



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

Juillet 2016

Rapport annuel 2015

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	4
5	Irradiation interne	6
6	Doses effectives dues aux irradiations externe et interne	6
7	Evénements particuliers et dépassements des limites de dose	6
8	Tendance des 40 dernières années	7
9	Révision de l'ordonnance sur la radioprotection	8
10	Remarques finales	8
11	Autres publications	8
	Tableaux	9
	Figures	19

1 Introduction

Le présent rapport annuel expose les résultats de la dosimétrie individuelle de l'irradiation externe et interne en Suisse pour l'année 2015, et montre l'évolution des 40 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).

On peut consulter le présent rapport ainsi que d'autres informations sur le thème de la dosimétrie et de l'exposition au rayonnement dans le cadre professionnel sur le site Internet de l'OFSP (radioprotection, www.str-rad.ch) ; ces informations sont régulièrement actualisées. Il est possible de télécharger directement sur le site la brochure d'information, le document dosimétrique temporaire et une liste des services de dosimétrie individuelle agréés.

2 Services de dosimétrie individuelle

2.1 Services de dosimétrie individuelle de l'irradiation externe

La mesure des doses individuelles a été effectuée en 2015 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, Schwarzenburg

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 2015 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. 50 de l'ordonnance sur la radioprotection, les services de dosimétrie sont tenus de participer à des mesures d'intercomparaison. Durant l'année sous revue, une intercomparaison a été réalisée pour la dosimétrie externe.

En automne 2015, le PSI a procédé à des mesures d'intercomparaison pour la dosimétrie individuelle externe. Lors de l'irradiation des dosimètres du corps entier en conditions de référence, tous les services de dosimétrie ont rempli les exigences fixées à $\pm 10\%$. Par contre, lors de l'irradiation des dosimètres des extrémités, l'une des quatre valeurs mesurées était trop élevée de 13% dans un service de dosimétrie.

Lors des tests complémentaires avec rayonnement photonique (N-40, N-200, Co-60) en conditions de routine, toutes les exigences ont été remplies, à une exception près. En effet, lors de l'irradiation d'un dosimètre corps entier avec une source de N-40, la mesure de la dépendance énergétique a présenté une déviation supérieure à la limite de $\pm 30\%$.

Aucune mesure d'intercomparaison pour la dosimétrie individuelle interne n'a été réalisée en 2015.

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) et DIS (par enregistrement ionique direct). 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 PADC). En 2015, aucune des 7'435 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 dans l'exercice de leur profession a augmenté de façon régulière par rapport à l'année précédente, passant de 90'397 en 2014 à 93'753 en 2015. La plupart des personnes nouvellement exposées travaillent dans la médecine.

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 5,88 personnes-Sv en 2015 (contre 5,39 personnes-Sv l'année précédente). La dose collective s'est stabilisée à 5 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 dix dernières années, alors que le nombre de personnes soumises à un contrôle dosimétrique dans ce secteur augmente chaque année. La dose moyenne reçue par personne a baissé ces deux dernières années.

Les contributions des différents secteurs d'activité à la dose collective sont les suivantes : centrales nucléaires (72 %), médecine (19 %), 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 protection contre les radiations (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 secteurs des centrales nucléaires et de l'industrie. Durant l'année sous revue, il n'y a pas eu de dépassement de la valeur limite d'une 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 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 142 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).

Dans une prise de position de 2009, la CPR indique que les doses aux mains mesurées en médecine nucléaire sont quatre fois, voire plus, inférieures aux doses réelles (prise de position de la CPR concernant la dosimétrie des extrémités en médecine nucléaire). C'est ce qui ressort d'une étude de l'IRA réalisée en 2007. Cette conclusion sera prise en compte dans l'actuelle révision des ordonnances sur la radioprotection et la dosimétrie.

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 7'550 personnes environ afin de vérifier si elles avaient incorporé des produits radioactifs (cf. tableau 4).

En 2015, on a effectué des mesures d'incorporation et déterminé la dose effective engagée E_{50} pour 603 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 1,5 mSv.

Le graphique 7 indique la répartition des doses internes. La dose collective, qui était de 0,009 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 94'008 (année précédente : 90 684). Ne sont pas comprises les personnes qui sont exclusivement surveillées par des mesures de tri. La dose collective totale était de 5,89 personnes-Sv (année précédente : 5,40 personnes-Sv). Le graphique 9 indique la répartition des doses dans les différents secteurs d'activité.

Les incorporations ne représentent que 0,15 % de la dose collective totale. Les doses provenaient pour l'essentiel de l'industrie, où les incorporations ont contribué pour 4,5 % de la dose collective.

7 Événements particuliers et dépassements des limites de dose

Aucun dépassement des limites de dose n'a été enregistré pendant l'année sous revue.

8 Tendances des 40 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 40 dernières années en Suisse. 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 5,89 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 90'000.

Dans cet intervalle, la dose moyenne individuelle a baissé, passant de 0,73 mSv par an à 0,06 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). Il semble toutefois que les possibilités d'optimisation aient été provisoirement atteintes dans ce domaine. 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). 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 40 dernières années (graphique 16). En 1977, ce nombre s'élevait à 135 ; en 2015, 1'430 personnes portaient un dosimètre des extrémités. Dans l'industrie, la tendance s'inverse, puisque le nombre baisse depuis 1996. Toutefois, 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

La législation suisse sur la radioprotection est en vigueur depuis 1994. Elle se base sur les recommandations de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) de 1990 (CIPR 60), remplacées en 2007 par les recommandations CIPR 103. Ces dernières doivent être transposées dans la législation suisse. Des efforts visant à harmoniser les notions de radioprotection de l'UE étant également en cours, la directive Euratom fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population servira de fil rouge pour la révision de la législation suisse sur la radioprotection. Dans la mesure du possible, il faudra conserver la simplicité et la clarté des textes actuels. L'ordonnance sur la dosimétrie individuelle est révisée en même temps.

10 Remarques finales

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 les douze dernières années, 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 dix dernières années.

