



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 2018

Rapport annuel 2017

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	6
6	Doses effectives dues aux irradiations externe et interne	7
7	Evénements particuliers et dépassements des limites de dose	7
8	Tendance des 41 dernières années	7
9	Révision de l'ordonnance sur la radioprotection	8
10	Remarques finales	9
11	Autres publications	9
	Tableaux	10
	Figures	20

1 Introduction

Le présent rapport annuel expose les résultats de la dosimétrie individuelle de l'irradiation externe et interne en Suisse pour l'année 2017, et montre l'évolution des 41 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.

Les doses de radiation accumulées annuellement par les personnes exposées dans l'exercice de leur profession sont enregistrées dans le registre des doses et le passeport dosimétrique (document dosimétrique personnel).

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 2017 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 effectives engagées, liées à l'incorporation de radionucléides, ont été déterminées en 2017 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 SA, 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.

3 Mesures d'intercomparaison

Selon l'art. de l'ordonnance du 22 juin 1994 sur la radioprotection (ORaP ; RS 814.501), les services de dosimétrie sont tenus de participer à des mesures d'intercomparaison. En 2017, l'Institut fédéral de métrologie (METAS) a été chargé de réaliser une intercomparaison pour la dosimétrie externe, en collaboration avec les autorités de surveillance. L'IRA a effectué les mesures d'intercomparaison pour la dosimétrie interne.

3.1 Dosimétrie externe

Pour la première fois, l'intercomparaison a été réalisée sous forme de « test à l'aveugle ». De cette façon, des dosimètres ont été évalués par échantillonnage pendant leur utilisation. Cette méthode a permis d'évaluer non seulement les seuils de tolérance fixés dans l'ordonnance du 7 octobre 1999 sur la dosimétrie (RS 814.501.43), mais également les notifications des services de dosimétrie individuelle aux entreprises et aux autorités de surveillance, conformément à l'ordonnance sur la radioprotection.

Un courrier informait en amont les services de dosimétrie participants que le test ne serait pas annoncé au préalable et qu'il serait effectué sur des dosimètres sélectionnés à l'aveugle, en dehors de l'exploitation de routine.

En octobre 2017, en collaboration avec un client de chaque service de dosimétrie, trois dosimètres ont été irradiés à une dose de rayonnement définie au préalable. Après l'irradiation, ils ont été réintégrés au processus d'évaluation usuel, mené chaque mois. Au sein des services de dosimétrie des centrales nucléaires, seuls les dosimètres personnels de collaborateurs de l'IFSN ont été testés. Avant leur irradiation, ces dosimètres ont été récupérés auprès des services de dosimétrie, par un collaborateur de l'IFSN, sans annonce préalable. Les services de dosimétrie ont été informés que les dosimètres ont été saisis en vue d'un test à l'aveugle.

De manière générale, les résultats des mesures de comparaison menées sous la forme de tests à l'aveugle sont comparables à ceux des mesures normales effectués les années précédentes. Il convient toutefois de souligner que parmi les 66 mesures évaluées (3 dosimètres provenant de 11 services de dosimétrie avec à chaque fois 2 valeurs mesurées), 6 se situent en dehors des valeurs tolérées, un résultat plus élevé que les années précédentes. Il se peut que cette situation reflète les conditions de la mesure d'intercomparaison, qui correspondent plus à la réalité. Par ailleurs, un

service de dosimétrie n'a pas observé le devoir de notification, inscrit dans l'ORaP, envers son client et doit en conséquence revoir ses processus internes.

3.2 Dosimétrie interne

La mesure d'intercomparaison pour la dosimétrie individuelle interne a été réalisée par l'IRA. Les trois services de dosimétrie participants devaient en outre déterminer l'activité d'échantillons d'iode 125 et d'iode 131 et calculer la dose effective engagée E_{50} selon des scénarios prédéfinis. En raison des difficultés d'acquisition d'un nucléide, le test a dû être reporté à avril 2018.

Pour deux services de dosimétrie, les résultats déclarés pour certaines activités étaient de plus de 20 % inférieurs à la valeur de référence et ne respectaient donc pas les exigences visées à l'art. 39 de l'ordonnance sur la dosimétrie. Par conséquent, les doses effectives engagées E_{50} ainsi déterminées étaient sous-estimées.

Cependant, la plupart des résultats satisfaisaient aux exigences de l'ordonnance sur la dosimétrie ; tous les résultats d'un service de dosimétrie se situaient dans la fourchette autorisée de 20 %.

L'autorité chargée de la surveillance analysera auprès des deux services de dosimétrie pourquoi l'activité a été déterminée de manière erronée et quelles sont les actions correctives à entreprendre.

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 PADG). En 2017, aucune des 7799 doses neutroniques enregistrées n'était supérieure à 1 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 augmenté par rapport à l'année précédente, passant de 95 142 en 2016 à 98 248 en 2017. La plupart des personnes nouvellement exposées travaillent dans le domaine médical.

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 5,13 personnes-Sv en 2017 (contre 4,52 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. En médecine, la dose collective s'est stabilisée durant ces douze dernières années, alors que le nombre de personnes soumises à un contrôle dosimétrique dans ce secteur augmente chaque année.

Les contributions des différents secteurs d'activité à la dose collective sont les suivantes : centrales nucléaires (68 %), médecine (22 %), recherche (6 %), industrie, commerce, services publics et autres (4 %). 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 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) provenaient du milieu hospitalier (tableau 2), notamment de la radiologie interventionnelle et de la cardiologie, ainsi que des centrales nucléaires. Durant l'année sous revue, un dépassement de la valeur limite d'une dose au corps entier (chap. 7) 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 dose aux mains la plus élevée était de 136 mSv.

Dans le secteur médical, certaines personnes ont accumulé des doses aux mains relativement élevées (tableau 3). Celles-ci provenaient avant tout des services de médecine nucléaire, où l'on travaille avec des sources non scellées, et de la radiologie interventionnelle. 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).

Depuis le 1^{er} janvier 2018, le facteur de correction en vigueur pour la dose aux mains est de x5 pour les travaux avec sources non scellées. Avec un tel facteur, certaines des doses mesurées durant l'année sous revue auraient été supérieures à la valeur limite annuelle. En tant qu'autorité responsable de la surveillance, l'OFSP va aider les personnes et entreprises concernées à mettre en place des mesures d'optimisation.

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 effective engagée E_{50} .

Des mesures de tri ont été effectuées dans les entreprises concernées auprès de 6650 personnes environ afin de vérifier si elles avaient incorporé des produits radioactifs (cf. tableau 4).

En 2017, on a effectué des mesures d'incorporation et déterminé la dose effective engagée E_{50} pour 527 personnes. Les résultats de ces mesures sont indiqués dans le tableau 4 en fonction des divers secteurs d'activité. La dose effective engagée maximale était de 3,7 mSv.

Le graphique 7 indique la répartition des doses internes. La dose collective, qui était de 0,016 personne-Sv, est donc au niveau de celle de l'année précédente. Elle provient principalement des incorporations de tritium dans les entreprises de peinture luminescente dans l'industrie horlogère.

6 Doses effectives dues aux irradiations externe et interne

La dose effective est réputée égale à la somme de la dose individuelle en profondeur Hp(10) par irradiation externe et de la dose effective engagée E_{50} par irradiation interne.

La répartition des doses effectives est présentée dans le tableau 5 et au graphique 8. Le nombre total de toutes les personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession est de 98 440 (année précédente : 95 389). Ne sont pas comprises les personnes qui sont exclusivement surveillées par des mesures de tri. La dose collective totale était de 5,14 personnes-Sv (année précédente : 4,53 personnes-Sv). Le graphique 9 indique la répartition des doses dans les différents secteurs d'activité.

Les incorporations ne représentent que 0,3 % de la dose collective totale. Les doses provenaient pour l'essentiel de l'industrie, où les incorporations ont contribué pour 9 % de la dose collective.

7 Événements particuliers et dépassements des limites de dose

Dans le cadre de son activité de surveillance, l'OFSP a constaté, durant l'année sous revue, un dépassement de la valeur limite annuelle en ce qui concerne la dose au corps entier. L'évaluation d'un dosimètre d'une infirmière travaillant au service des urgences d'un hôpital a révélé une dose au corps entier de 29,6 mSv. L'enquête qui a suivi n'a pas permis d'identifier un scénario d'exposition conduisant à une telle dose individuelle ou à une irradiation du dosimètre seul. Les doses mensuelles ultérieures n'ont révélé aucune valeur supérieure à 0 mSv. Bien qu'il soit peu probable que la personne ait été exposée au rayonnement mesuré, la dose a été saisie dans le registre dosimétrique central.

8 Tendances des 41 dernières années

Les doses collectives dues à l'irradiation externe des personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession ont nettement diminué durant les 41 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 5,14 personnes-Sv (cf. tableau 6 et graphique 14). Et 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 plus de 98 000.

