	30
IRA	Thyroïde	$\gamma$	Nal	I-123, I-125, I-131	
	Urine	$\beta$	Scint	H-3, C-14, P-32, P-33, S-35, Ca-45	30
		$\beta$	PC	Sr-90	
	Urine, selles	$\alpha$	Si	Po-210, Ra-226, U-234, U-235, U-238, Pu-239, Am-241	3
KKM	Anthropogammamètre	$\gamma$	Nal	Cr-51, Fe-59, Co-58, Co-60, Sr-85, Tc-99m, Cs-134, Cs-137	
	Thyroïde	$\gamma$	Nal	I-131	
mb-microtec	Urine	$\beta$	Scint	H-3	90
PSI	Anthropogammamètre	$\gamma$	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	
	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	130

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 2019 : nombre de personnes et doses collectives**

Intervalle de dose [mSv]	Hôpitaux	Cabinets médicaux	Cabinets médicaux radiologiques	Cabinets dentaires	Universités, Recherche	Centrales nucléaires et ZWILAG <sup>1</sup>	Industrie, Commerce	Services publics	Divers	Total
= 0	32266	18546	669	14318	11690	2697	1859	608	5887	88540
0.1– 1.0	1367	203	28	184	1715	1291	110	6	132	5036
1.1 – 2.0	140	7	6	3	18	371	38		12	595
2.1 – 3.0	47	3	4		3	177	12		4	250
3.1 – 4.0	28		3			105	5		3	144
4.1 – 5.0	22	1				53	3			79
5.1 – 6.0	4				1	20	1			26
6.1 – 7.0	2					17				19
7.1 – 8.0	4					3				7
8.1 – 9.0	1					3				4
9.1 -10.0	1						1			2
10.1-11.0										
11.1-12.0	1									1
12.1-13.0							1			1
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										
<b>Total</b>	<b>33883</b>	<b>18760</b>	<b>710</b>	<b>14505</b>	<b>13427</b>	<b>4737</b>	<b>2030</b>	<b>614</b>	<b>6038</b>	<b>94704</b>
<b>Dose collective [personnes-Sv]</b>	<b>0.94</b>	<b>0.06</b>	<b>0.04</b>	<b>0.03</b>	<b>0.34</b>	<b>2.38</b>	<b>0.18</b>	<b>0.00</b>	<b>0.06</b>	<b>4.03</b>

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.

<sup>1</sup> ZWILAG: Zwischenlager Würenlingen AG

**Tableau 3: Doses aux mains en 2019: nombre de personnes**

Intervalle de dose [mSv]	Médecine	Universités, Recherche	Centrales nucléaires et ZWILAG	Industrie	Total
= 0	1147	220	40	44	1451
0.1 - 25.0	755	61	48	33	897
25.1 - 50.0	95	3		1	99
50.1 - 75.0	42	1			43
75.1 - 100.0	20	2			22
100.1 - 125.0	16				16
125.1 - 150.0	14				14
150.1 - 175.0	8	1			9
175.1 - 200.0	9				9
200.1 - 225.0	2				2
225.1 - 250.0	4				4
250.1 - 275.0	1				1
275.1 - 300.0	2				2
300.1 - 325.0	2				2
325.1 - 350.0	1				1
350.1 - 375.0	1				1
375.1 - 400.0	1				1
400.1 - 425.0					
425.1 - 450.0	1				1
450.1 - 475.0					
475.1 - 500.0					
> 500.0					
Total	2121	288	88	78	2575

**Tableau 4: Doses efficaces engagées en 2019 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	17	38		66	134	255
0.1– 1.0				13		13
1.1 – 2.0				6		6
2.1 – 3.0				4		4
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	17	38	0	89	134	278
Dose collective [personnes-Sv]	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	0.025
Nucléides avec $E_{50} > 1$ mSv				$^3\text{H}$		
Nombre de personnes avec mesures de tri <sup>1</sup>	1300	300	5000		100	6700

<sup>1</sup> Estimation

**Tableau 5: Doses efficaces par tous les types d'irradiation en 2019: 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	32254	18533	669	14315	11700	2697	2024	604	5887	89	88772
0.1 – 1.0	1367	203	28	184	1715	1291	123	6	132	2038	7087
1.1 – 2.0	140	7	6	3	18	371	44		12	2951	3552
2.1 – 3.0	47	3	4		3	177	16		4	2931	3185
3.1 – 4.0	28		3			105	5		3	1195	1339
4.1 – 5.0	22	1				53	3			94	173
5.1 – 6.0	4				1	20	1				26
6.1 – 7.0	2					17					19
7.1 – 8.0	4					3					7
8.1 – 9.0	1					3					4
9.1 -10.0	1						1				2
10.1-11.0											
11.1-12.0	1										1
12.1-13.0							1				1
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	33871	18747	710	14502	13437	4737	2218	610	6038	9298	104168
Dose collective [personnes-Sv]	0.94	0.06	0.04	0.03	0.34	2.38	0.21	0.00	0.06	17.09	21.15

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 nucléaires 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

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

\* Mesures de tri incluses

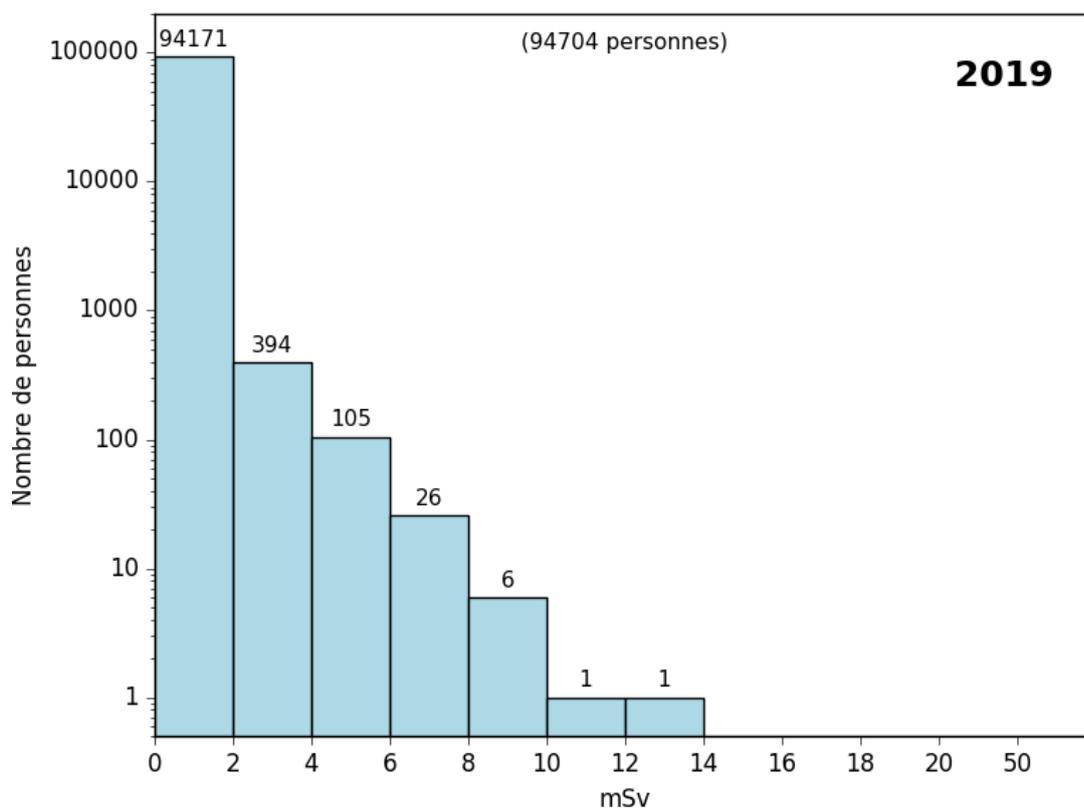
**Tableau 8: Doses aux mains depuis 1977**