Même si aucun dépassement des limites de dose n'a été enregistré en 2015, on continue d'observer régulièrement des cas de doses relativement élevées, notamment en médecine. Ils sont principalement dus aux activités en médecine nucléaire et en radiologie interventionnelle, qui peuvent entraîner des doses élevées du corps entier et des extrémités. Grâce à des audits ciblés, des possibilités de formation continue et du matériel d'information approprié, l'OFSP tente de contrer cette tendance.

Les résultats de l'intercomparaison effectuée en 2015 montrent l'importance de ces mesures pour assurer une dosimétrie fiable et de qualité.

11 Autres publications

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

- 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
- Rapport annuel de la division Radioprotection de l'OFSP
www.str-rad.ch

Tableau 1a: Méthodes de mesure et volume des activités des services de dosimétrie individuelle de l'irradiation externe en 2014

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	9'000	β, γ, X	DIS	9'000	β, γ, X	TLD	30
	n	PADC	9'000						
Dosilab	β, γ, X	TLD	42'000	β, γ, X	TLD	42'000	β, γ, X	TLD	800
IRA	β, γ, X	TLD	10'000	β, γ, X	TLD	10'000	β, γ, X	TLD	250
KKB	β, γ, X	DIS	2'300	β, γ, X	DIS	2'300			
KKG	β, γ, X	DIS	1'300	β, γ, X	DIS	1'300			
KKL	β, γ, X	TLD	2'200	β, γ, X	TLD	2'200			
KKM	β, γ, X	TLD	1'400	β, γ, X	TLD	1'400			
PEDOS	β, γ, X	TLD	14'000	β, γ, X	TLD	14'000	β, γ, X	TLD	320
PSI	β, γ, X	TLD, DIS	1'900	β, γ, X	TLD, DIS	1'900	β, γ, X	TLD	200
	n	PADC	1'300						
Suva	β, γ, X	TLD	15'000	β, γ, X	TLD	15'000	β, γ, X	TLD	290
X-DOS	β, γ, X	TLD	2'000	β, γ, X	TLD	2'000			

DIS dosimétrie par enregistrement ionique direct (Direct Ion Storage)

TLD dosimétrie par thermoluminescence

PADC dosimétrie des neutrons avec détecteur PADC

Table 1b: Méthodes de mesure, nucléides et volume des activités des services de dosimétrie d'incorporation en 2015

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	30
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	16
		β	PC	Sr-90	
Urine, selles	α	Si	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	63
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	260
	Thyroïde	γ	Nal	I-123, I-124, I-125, I-131	7
	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	50
	Urine, selles	α	Si	Po-210, Ra-226, U-234, U-235, U-238, Np-237, Th-228, Th-232, 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	220

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 2015 : 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	28284	19003	899	17702	11926	3205	2012	580	3102	86713
0.1– 1.0	1284	361	73	430	1276	1787	107	20	141	5479
1.1 – 2.0	96	8	5		20	512	19	1	2	663
2.1 – 3.0	52	4			8	305	14		1	384
3.1 – 4.0	19	1	1		2	179	7		1	210
4.1 – 5.0	20	2	1		1	83	6			113
5.1 – 6.0	11		1		1	75	2			90
6.1 – 7.0	6	1				46				53
7.1 – 8.0	3					18	1			22
8.1 – 9.0						13	1			14
9.1 -10.0	1				1	5				7
10.1-11.0						2				2
11.1-12.0	1									1
12.1-13.0							1			1
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										
> 50.0										
Total	29778	19380	980	18132	13235	6230	2170	601	3247	93753
Dose collective [personnes-Sv]	0.89	0.10	0.04	0.07	0.34	4.22	0.19	0.00	0.03	5.88

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 2015: nombre de personnes

Intervalle de dose [mSv]	Médecine	Universités, Recherche	Centrales nucléaires et ZWILAG	Industrie	Total
= 0	595	125	37	43	800
0.1 - 25.0	733	159	67	35	994
25.1 - 50.0	73	3		2	78
50.1 - 75.0	14	3			17
75.1 - 100.0	11	1			12
100.1 - 125.0	3				3
125.1 - 150.0	1				1
150.1 - 175.0					
175.1 - 200.0					
200.1 - 500.0					
> 500.0					
Total	1430	291	104	80	1905

Tableau 4: Doses effectives engagées en 2015 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	26	273		71	218	588
0.1– 1.0				12	1	13
1.1 – 2.0				2		2
2.1 – 3.0						
3.1 – 4.0						
4.1 – 5.0						
5.1 – 6.0						
6.1 – 7.0						
7.1 – 8.0						
8.1 – 9.0						
9.1 -10.0						
10.1-11.0						
11.1-12.0						
12.1-13.0						
13.1-14.0						
14.1-15.0						
15.1-16.0						
16.1-17.0						
17.1-18.0						
18.1-19.0						
19.1-20.0						
20.1 – 50.0						
> 50.0						
Total	26	273	0	85	219	603
Dose collective [personnes-Sv]	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.009
Nucléides avec E ₅₀ > 1 mSv				³ H		
Nombre de personnes avec mesures de tri ¹	1000	300	6000	0	250	7550

¹ Estimation

Tableau 5: Doses effectives par irradiations externe et interne en 2015: 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	28292	19003	899	17702	11935	3205	2236	579	3102	86953
0.1– 1.0	1284	361	73	430	1276	1787	120	20	141	5492
1.1 – 2.0	96	8	5		20	512	21	1	2	665
2.1 – 3.0	52	4			8	305	14		1	384
3.1 – 4.0	19	1	1		2	179	7		1	210
4.1 – 5.0	20	2	1		1	83	6			113
5.1 – 6.0	11		1		1	75	2			90
6.1 – 7.0	6	1				46				53
7.1 – 8.0	3					18	1			22
8.1 – 9.0						13	1			14
9.1 -10.0	1				1	5				7
10.1-11.0						2				2
11.1-12.0	1									1
12.1-13.0							1			1
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										
> 50.0										
Total	29786	19380	980	18132	13244	6230	2409	600	3247	94008
Dose collective [personnes-Sv]	0.89	0.10	0.04	0.07	0.34	4.22	0.20	0.00	0.03	5.89