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 et 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 10 à 13). 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.

Depuis l'an 2000, la dose collective augmente légèrement dans le secteur médical, principalement à cause de l'accroissement annuel de l'effectif dans ce secteur (environ 2000 personnes). Le graphique 12 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 effectives 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 15). 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 41 dernières années (graphique 16). En 1977, ce nombre s'élevait à 135 ; en 2017, 1550 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 17). Ces doses annuelles élevées ont été principalement enregistrées dans les secteurs de la médecine nucléaire et de la radiologie interventionnelle.

9 Révision de l'ordonnance sur la radioprotection

Le Conseil fédéral a adopté la révision de l'ordonnance sur la radioprotection en avril 2017. Elle est entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2018, en même temps que l'ordonnance révisée sur la dosimétrie.

Cette entrée en vigueur entraîne de nouveaux défis pour les entreprises, notamment en ce qui concerne l'utilisation de certaines sources non scellées, étant donné qu'un nouveau facteur de correction doit être appliqué à la surveillance dosimétrique des mains dans ce domaine. Il est à prévoir qu'il y aura davantage de doses aux mains qui se rapprocheront de la valeur limite annuelle de 500 mSv. Pour pouvoir respecter cette valeur, des mesures d'optimisation supplémentaires seront nécessaires.

Une nouvelle valeur limite, plus basse (20 mSv par année), appliquée au cristallin, a été reprise de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR). Pour les cas normaux, la grandeur dosimétrique $H_p(0,07)$ mesurée avec le dosimètre du corps entier, permet de garantir le respect de cette valeur limite. Toutefois, l'autorité de surveillance peut exiger, dans les cas particuliers, un dosimètre du cristallin spécial. Pour le personnel médical travaillant dans le domaine des doses élevées, la surveillance dosimétrique du cristallin se fera par le biais d'un second dosimètre porté sur le tablier de protection. Pour mettre en œuvre la surveillance du cristallin, un délai transitoire d'une année est accordé.

La répartition des travailleurs exposés au rayonnement dans des catégories A et B a été reprise de la directive 2013/59/Euratom (Basic Safety Standards) ; les deux catégories restent soumises au contrôle dosimétrique mensuel. Conformément à la nouvelle ORaP, les doses reçues par le personnel

navigant doivent être déterminées par calcul. Ces données seront enregistrées dans le registre dosimétrique central.

Le personnel travaillant dans des cabinets dentaires n'est plus considéré comme professionnellement exposé, si bien qu'il n'est plus tenu de porter un dosimètre, dans la mesure où il ne travaille qu'avec de petites installations dentaires à rayon X fixes.

Les entreprises n'ont dorénavant plus besoin de compléter le document dosimétrique jaune (passeport dosimétrique). Les titulaires de l'autorisation sont cependant tenus de remettre aux personnes concernées un récapitulatif écrit de toutes les doses reçues une fois leur contrat de travail terminé.

Depuis l'entrée en vigueur de la nouvelle ORaP, l'OFSP gère un format uniforme pour la transmission des données à ce registre.

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 ce, malgré l'augmentation continue du nombre de travailleurs exposés professionnellement aux radiations. La part de l'irradiation interne dans la dose collective est restée extrêmement faible ces quinze dernières années.

Les résultats de l'intercomparaison effectuée comme « test à l'aveugle » en 2017 montrent que les services de dosimétrie reconnus en Suisse assurent une dosimétrie fiable et de qualité, aussi en conditions de routine.

Les nouvelles exigences légales relatives à la surveillance dosimétrique en vigueur depuis le 1^{er} janvier 2018 visent avant tout à améliorer la protection des travailleurs exerçant des activités pouvant entraîner des doses élevées au niveau du corps entier, du cristallin ou des mains, et ce en particulier dans le secteur médical.

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 2017

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	β, γ, X	DIS	9400	β, γ, X	DIS	9400	β, γ, X	TLD	100
	n	PADC	6200						
Dosilab	β, γ, X	TLD	44 000	β, γ, X	TLD	44 000	β, γ, X	TLD	800
IRA	β, γ, X	TLD	11 000	β, γ, X	TLD	11 000	β, γ, X	TLD	290
KKB	β, γ, X	DIS	1500	β, γ, X	DIS	1500			
KKG	β, γ, X	DIS	1300	β, γ, X	DIS	1300			
KKL	β, γ, X	DIS	2300	β, γ, X	DIS	2300			
KKM	β, γ, X	TLD	1200	β, γ, X	TLD	1200			
PEDOS	β, γ, X	TLD	16 000	β, γ, X	TLD	16 000	β, γ, X	TLD	360
PSI	β, γ, X	RPL, DIS	2100	β, γ, X	RPL, DIS	2100	β, γ, X	TLD	160
	n	PADC	1500						
Suva	β, γ, X	TLD	15 000	β, γ, X	TLD	15 000	β, γ, X	TLD	280
X-Dos	β, γ, X	TLD	2900	β, γ, X	TLD	2900			

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 2017

Service	Méthode	Rayonnement	Détecteur	Nucléides	Nombre de 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	20
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	14
		β	PC	Sr-90	
	Urine, selles	α	Si	Po-210, Ra-226, U-234, U-235, U-238, Pu-239, Am-241	
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	
mb-microtec	Urine	β	Scint	H-3	64
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	270
	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	40
	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	150

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 2017 : 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	31091	19194	1054	18431	12570	2802	1979	601	3636	91358
0.1– 1.0	1565	343	73	464	1345	1504	100	27	162	5583
1.1 – 2.0	115	7	7	9	17	420	24	1	2	602
2.1 – 3.0	51	4	2		4	209	14			284
3.1 – 4.0	28		1	1		138	3			171
4.1 – 5.0	5	3	1			72	5			86
5.1 – 6.0	9					56	1			66
6.1 – 7.0	5					40	1			46
7.1 – 8.0	4					17	2			23
8.1 – 9.0						10				10
9.1 -10.0	1					8				9
10.1-11.0						3				3
11.1-12.0	1					2				3
12.1-13.0						2				2
13.1-14.0										
14.1-15.0						1				1
15.1-16.0										
16.1-17.0										
17.1-18.0										
18.1-19.0										
19.1-20.0										
20.1 – 50.0	1									1
> 50.0										
Total	32876	19551	1138	18905	13936	5284	2129	629	3800	98248
Dose collective [personnes-Sv]	0.92	0.10	0.04	0.09	0.30	3.48	0.16	0.01	0.03	5.13

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 2017: nombre de personnes

Intervalle de dose [mSv]	Médecine	Universités, Recherche	Centrales nucléaires et ZWILAG	Industrie	Total
= 0	721	259	55	27	1062
0.1 - 25.0	738	59	59	39	895
25.1 - 50.0	66	1		1	68
50.1 - 75.0	14	1			15
75.1 - 100.0	7				7
100.1 - 125.0	2				2
125.1 - 150.0	2				2
150.1 - 175.0					
175.1 - 200.0					
200.1 - 500.0					
> 500.0					
Total	1550	320	114	67	2051

Tableau 4: Doses effectives engagées en 2017 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	283		62	149	512
0.1– 1.0			1	7		8
1.1 – 2.0				5		5
2.1 – 3.0				1		1
3.1 – 4.0				1		1
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	283	1	76	149	527
Dose collective [personnes-Sv]	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000	0.016
Nucléides avec E ₅₀ > 1 mSv				³ H		
Nombre de personnes avec mesures de tri ¹	1000	200	5300		150	6650

¹ Estimation

Tableau 5: Doses effectives par irradiations externe et interne en 2017: 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	Total
= 0	31094	19194	1054	18431	12575	2802	2150	600	3636	91536
0.1– 1.0	1565	343	73	464	1345	1504	107	27	162	5590
1.1 – 2.0	115	7	7	9	17	420	29	1	2	607
2.1 – 3.0	51	4	2		4	209	15			285
3.1 – 4.0	28		1	1		138	4			172
4.1 – 5.0	5	3	1			71	5			85
5.1 – 6.0	9					57	1			67
6.1 – 7.0	5					40	1			46
7.1 – 8.0	4					17	2			23
8.1 – 9.0						10				10
9.1 -10.0	1					8				9
10.1-11.0						3				3
11.1-12.0	1					2				3
12.1-13.0						2				2
13.1-14.0										
14.1-15.0						1				1
15.1-16.0										
16.1-17.0										
17.1-18.0										
18.1-19.0										
19.1-20.0										
20.1 – 50.0	1									1
> 50.0										
Total	32879	19551	1138	18905	13941	5284	2314	628	3800	98440
Dose collective [personnes-Sv]	0.92	0.10	0.04	0.09	0.30	3.48	0.17	0.01	0.03	5.14