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

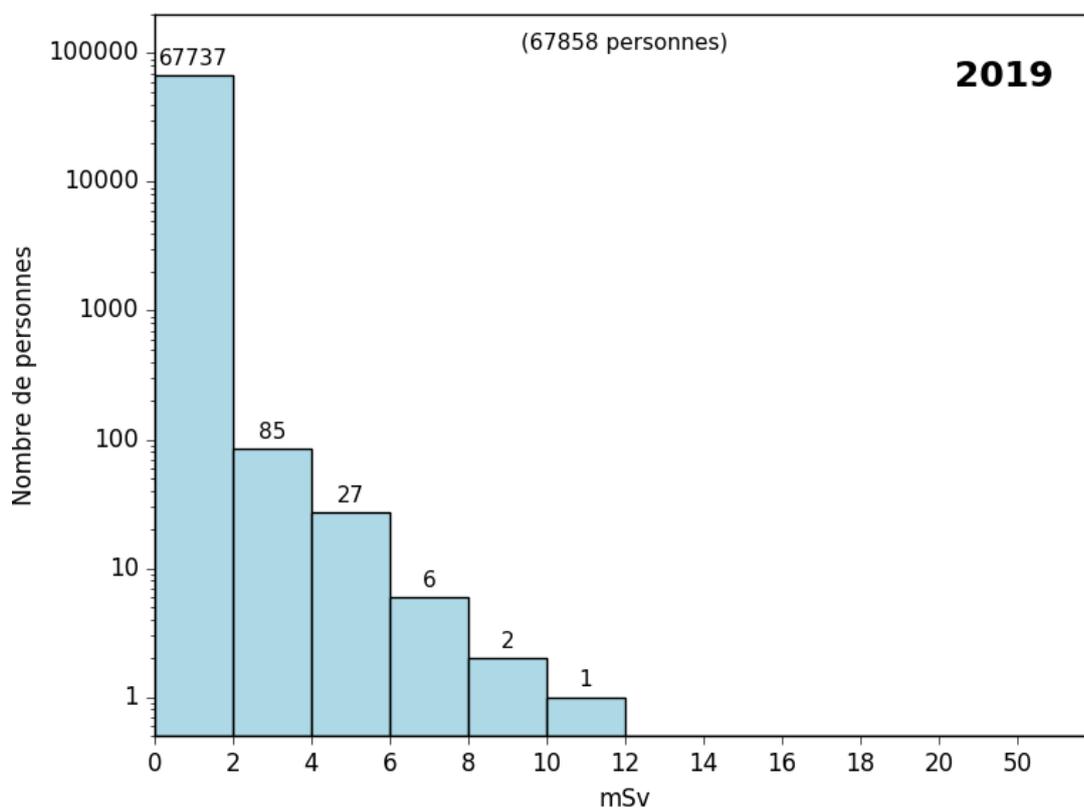
**Tableau 9: Dépassements des limites de dose depuis 1995**

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 <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	$\gamma$	E = 37.8 mSv E = 25.4 mSv	Deux personnes, révision
2010	Centrale nucléaire	$\gamma$	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> , $\gamma$	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

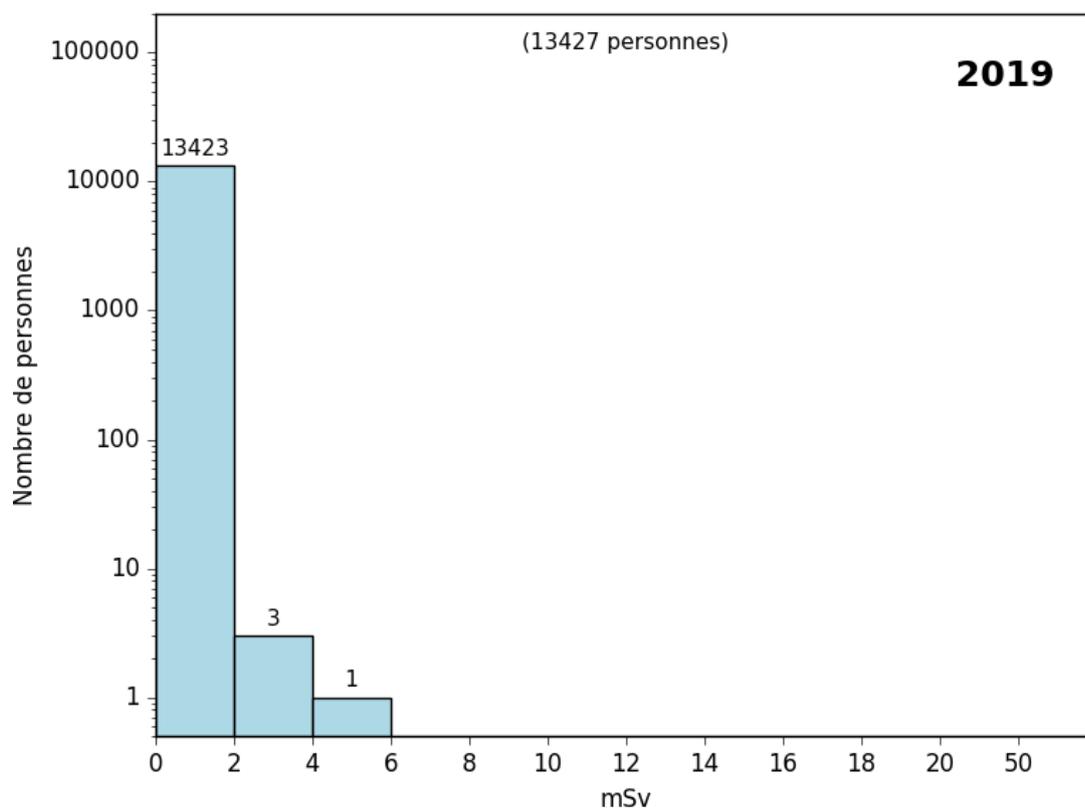
**Figure 1: Doses individuelles en profondeur par irradiation externe dans tous les secteurs d'activité**



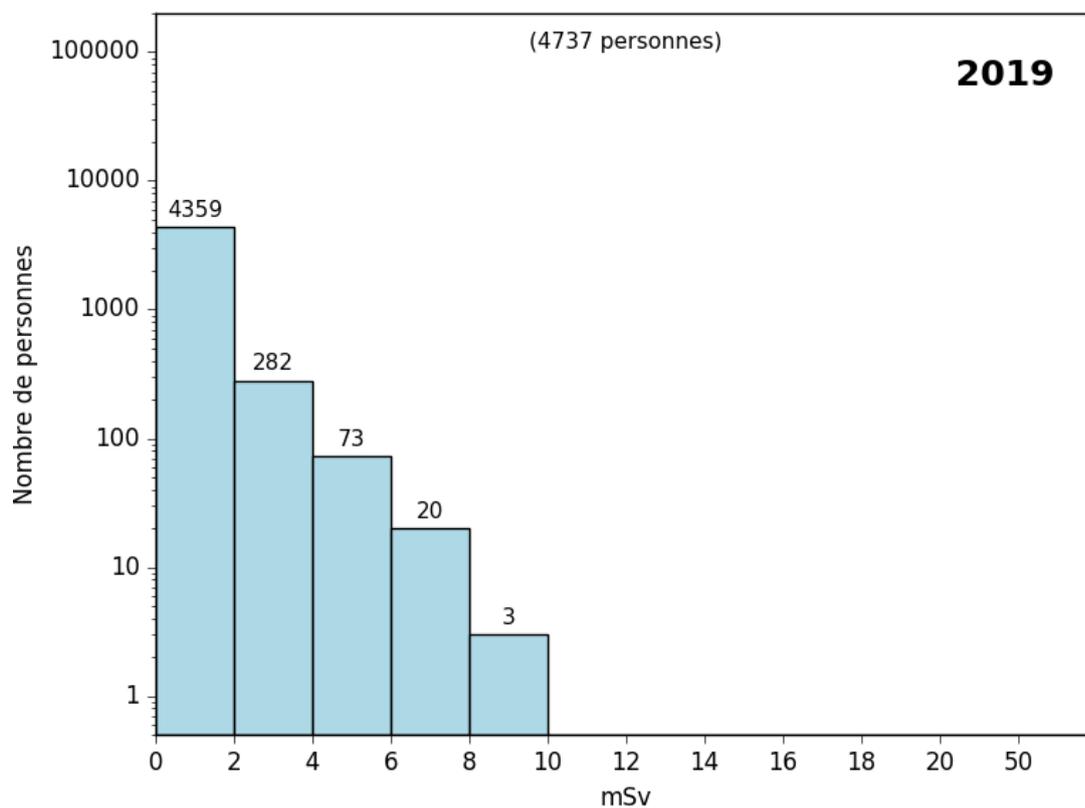
**Figure 2: Doses individuelles en profondeur par irradiation externe en médecine**