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 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

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

* 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

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
			H _{extr} = 7500 mSv	
	Hôpital	X	E = 30.2 mSv	Angiographie, radioscopie
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 /	X	H _{extr} = 700 mSv	Réparation d'une installation à rayons X
	Industrie			

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

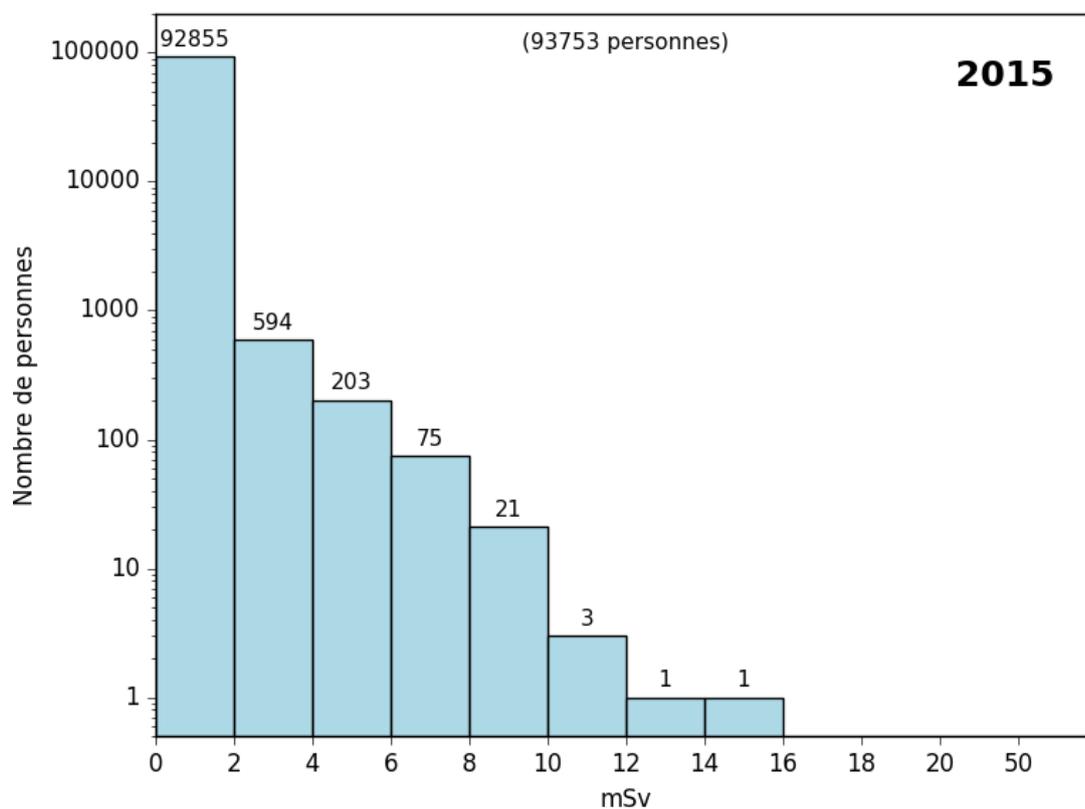


Figure 2: Doses individuelles en profondeur par irradiation externe en médecine

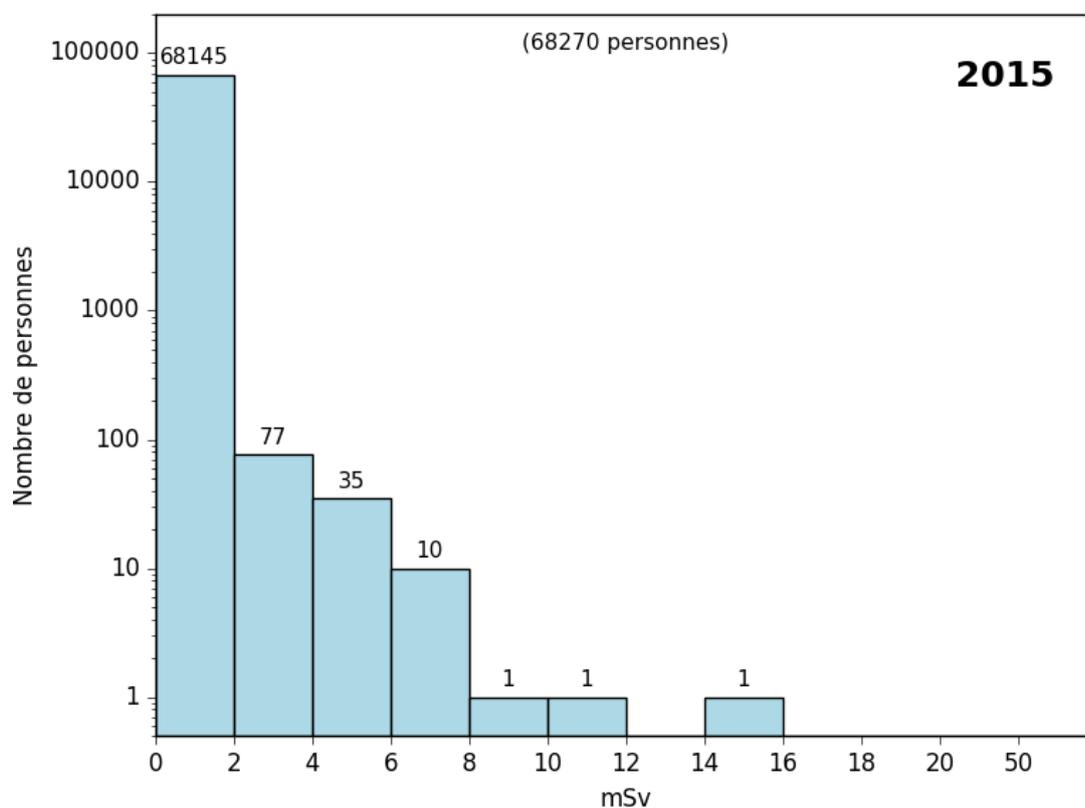


Figure 3: Doses individuelles en profondeur par irradiation externe dans les universités et la recherche