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

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

* 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

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	Deux personnes, révision
			E = 25.4 mSv	
2010	Centrale nucléaire	γ	E = 28 mSv	Homme-grenouille, révision
	Hôpital		H _{extr} = 7500 mSv	
	Hôpital		E = 30.2 mSv	
2011	Hôpital	Y-90	H _{extr} = 1000 mSv	Recherche médicale
	Hôpital	X	E = 27 mSv	Cardiologie, radioscopie
	Hôpital	Y-90	H _{extr} = 2000 mSv	Médecine nucléaire, contamination
2012	Industrie	e ⁻ , γ	E = 278 mSv	appareil à faisceau d'électrons
			E = 278 mSv	
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

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

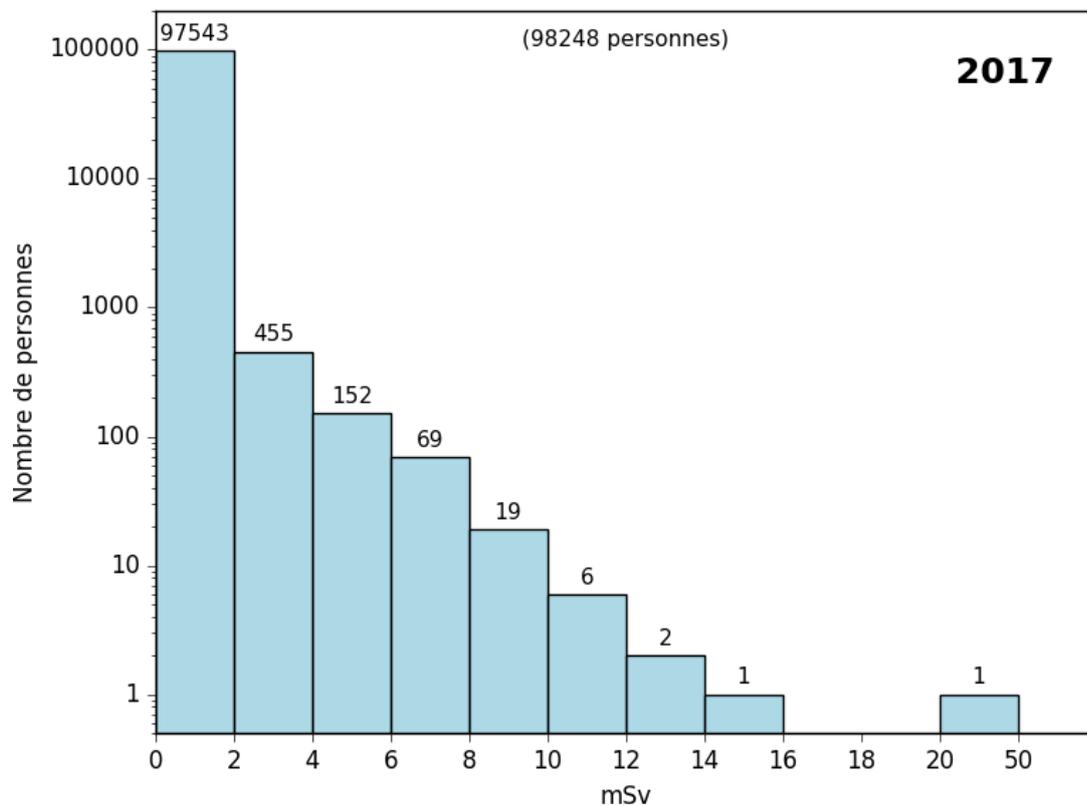


Figure 2: Doses individuelles en profondeur par irradiation externe en médecine

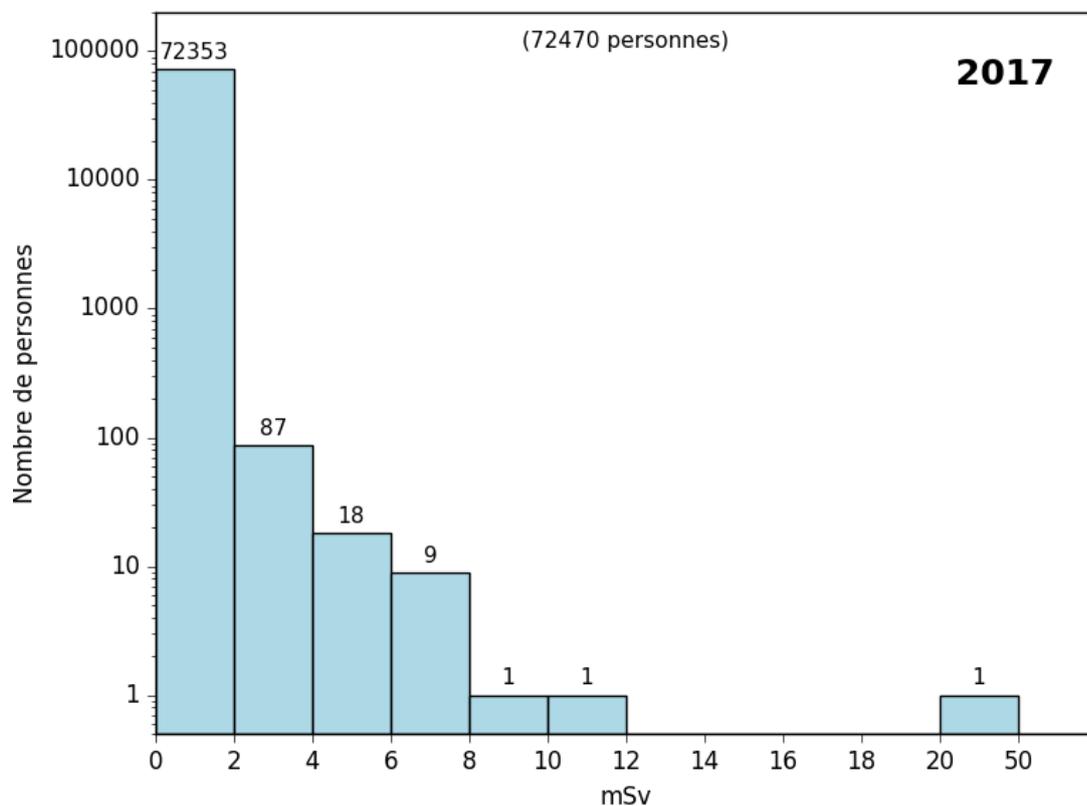


Figure 3: Doses individuelles en profondeur par irradiation externe dans les universités et la recherche

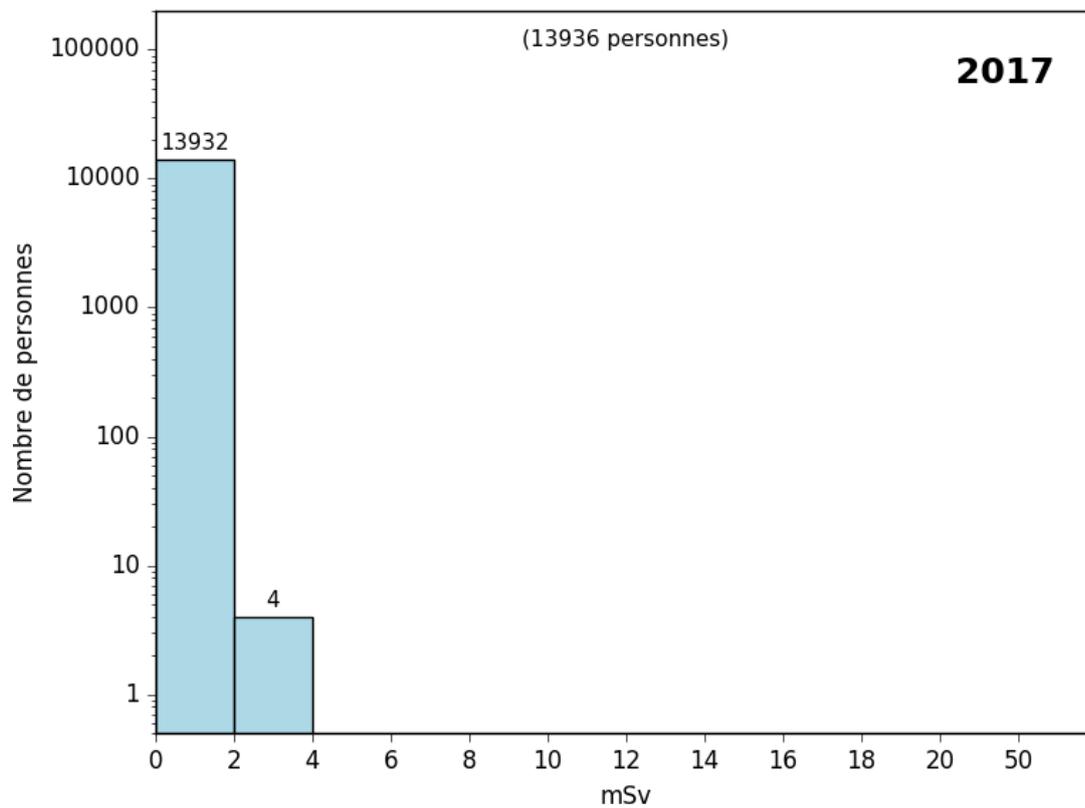


Figure 4: Doses individuelles en profondeur par irradiation externe dans les centrales nucléaires et ZWILAG