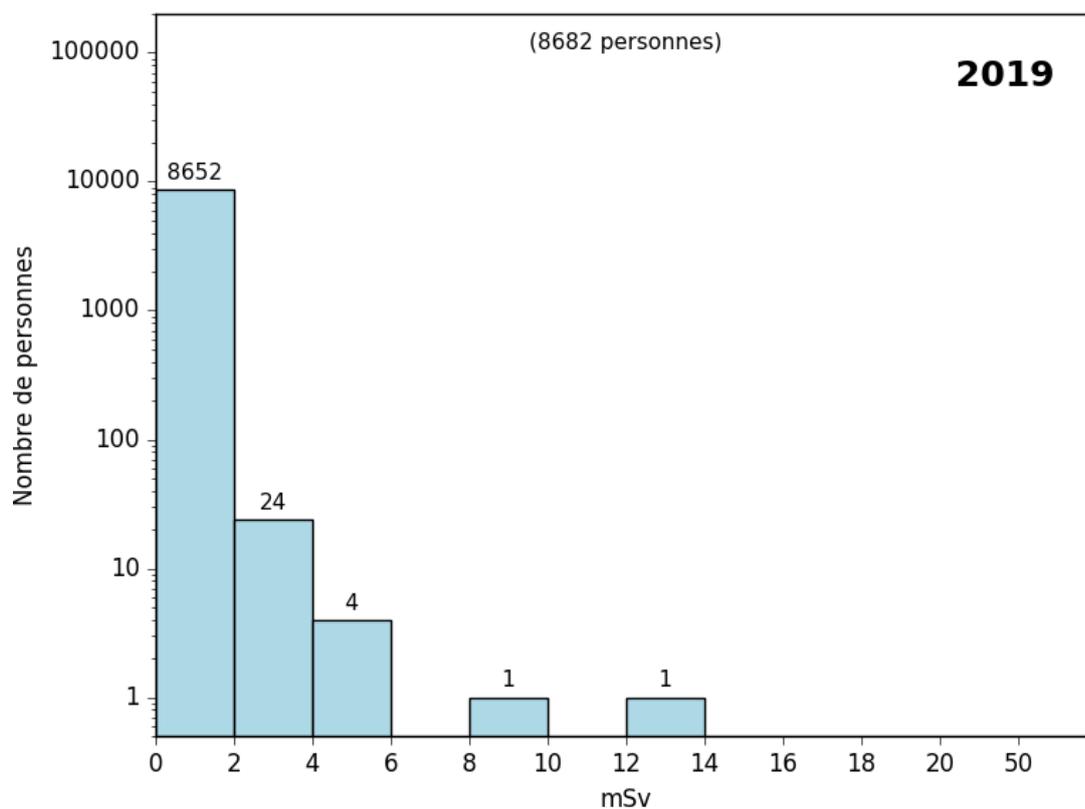
**Figure 3: Doses individuelles en profondeur par irradiation externe dans les universités et la recherche**