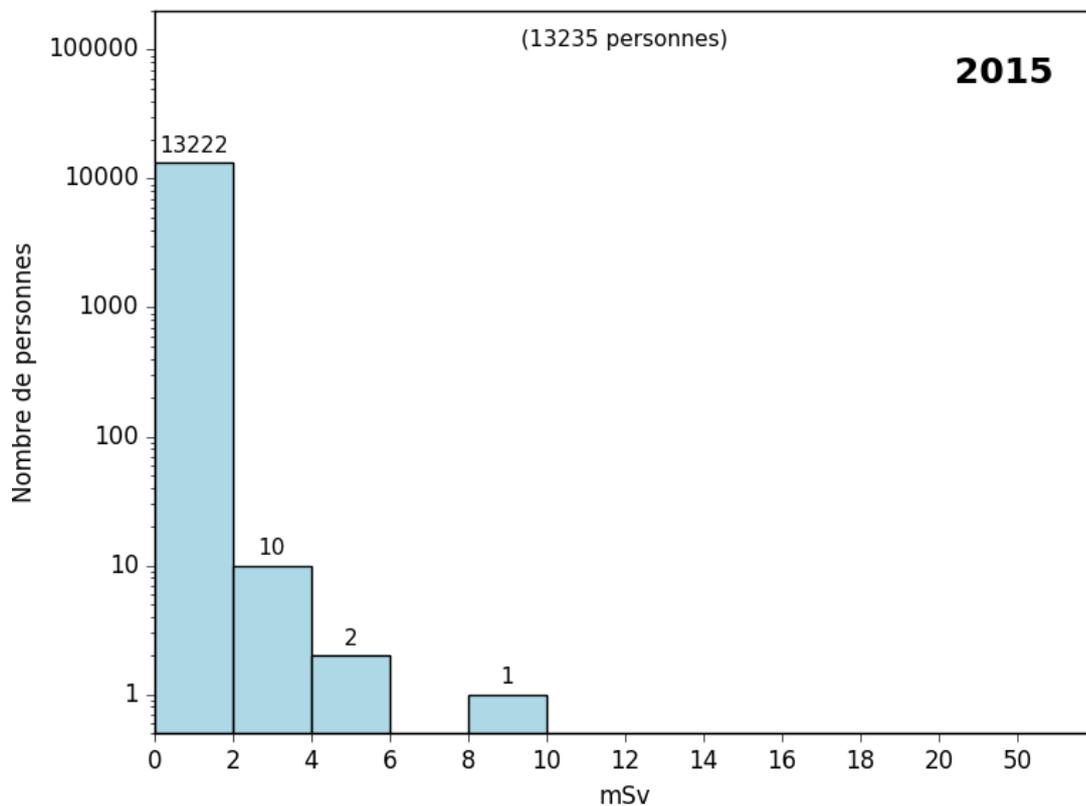


Figure 4: Doses individuelles en profondeur par irradiation externe dans les centrales nucléaires et ZWILAG

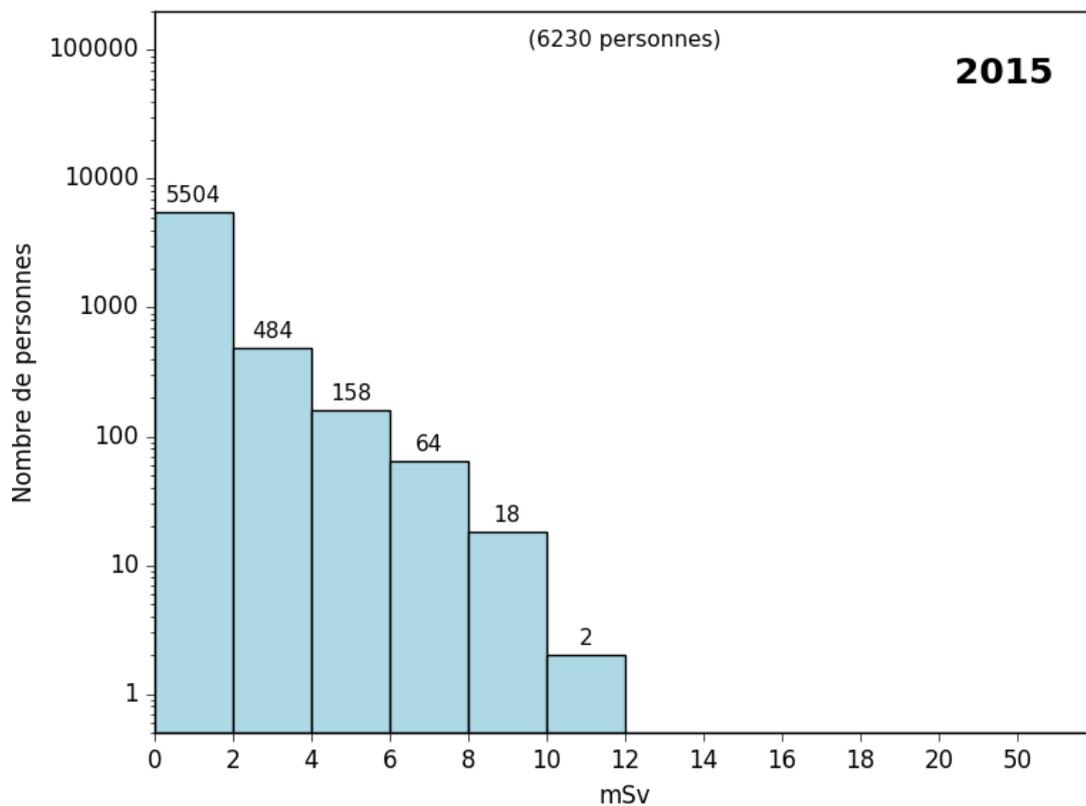


Figure 5: Doses individuelles en profondeur par irradiation externe dans l'industrie et autres (commerce, services publics, etc.)