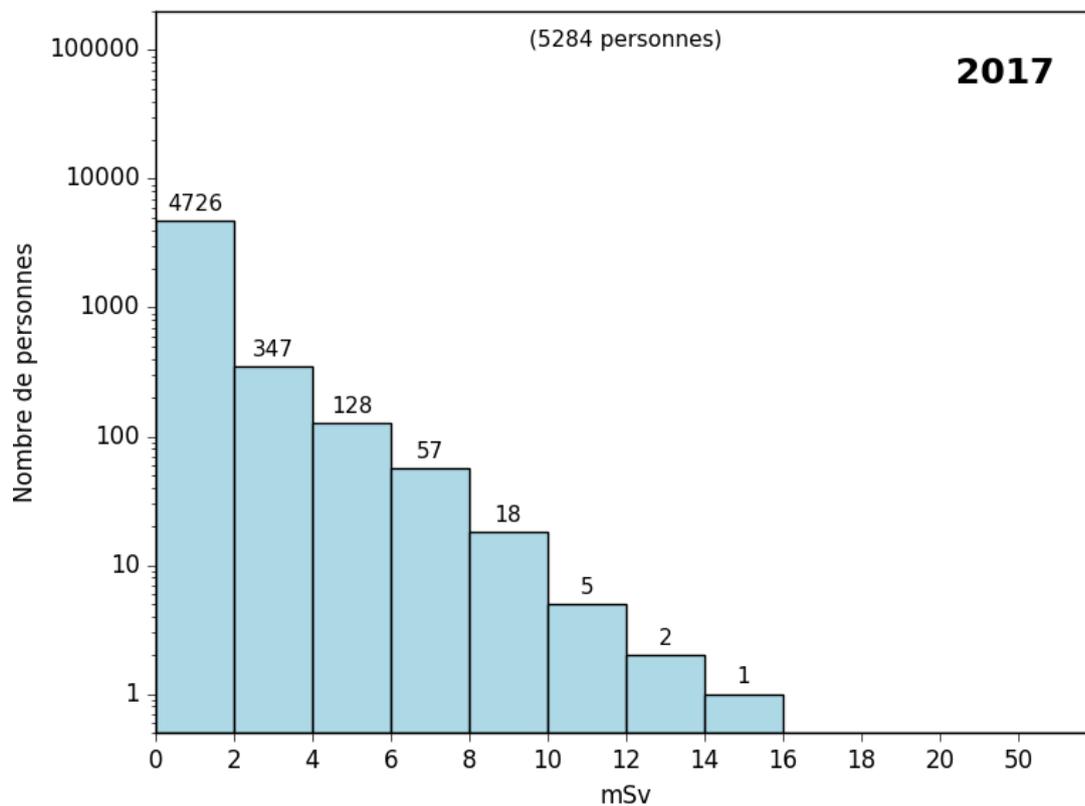


Figure 5: Doses individuelles en profondeur par irradiation externe dans l'industrie et autres (commerce, services publics, etc.)