**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**

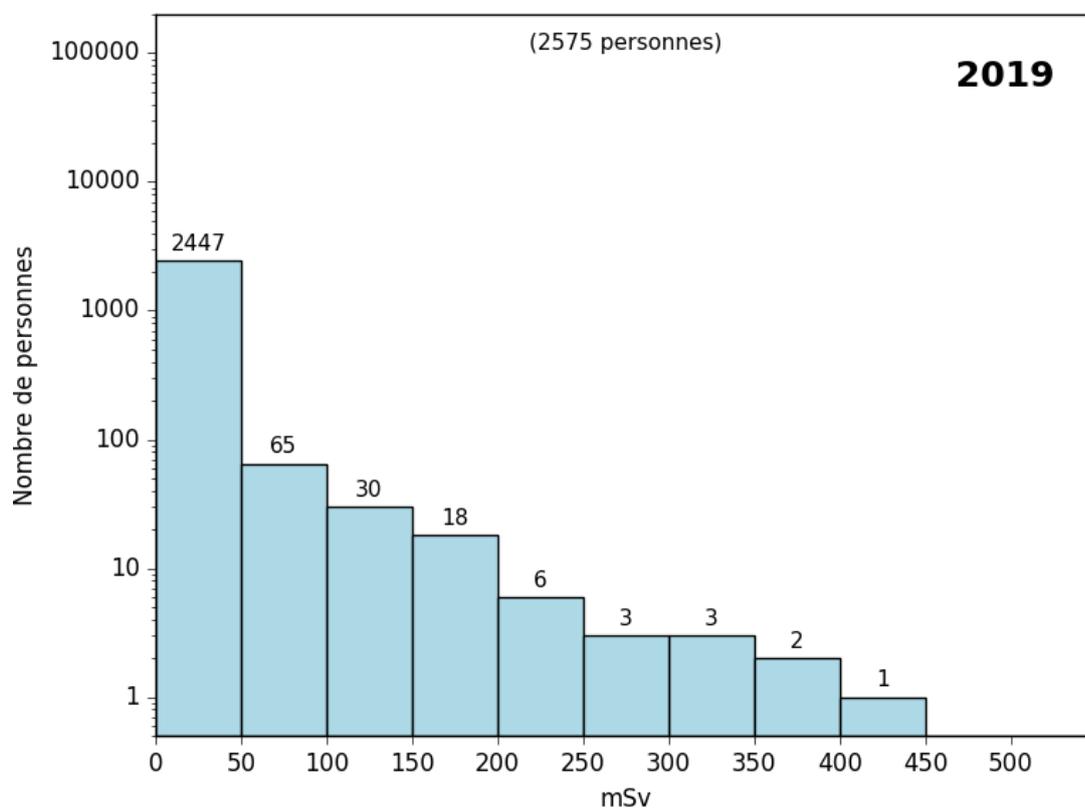


Figure 7: Doses efficaces engagées par irradiation interne

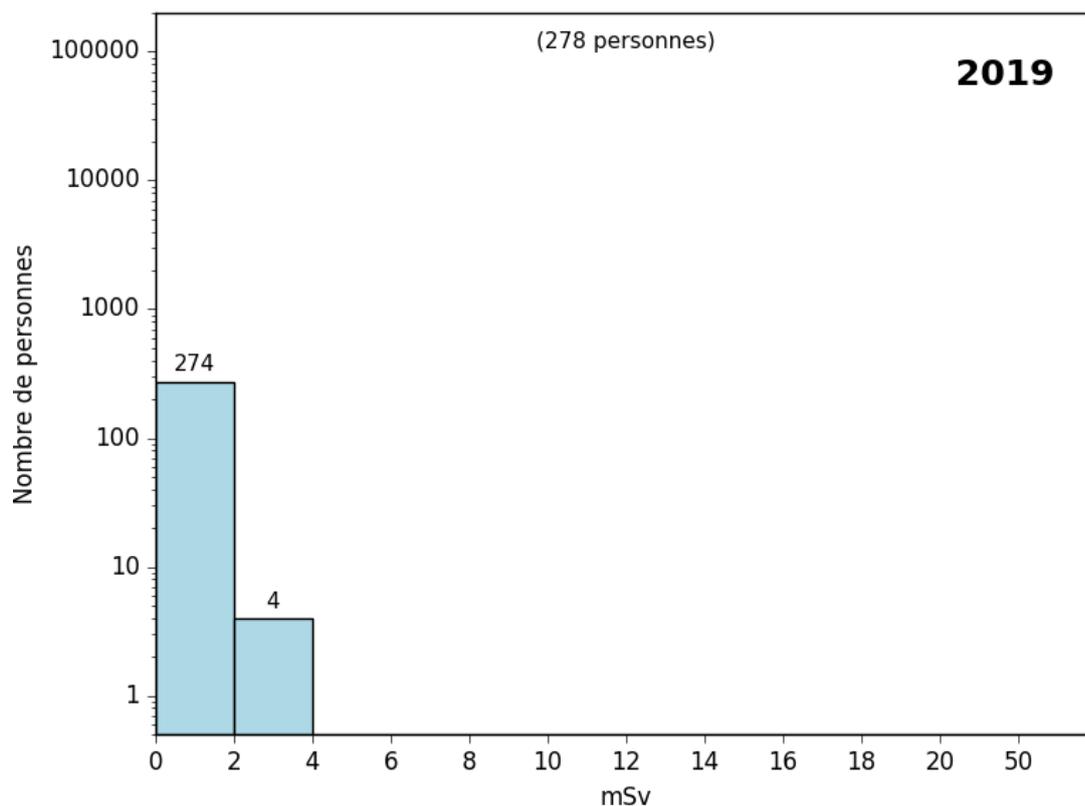


Figure 8: Doses efficaces dues au rayonnement cosmique dans l'aviation

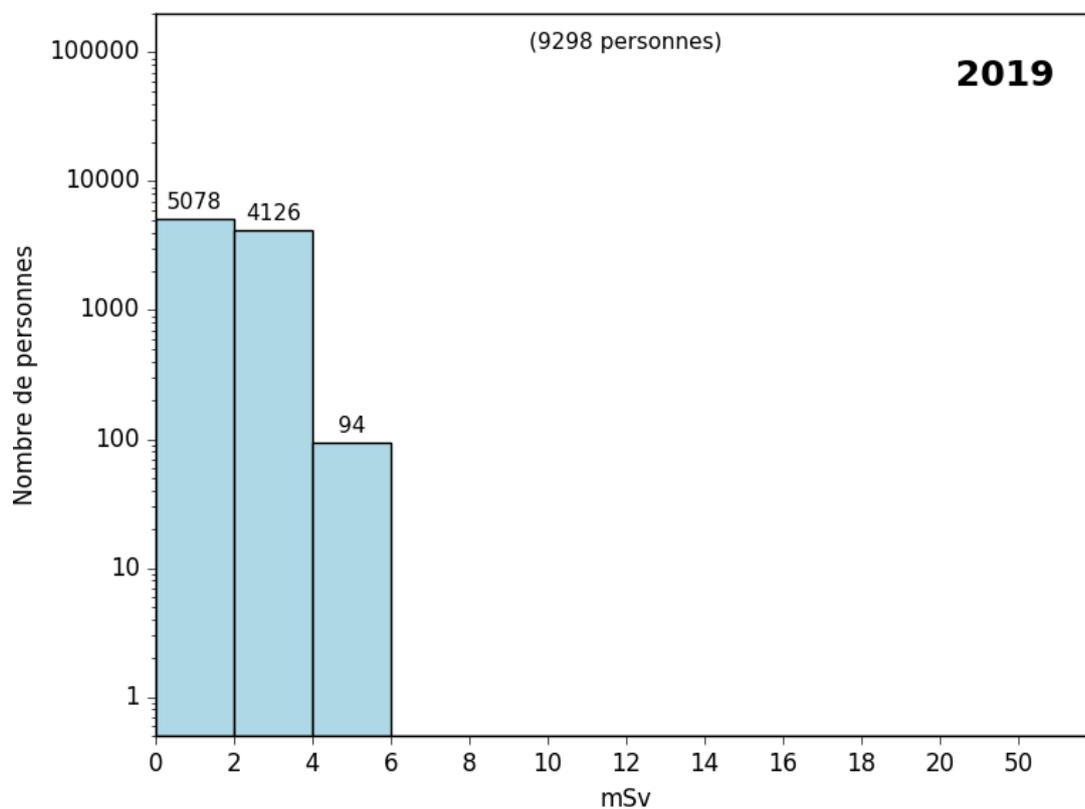


Figure 9: Doses efficaces par irradiation externe et interne dans tous les secteurs d'activité