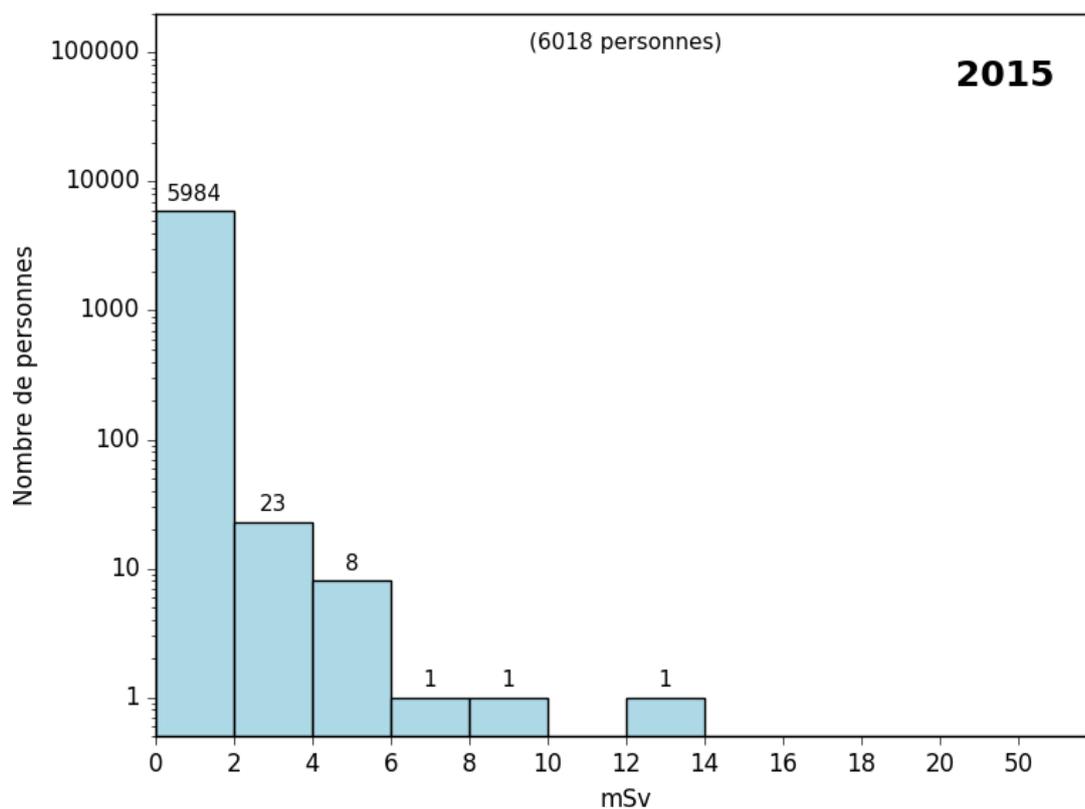


Figure 6: Doses aux mains dans tous les secteurs d'activité

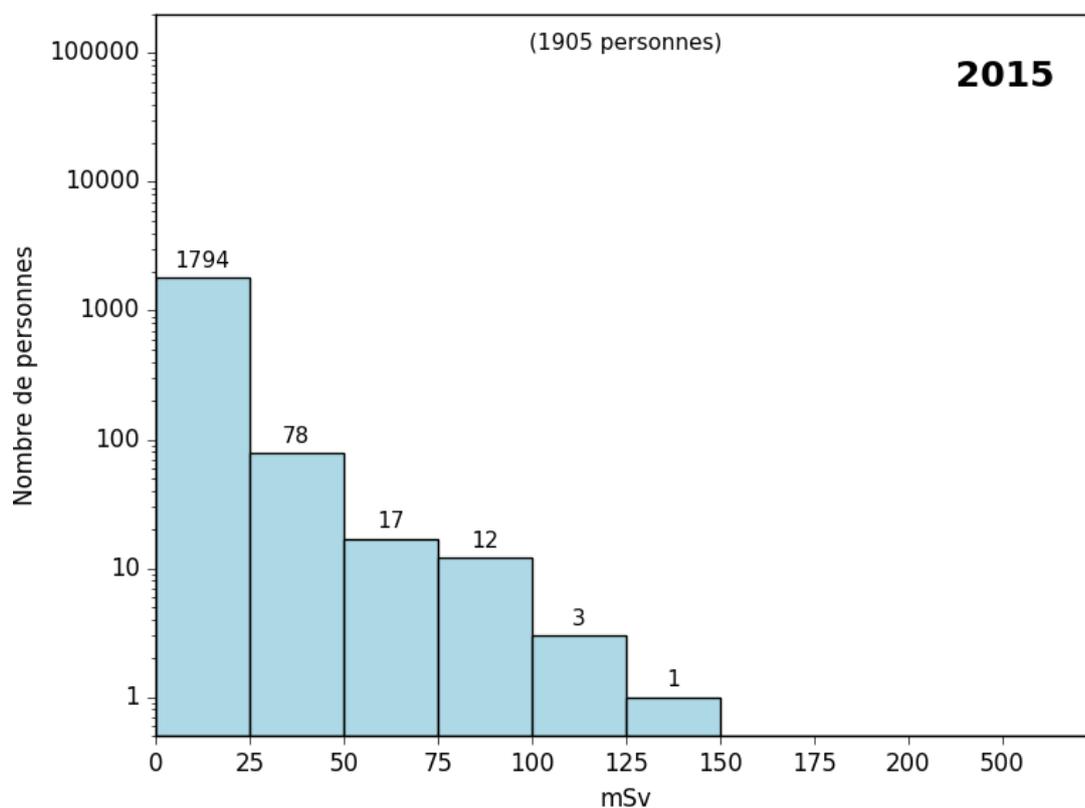


Figure 7: Doses efficaces engagées par irradiation interne

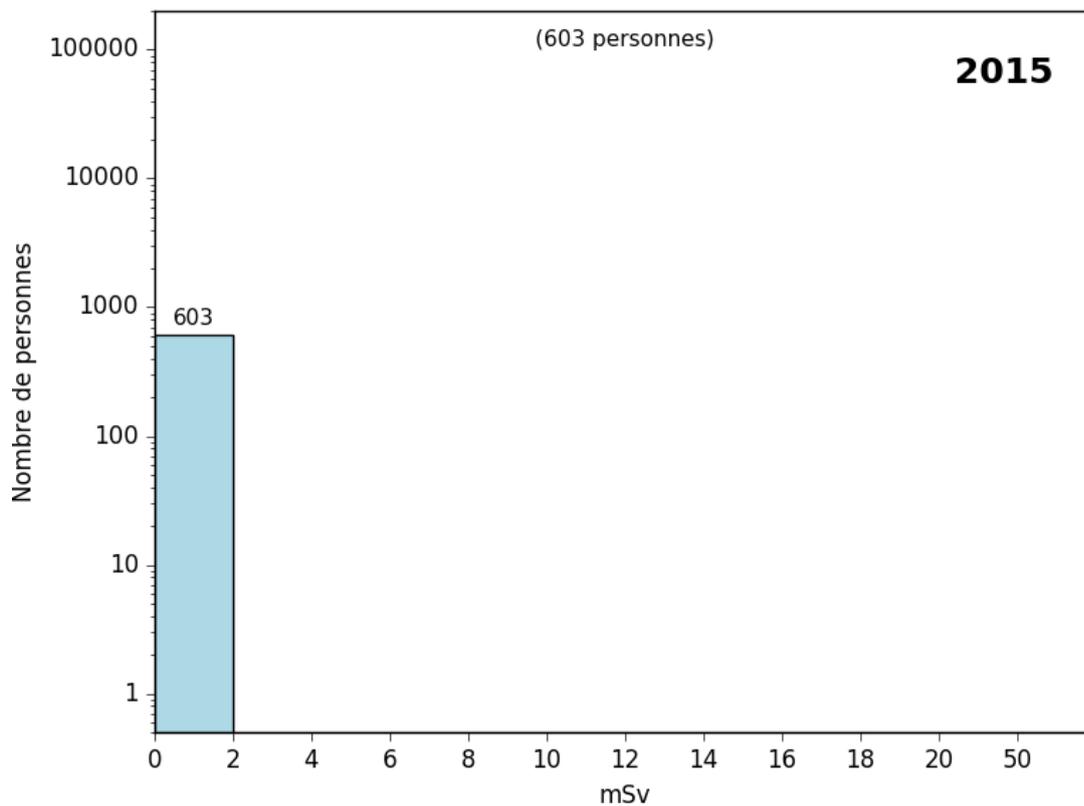