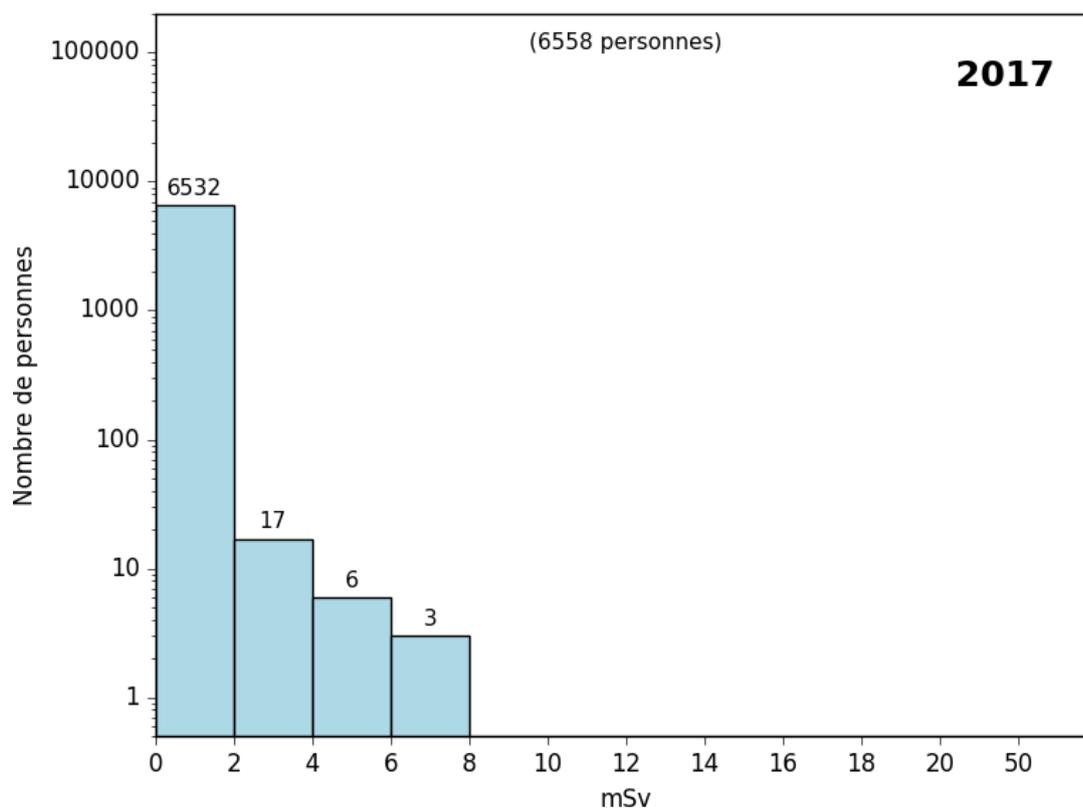


Figure 6: Doses aux mains dans tous les secteurs d'activité

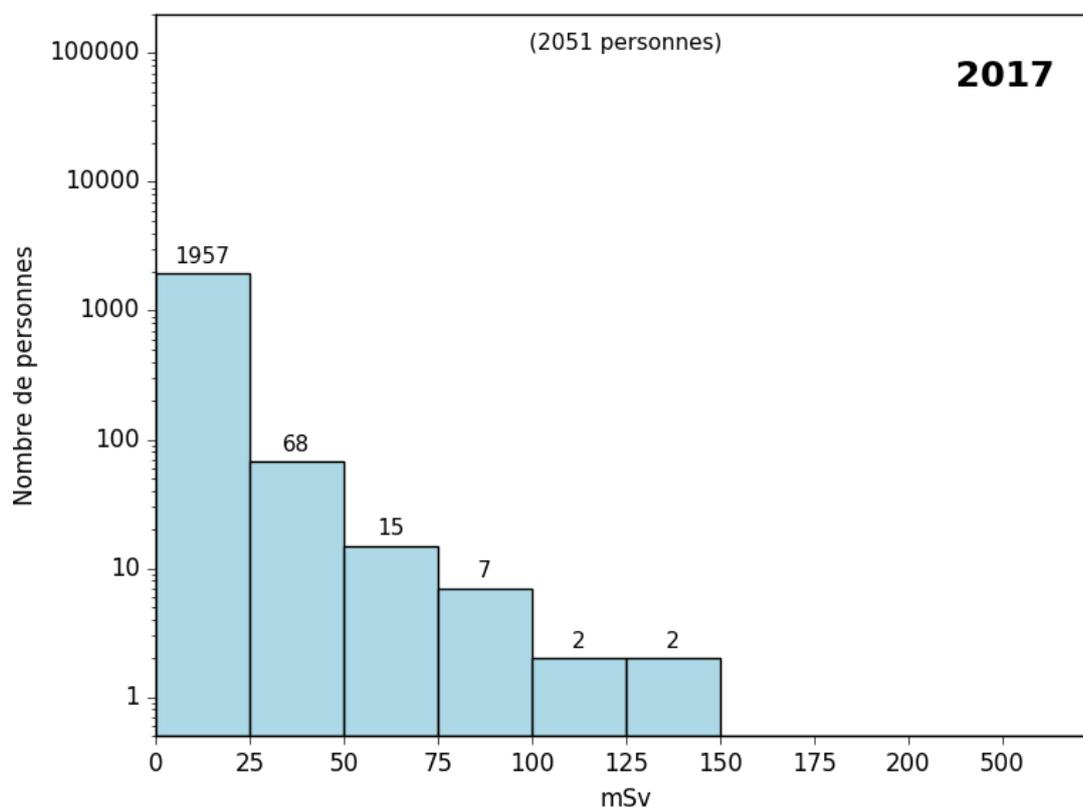


Figure 7: Doses efficaces engagées par irradiation interne

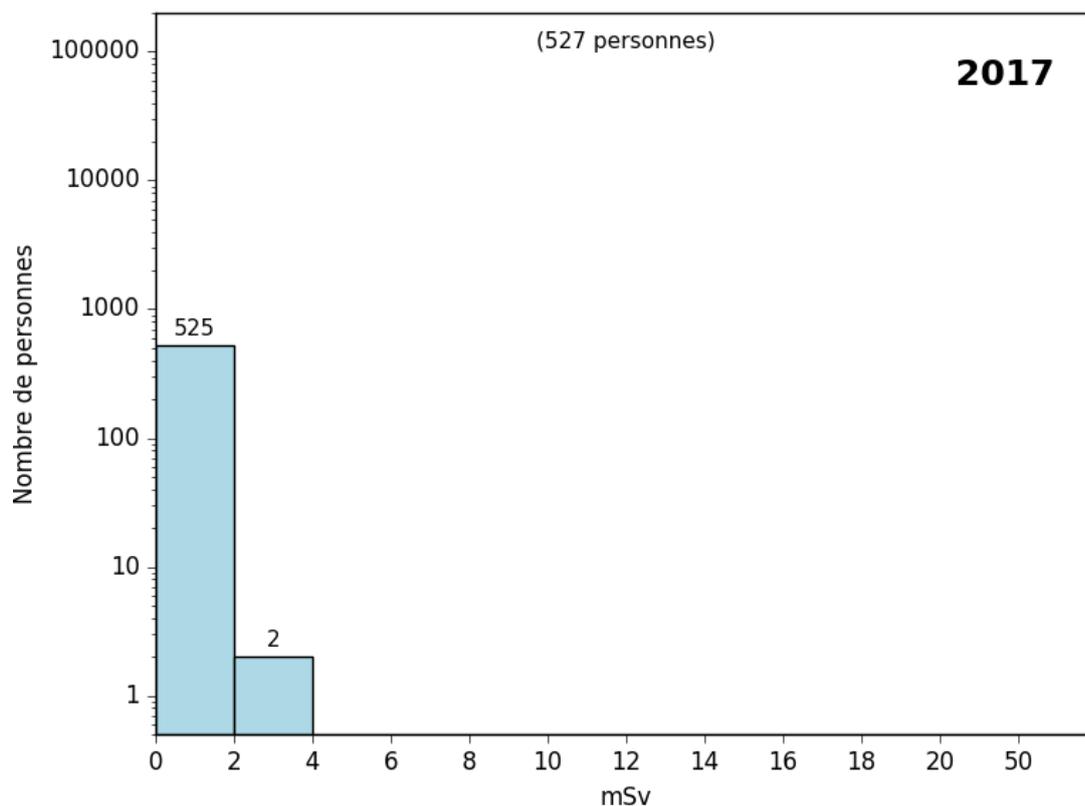


Figure 8: Doses efficaces par irradiation externe et interne dans tous les secteurs d'activité

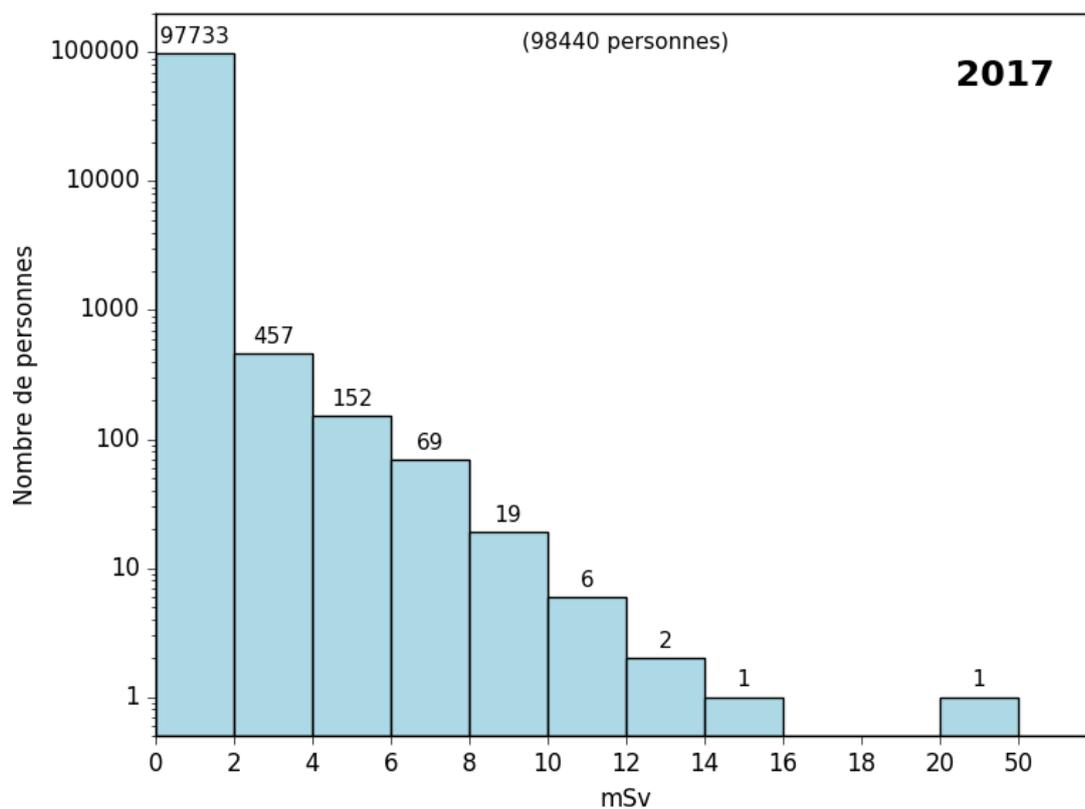


Figure 9: Nombre de personnes et doses collectives, irradiation externe et interne