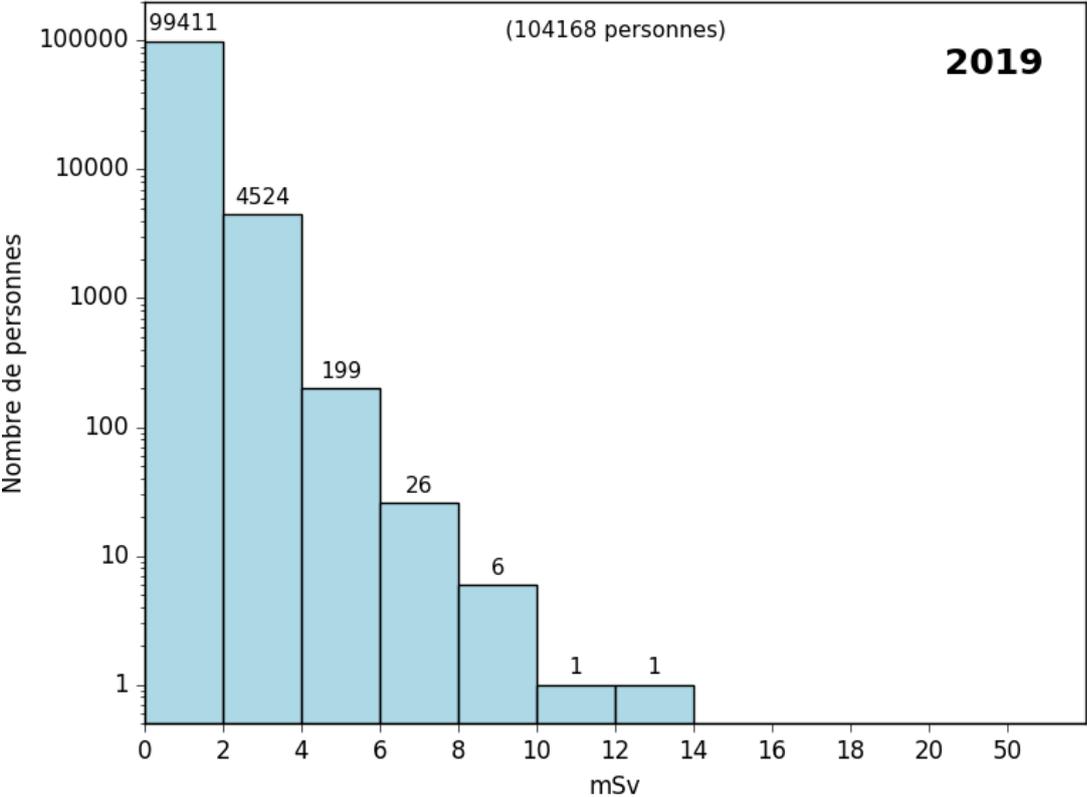
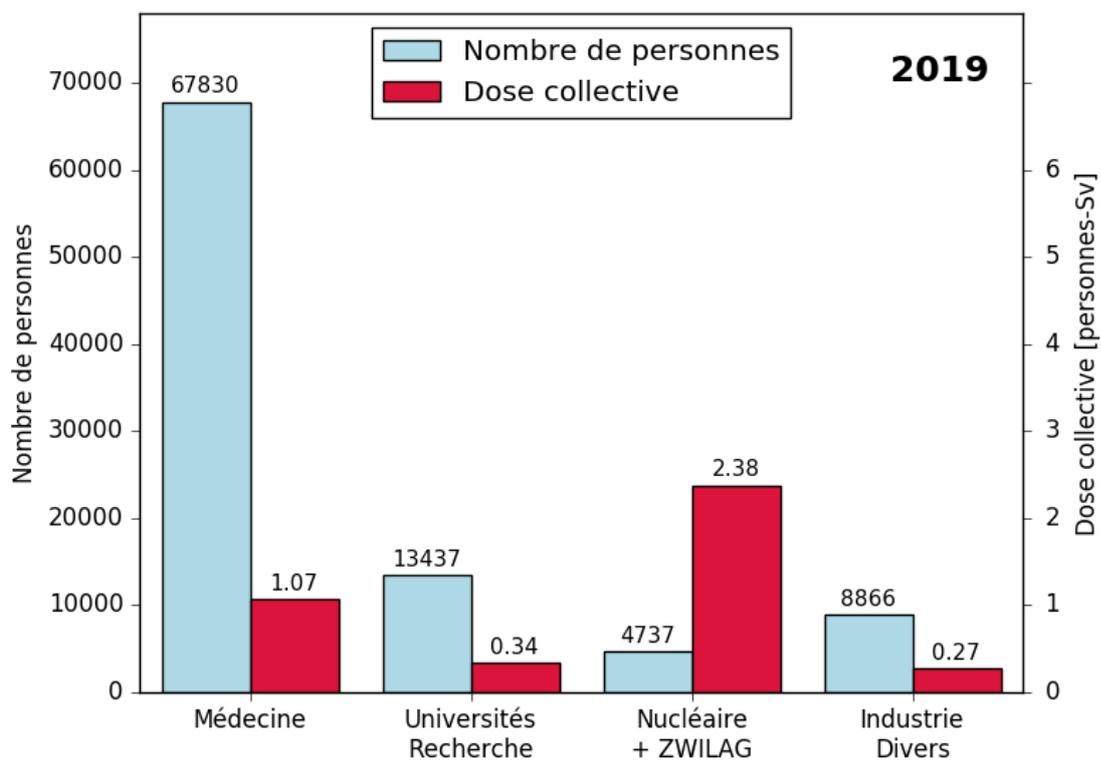
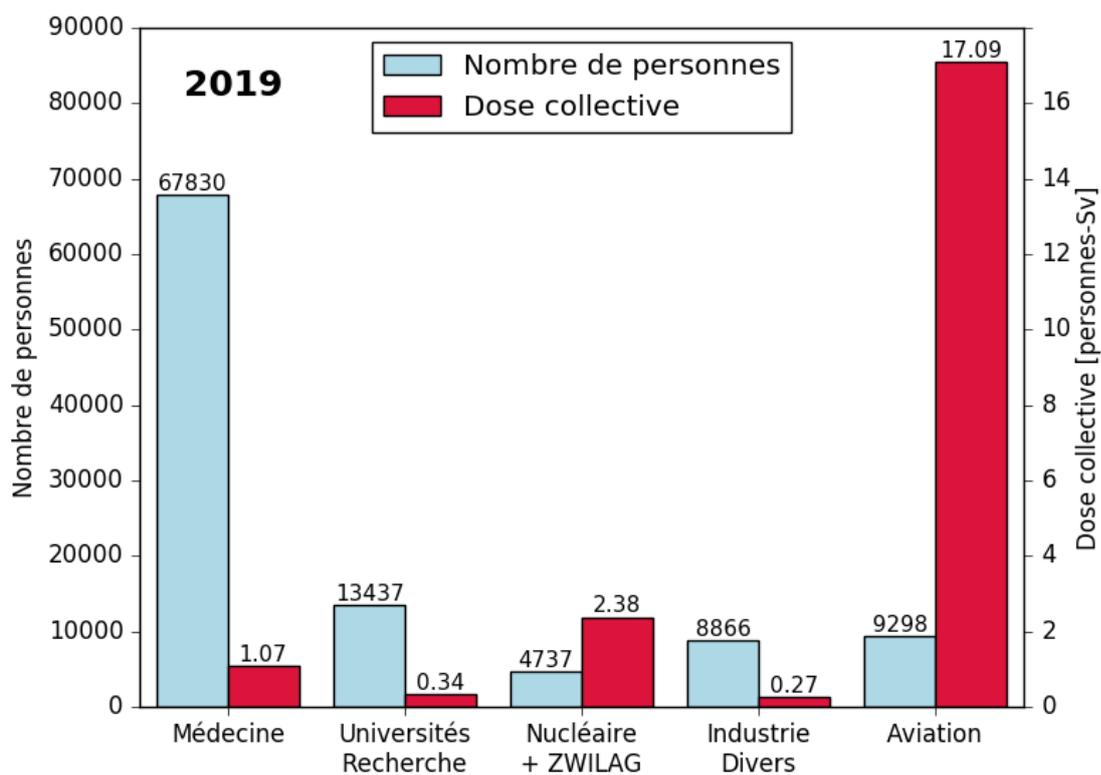


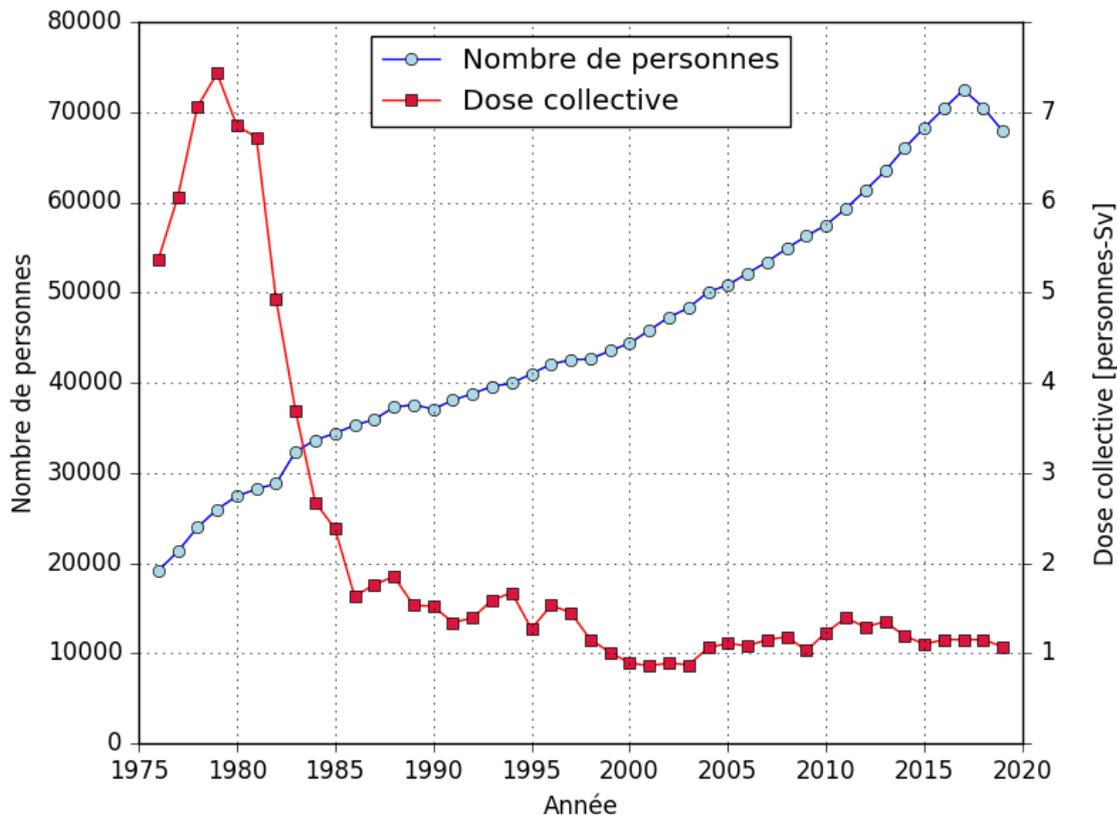
Figure 10: Nombre de personnes et doses collectives, tous les types d'irradiation