Figure 8: Doses efficaces par irradiation externe et interne dans tous les secteurs d'activité

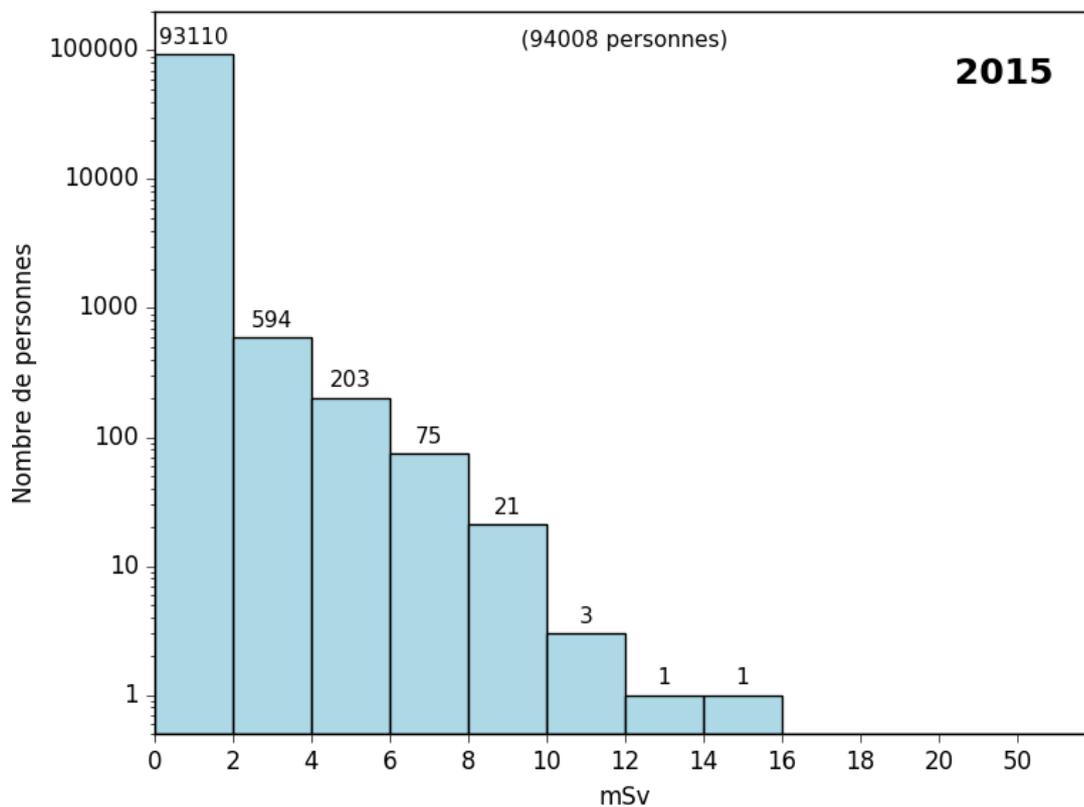


Figure 9: Nombre de personnes et doses collectives, irradiation externe et interne