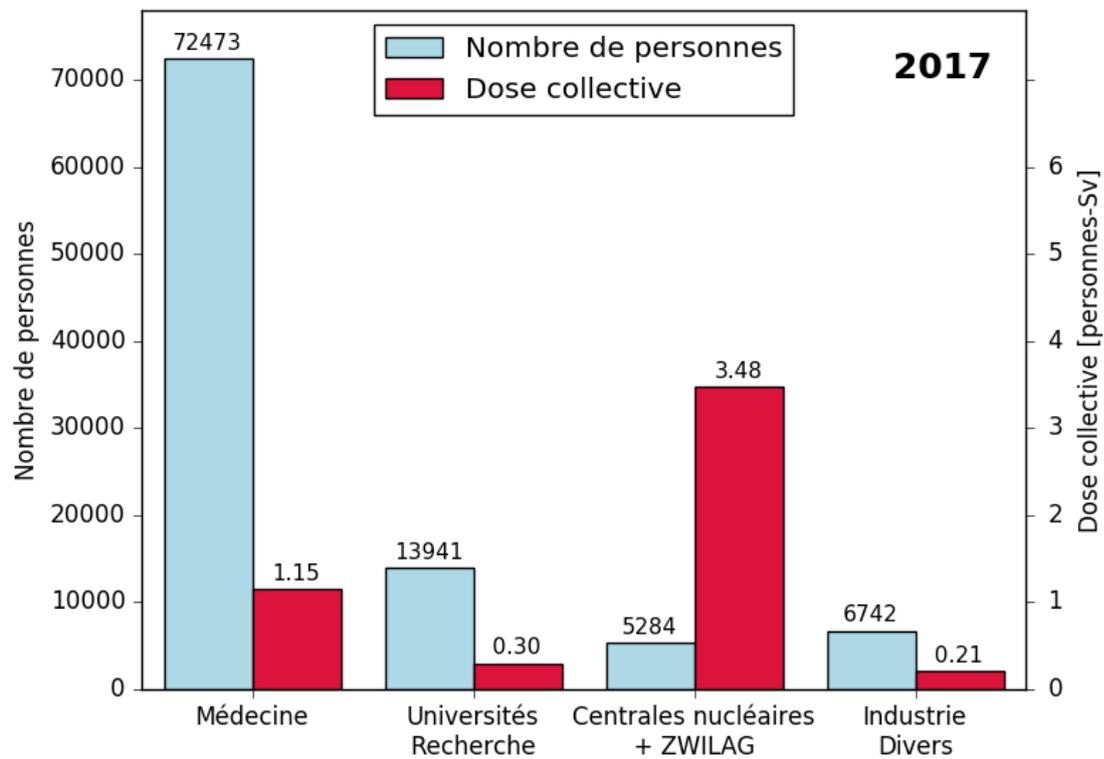


Figure 10: Irradiation externe depuis 1976 en médecine

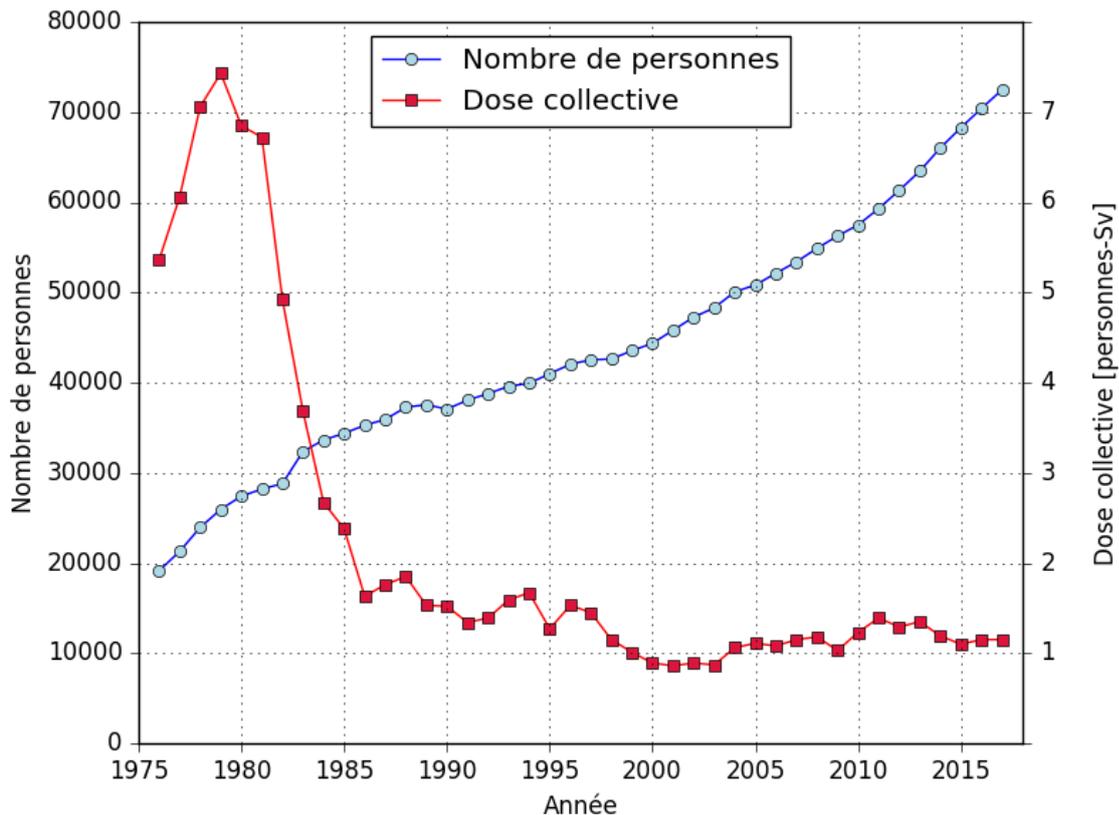


Figure 11: Irradiation externe depuis 1976 dans les universités et la recherche

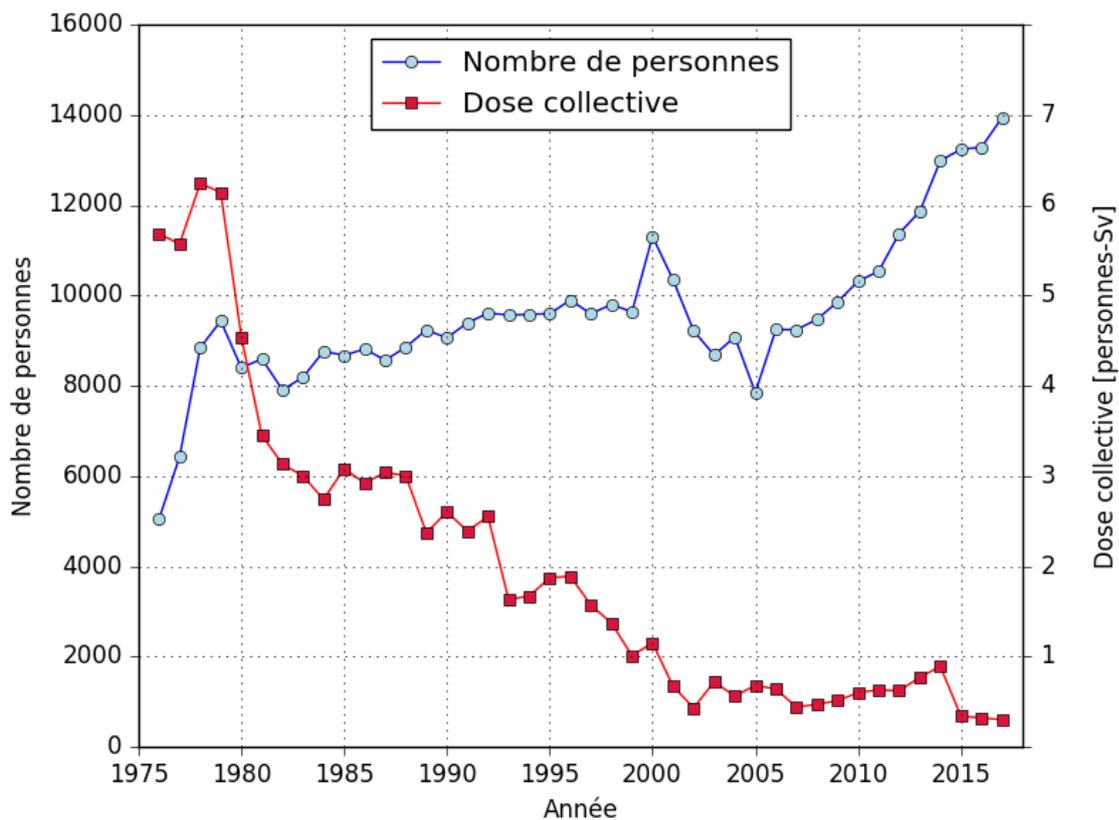


Figure 12: Irradiation externe depuis 1976 dans les centrales nucléaires et ZWILAG

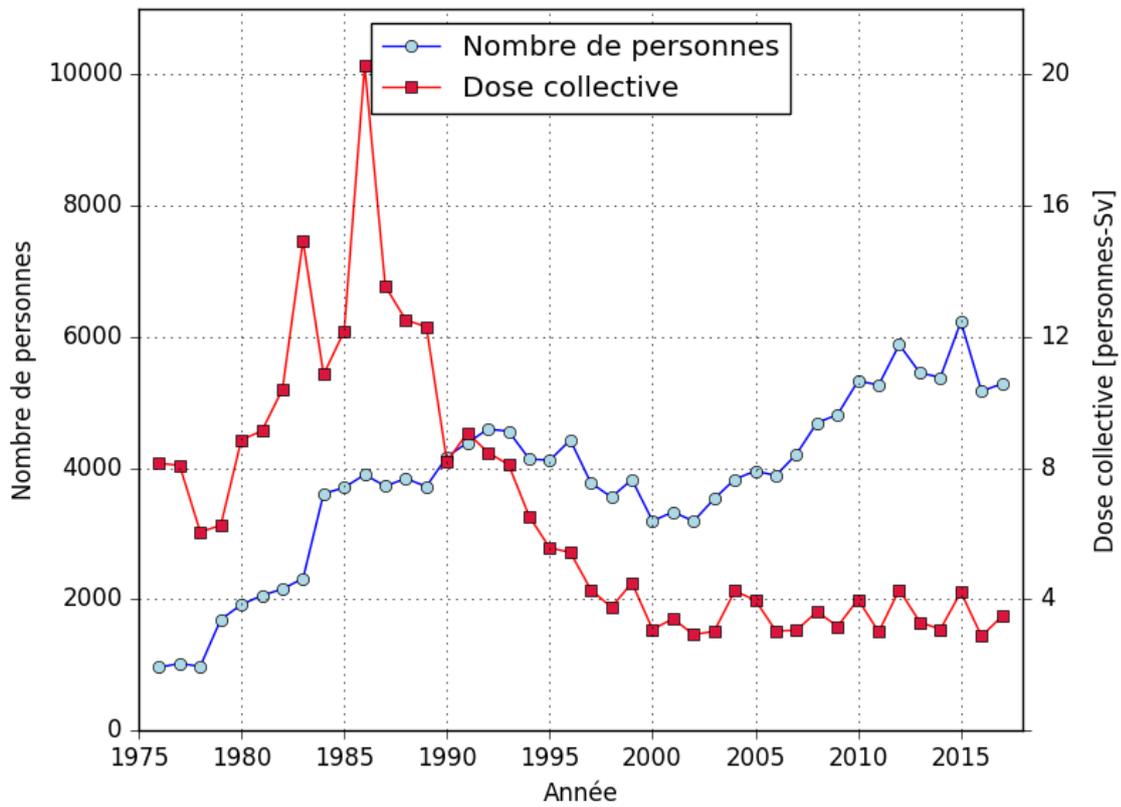


Figure 13: Irradiation externe depuis 1976 dans l'industrie et autres (commerce, services publics, etc.)