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**

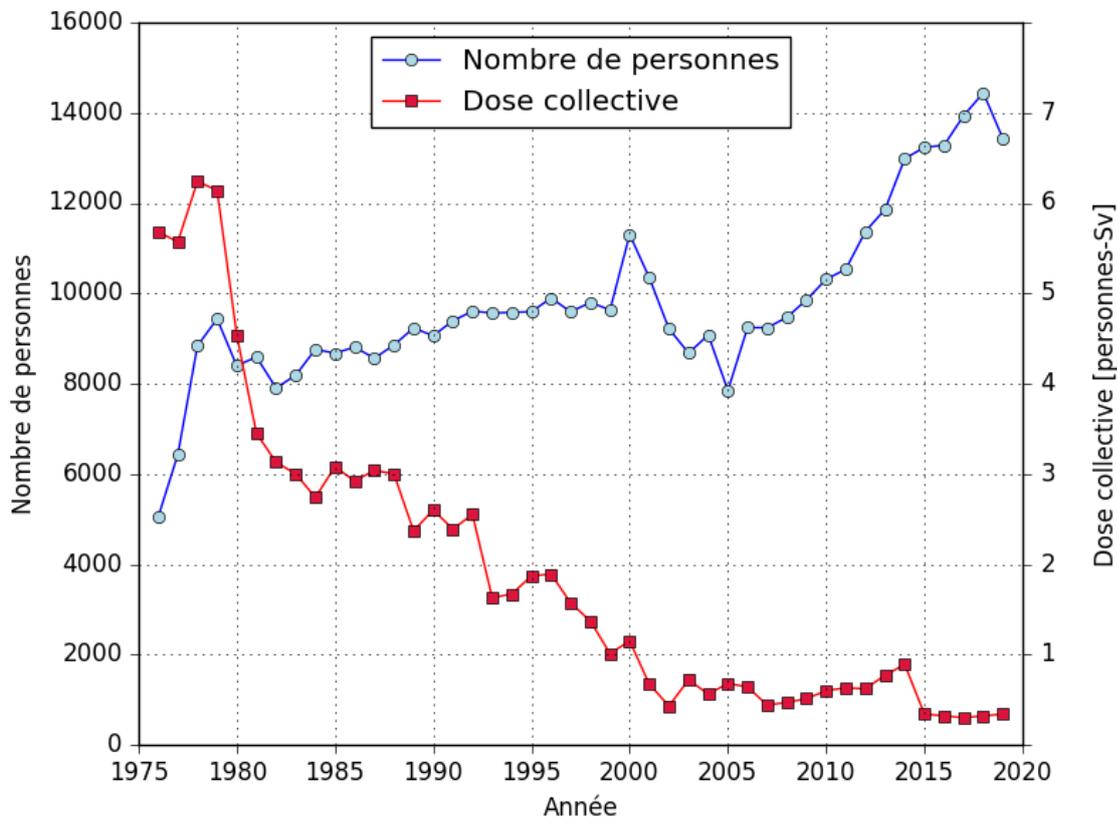


Figure 13: Irradiation externe depuis 1976 dans les