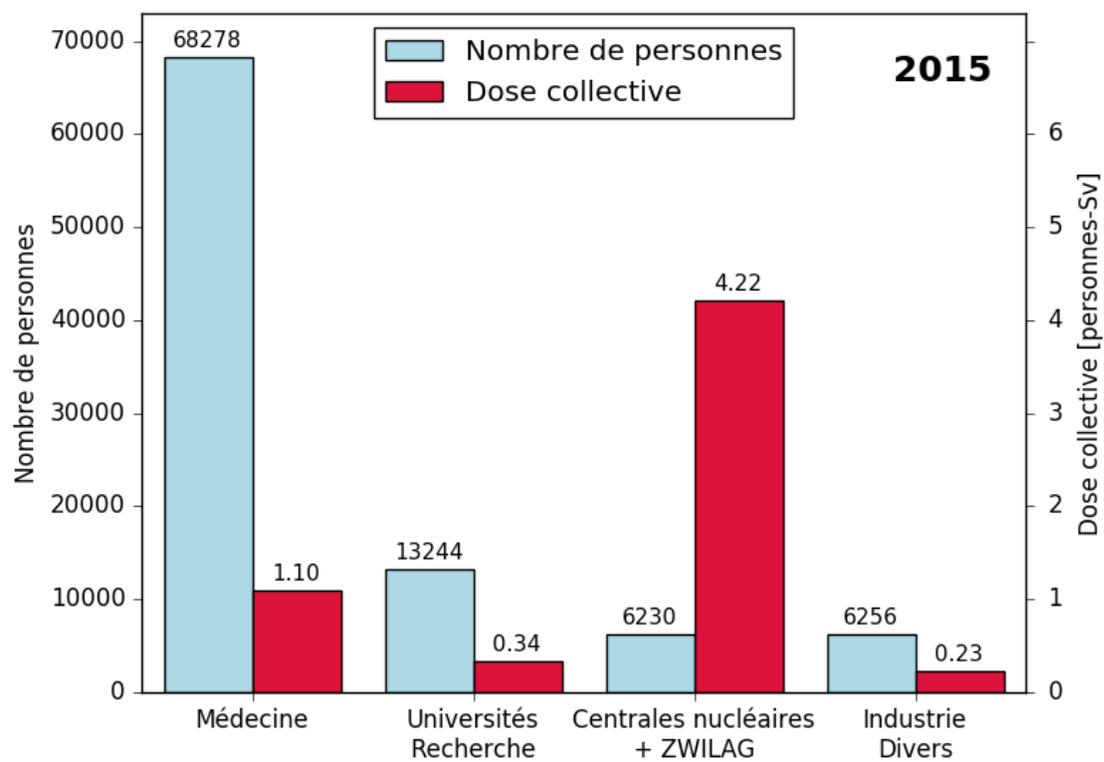


Figure 10: Irradiation externe depuis 1976 en médecine

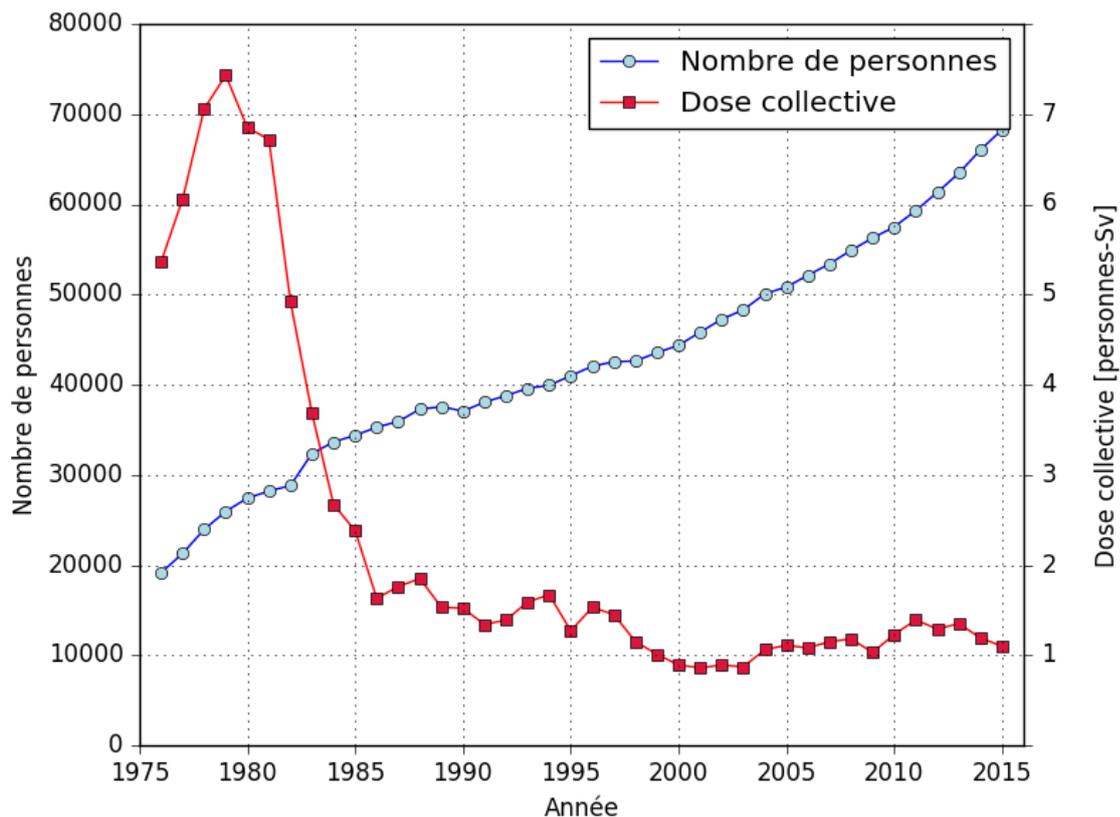


Figure 11: Irradiation externe depuis 1976 dans les universités et la recherche

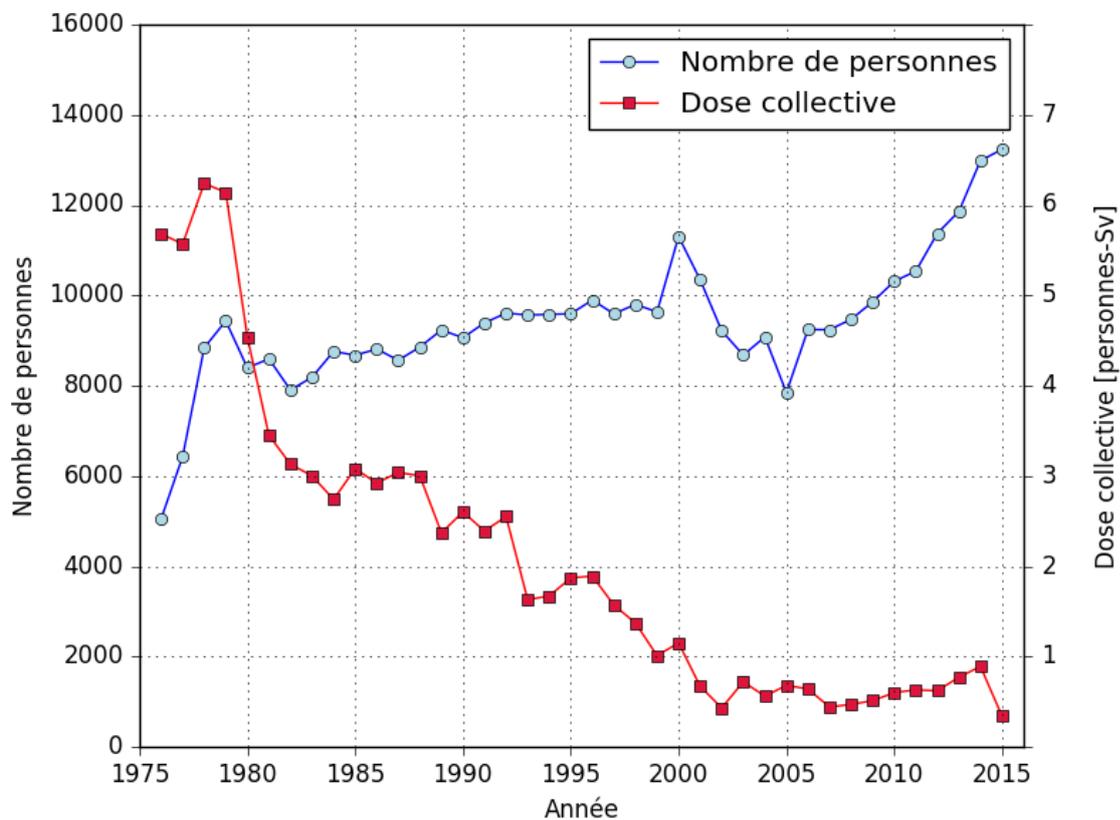