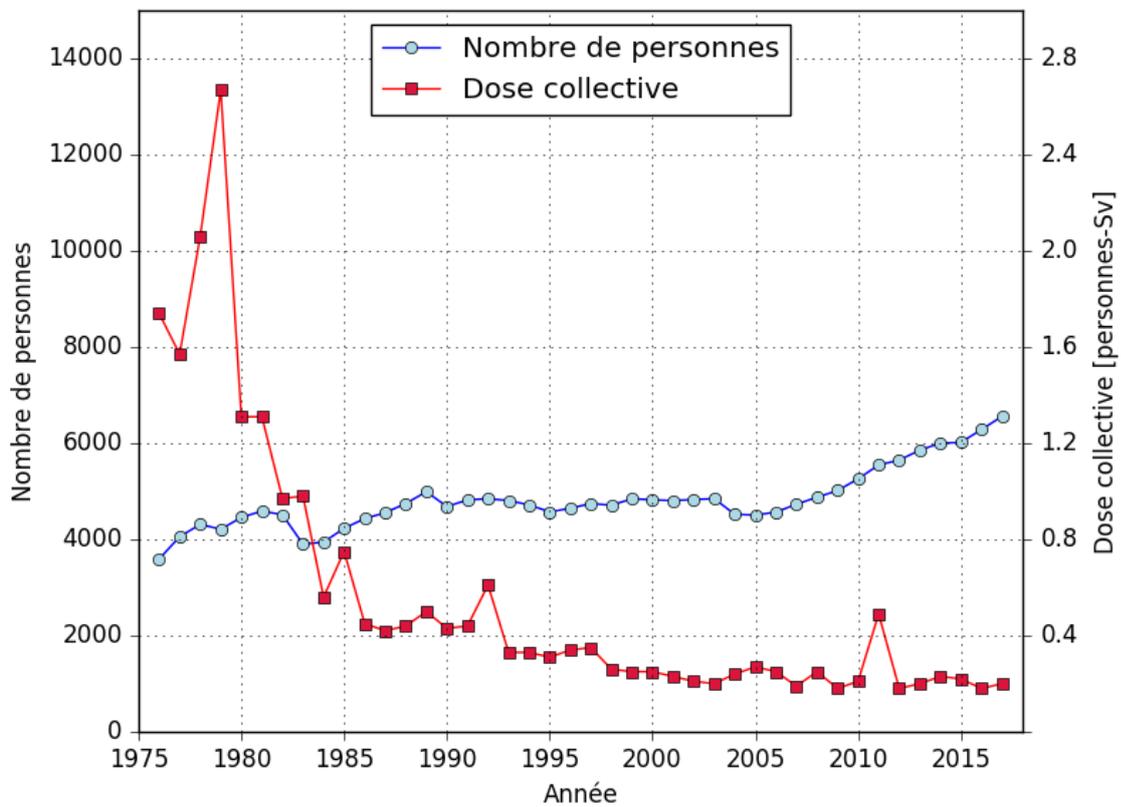


Figure 14: Irradiation externe depuis 1976

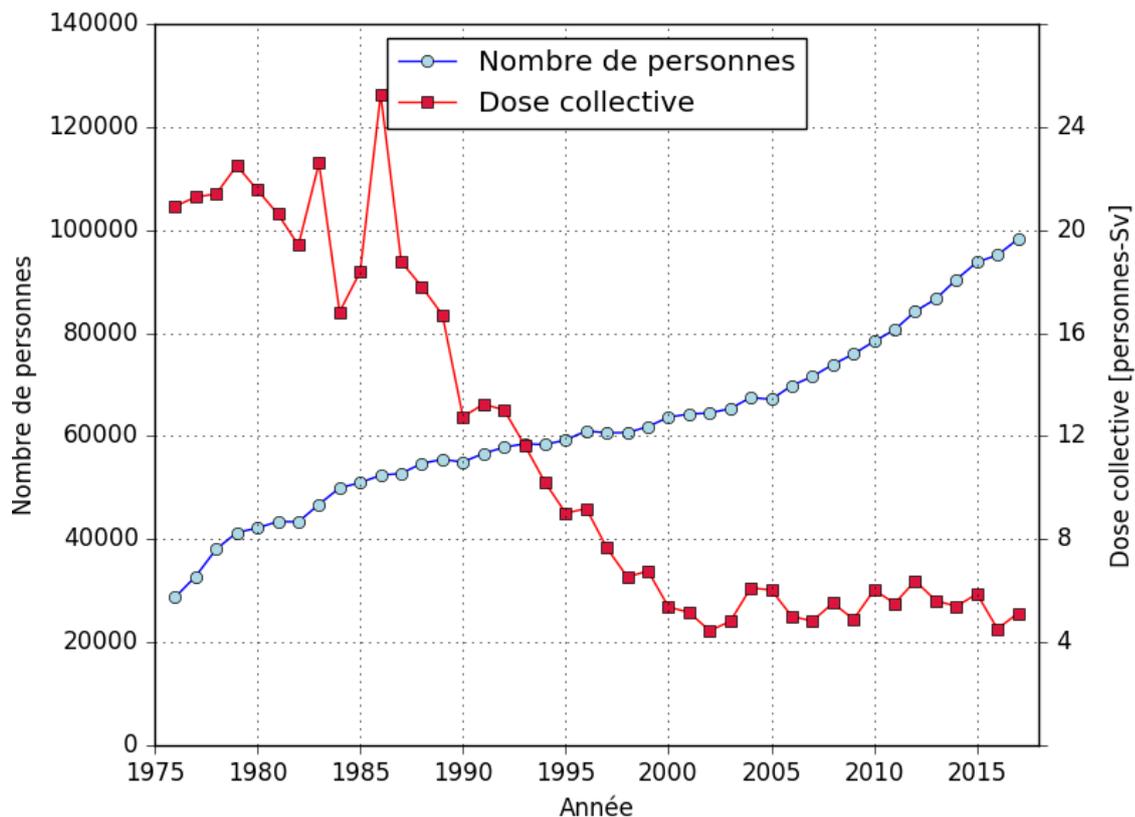


Figure 15: Irradiation interne depuis 1995

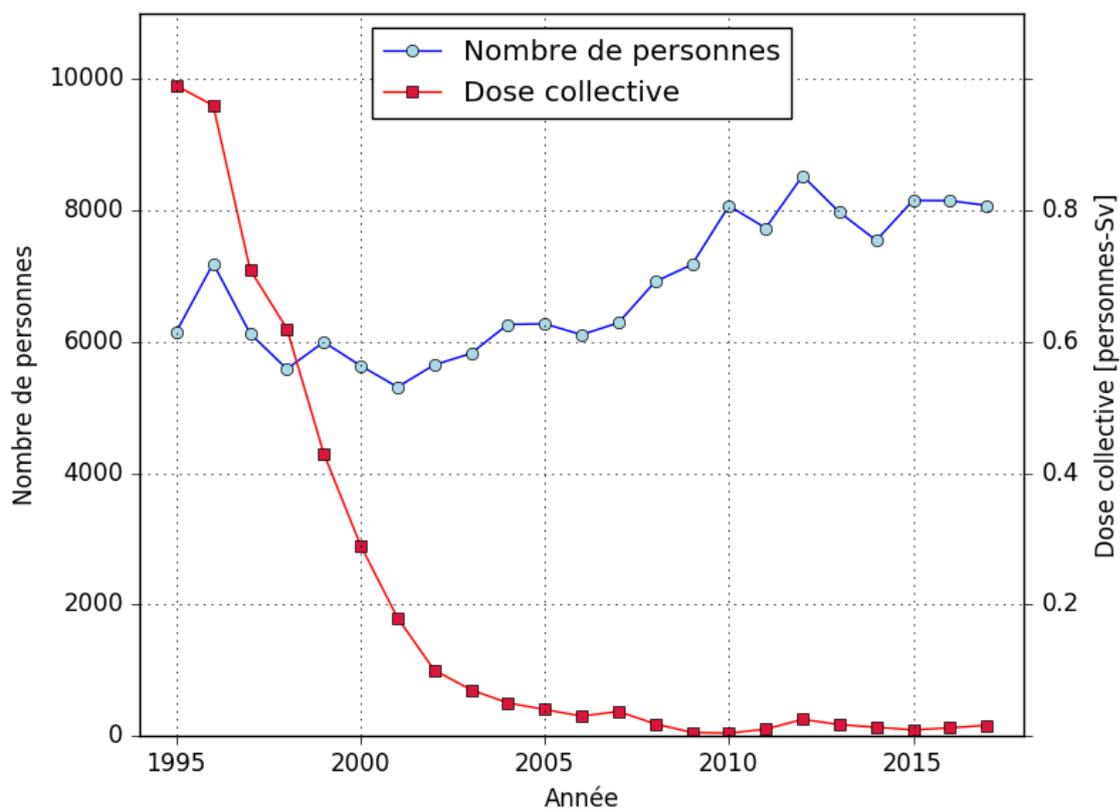


Figure 16: Doses aux mains : nombre de personnes depuis 1977

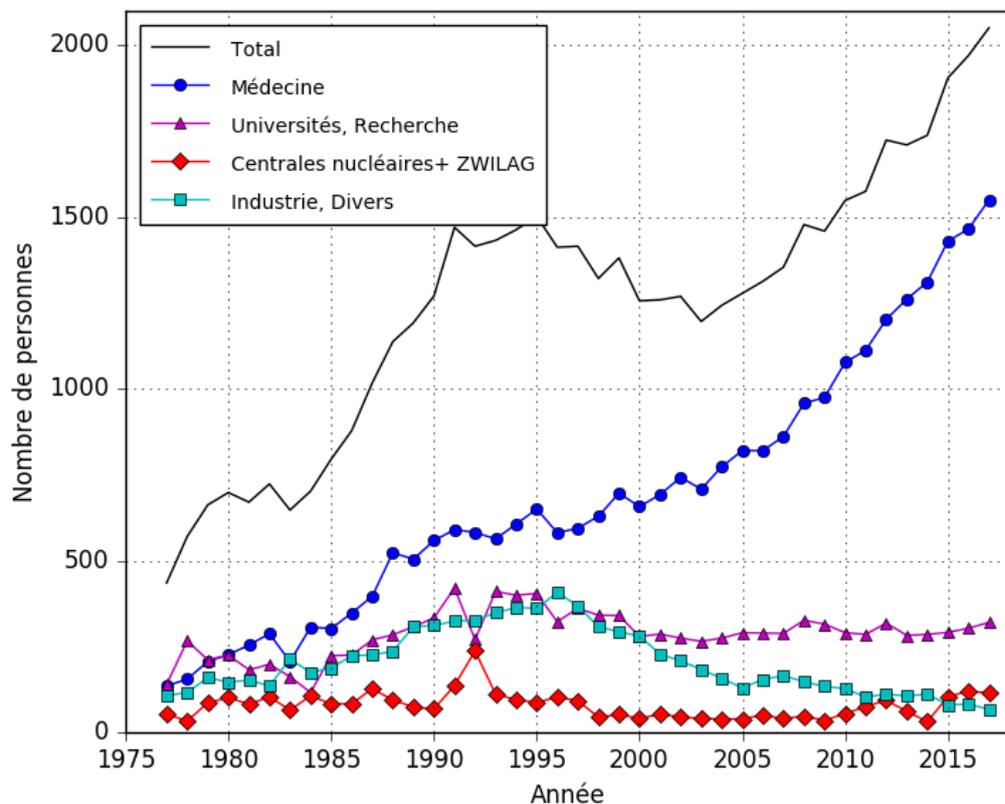