centrales nucléaires et ZWILAG

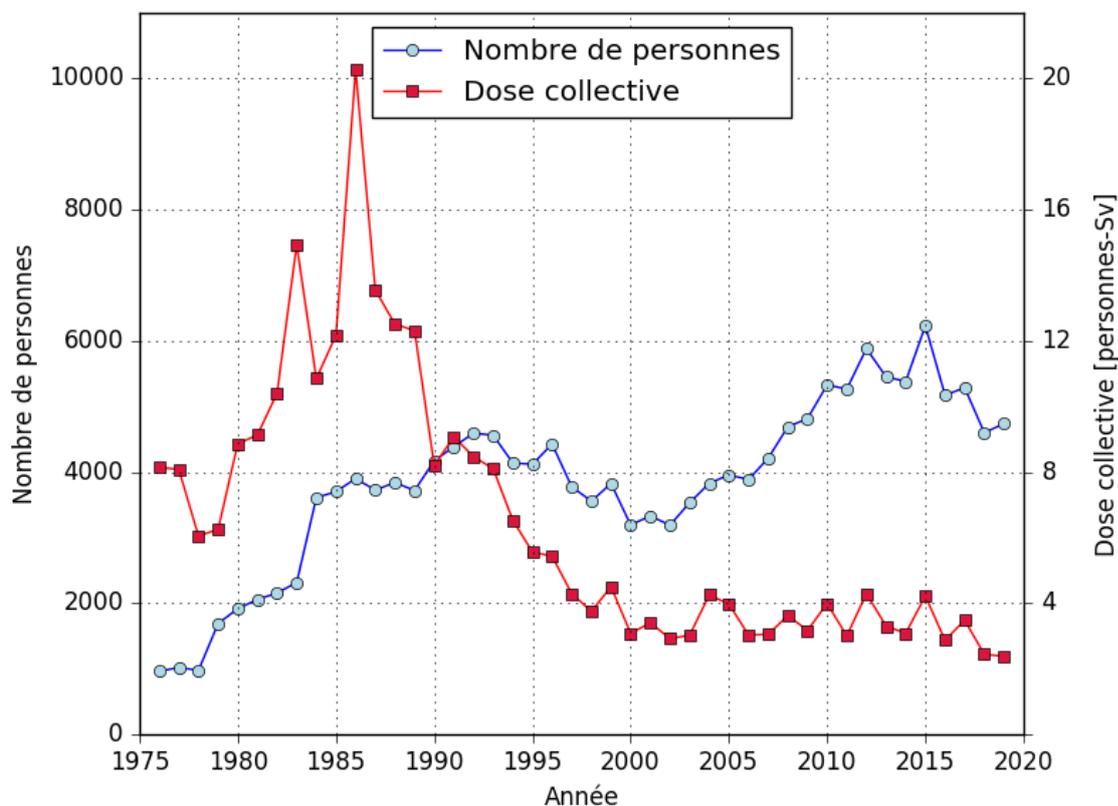
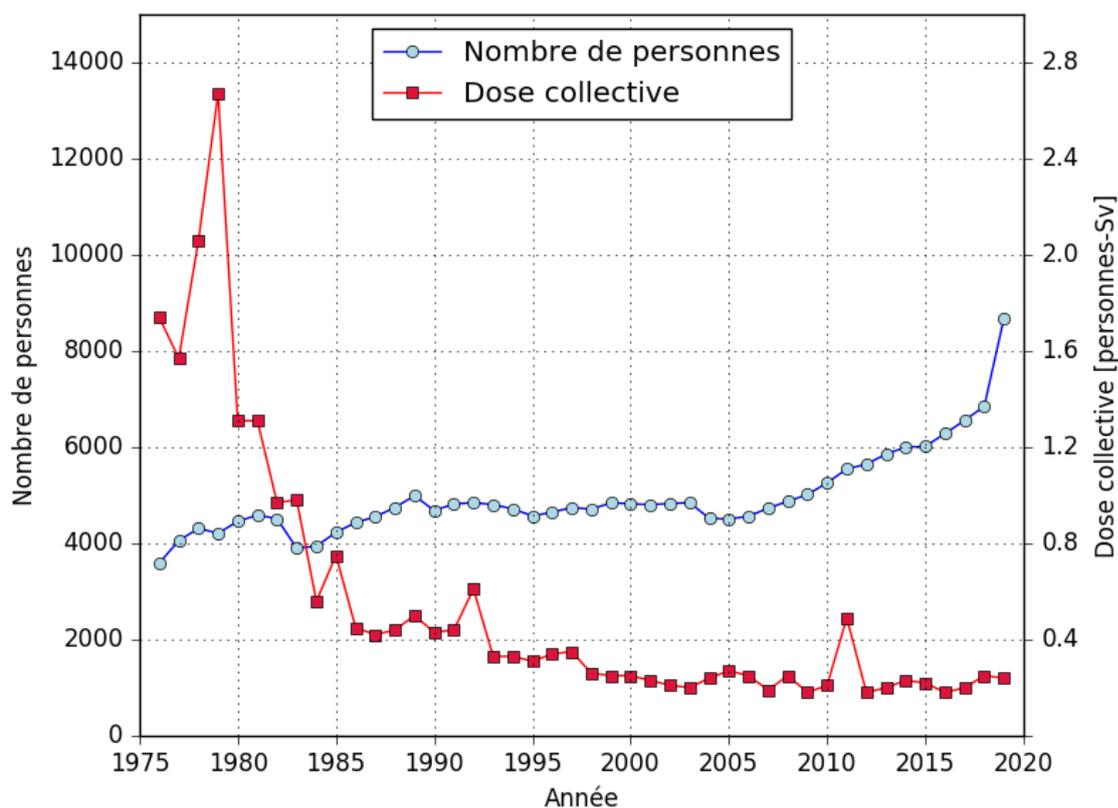
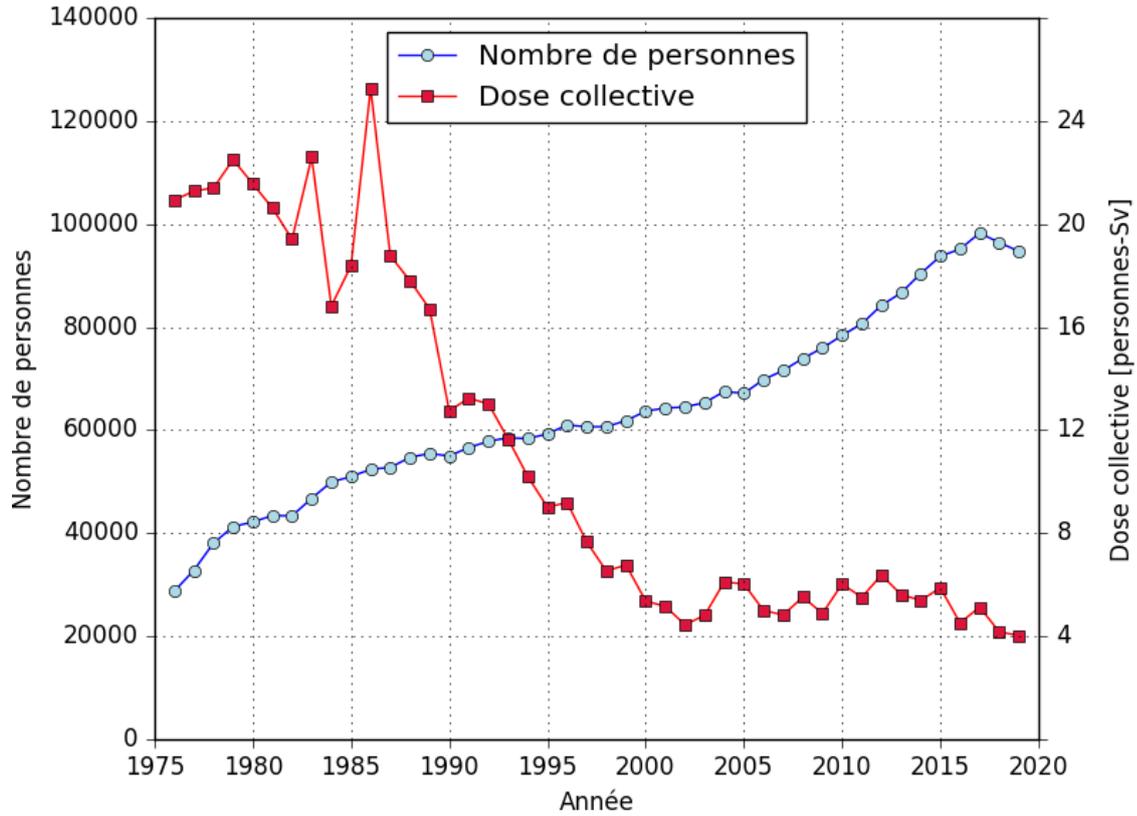