Figure 17: Doses aux mains élevées dans tous les secteurs d'activité depuis 1977

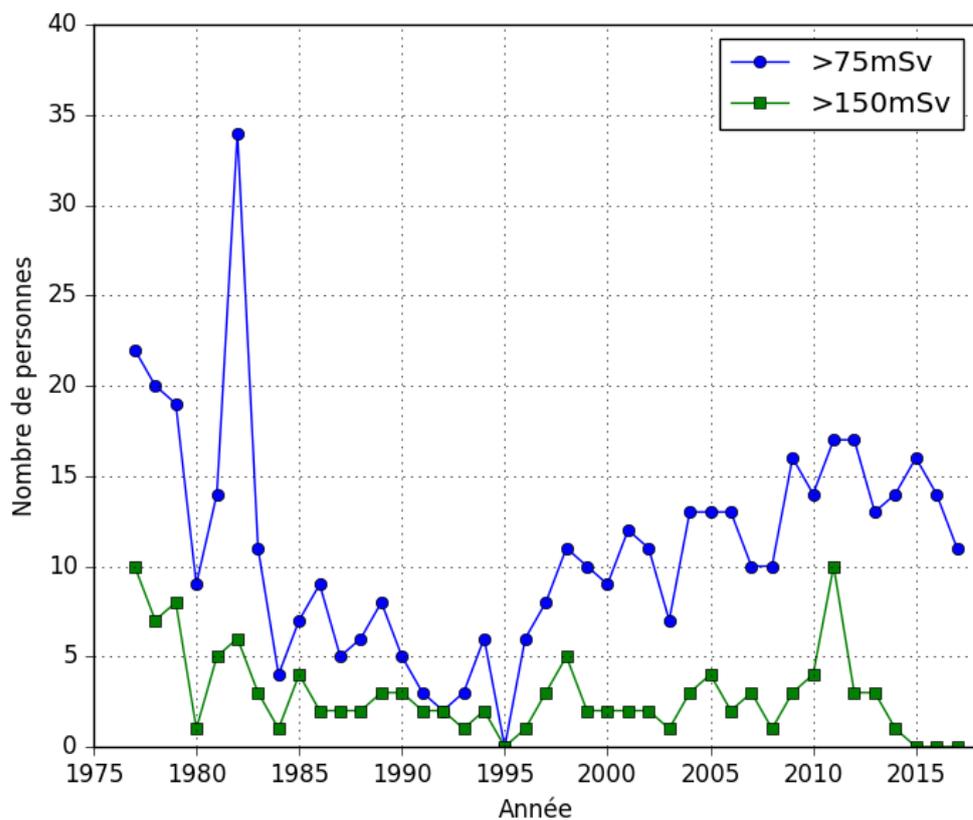


Figure 18: Doses efficaces supérieures à la limite annuelle de dose depuis 1995

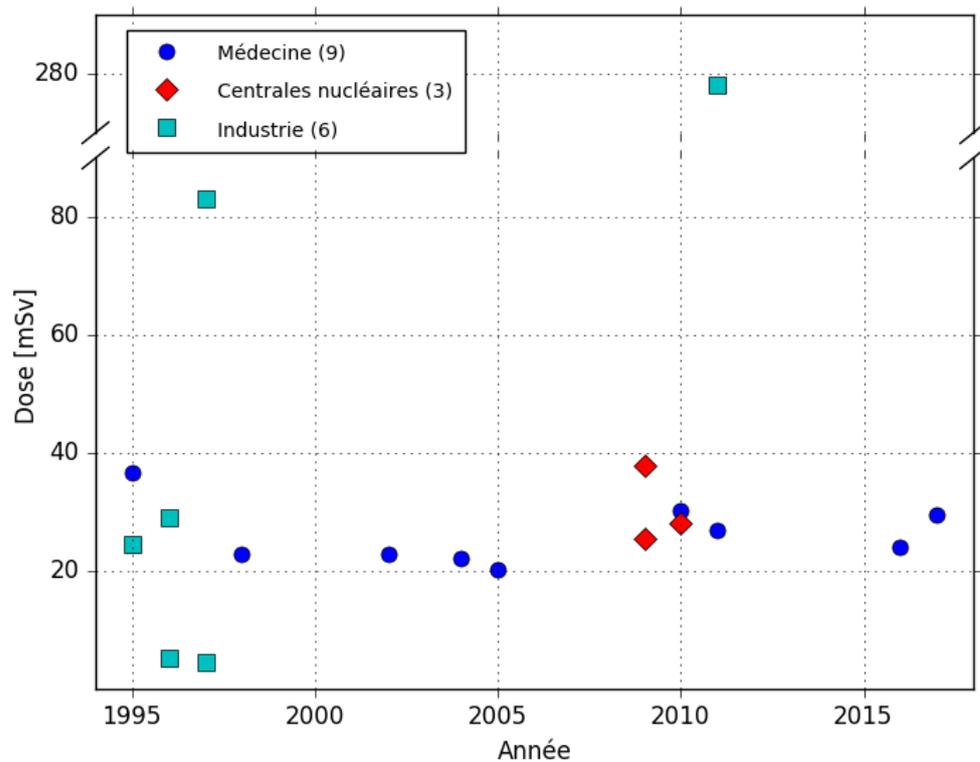


Figure 19: Doses aux extrémités supérieures à la limite annuelle de dose depuis 1995