Figure 14: Irradiation externe depuis 1976 dans l'industrie et autres (commerce, services publics, etc.)



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



**Figure 16: Irradiation interne depuis 1995**

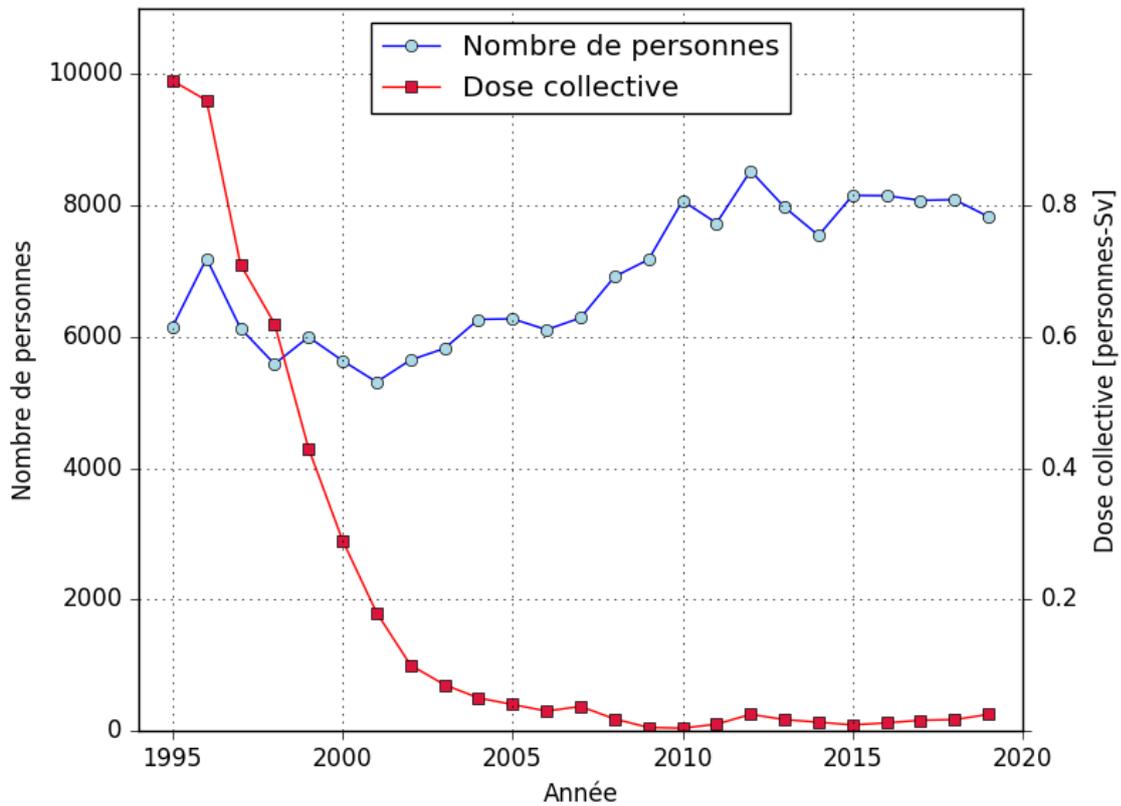


Figure 17: Doses aux mains : nombre de personnes depuis 1977

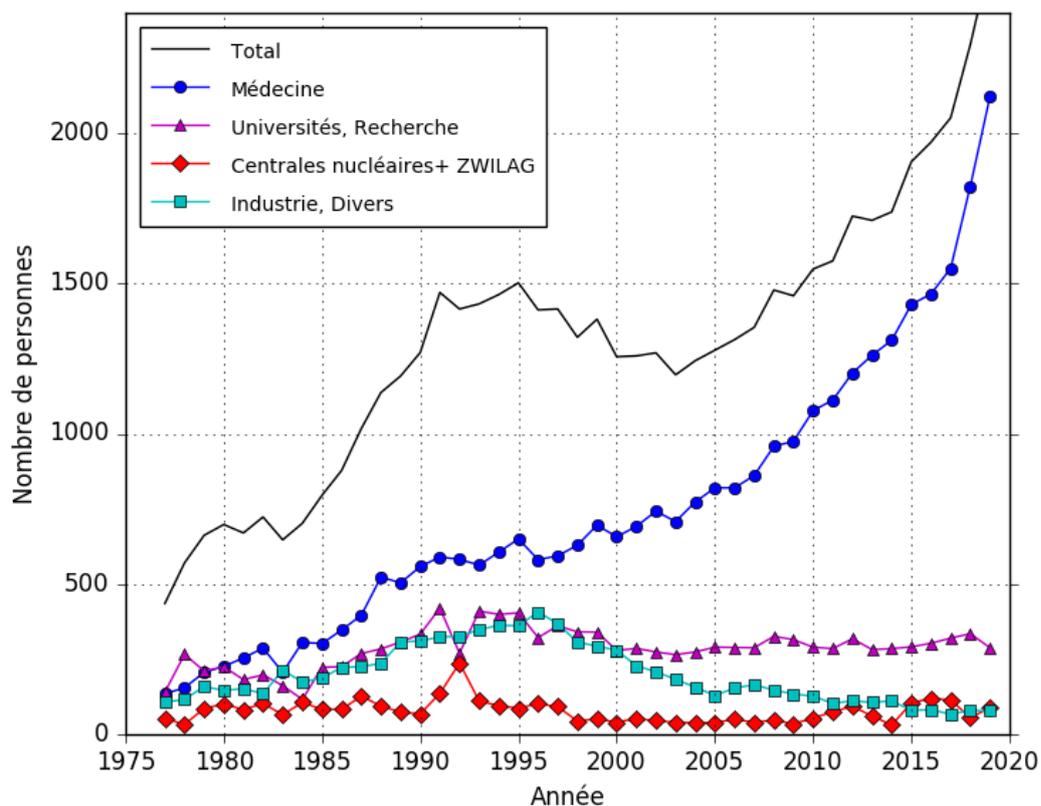


Figure 18: Doses aux mains élevées dans tous les secteurs d'activité depuis 1977

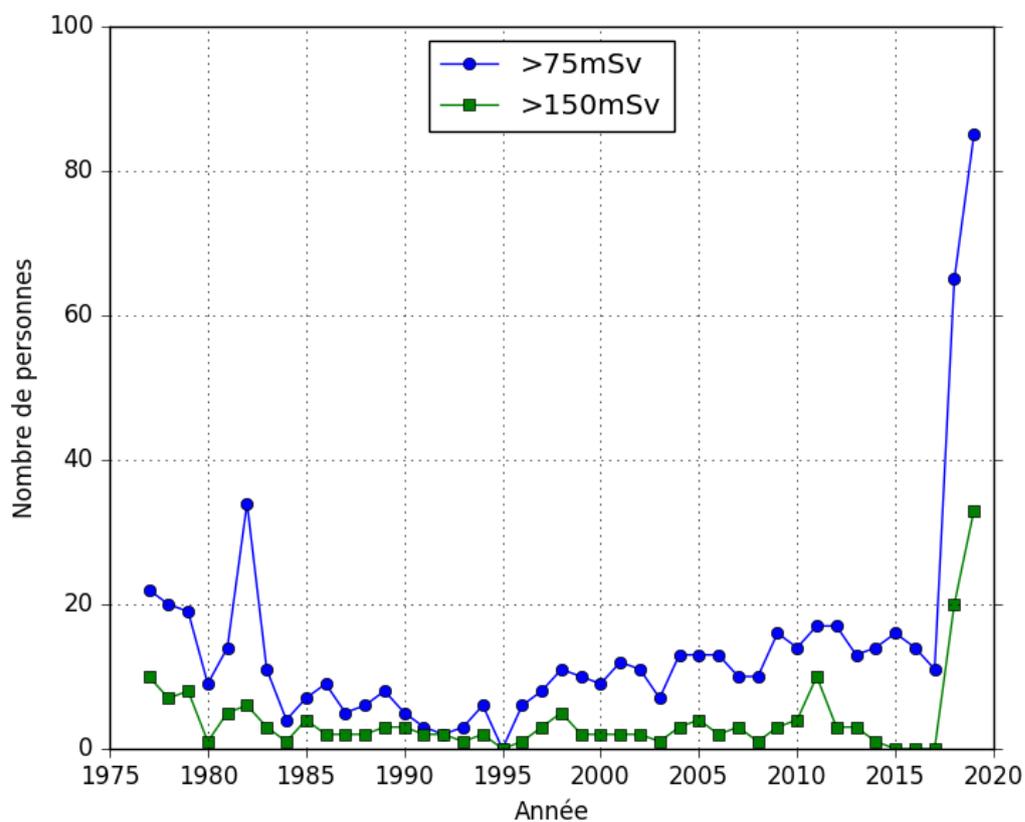


Figure 19: Doses efficaces supérieures à la limite annuelle de dose depuis 1995

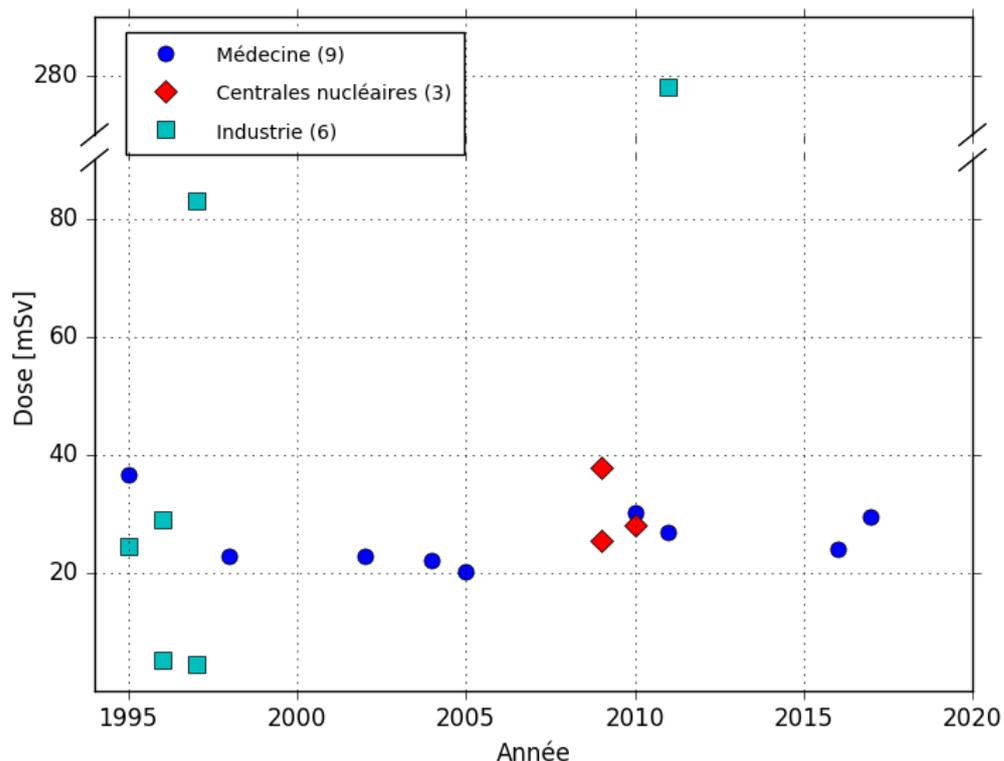


Figure 20: Doses aux extrémités supérieures à la limite annuelle de dose depuis 1995