Figure 12: Irradiation externe depuis 1976 dans les centrales nucléaires et ZWILAG

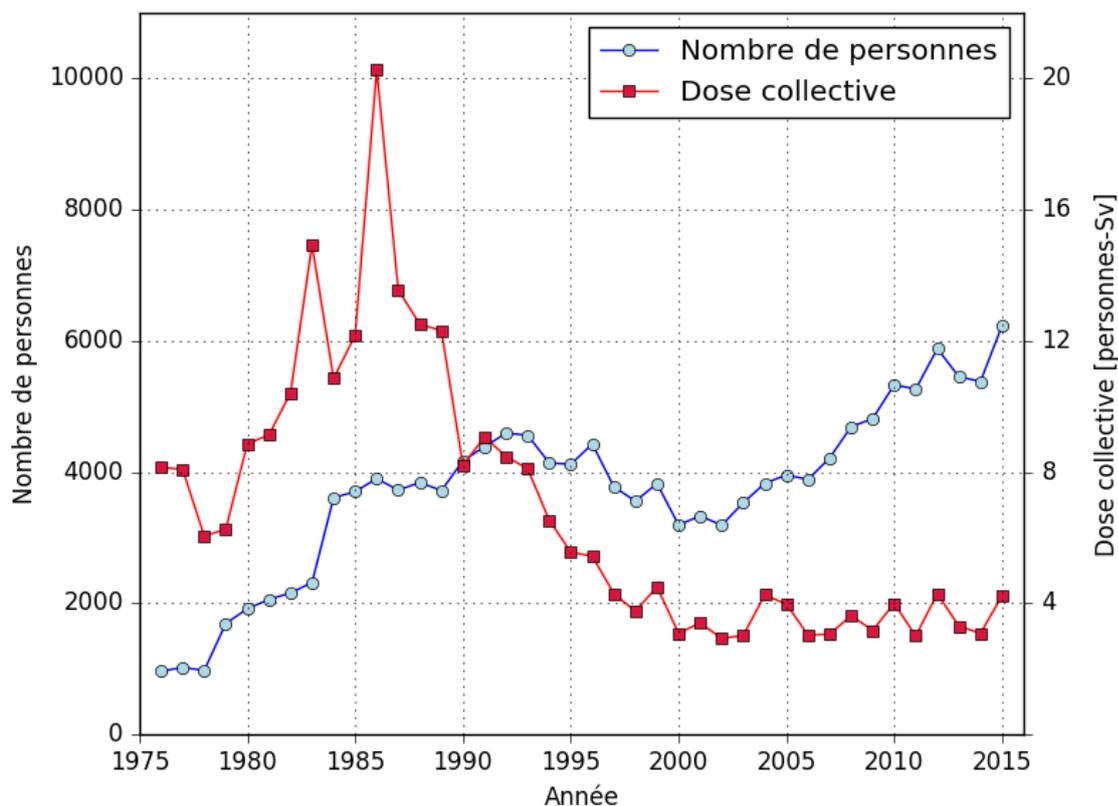


Figure 13: Irradiation externe depuis 1976 dans l'industrie et autres (commerce, services publics, etc.)

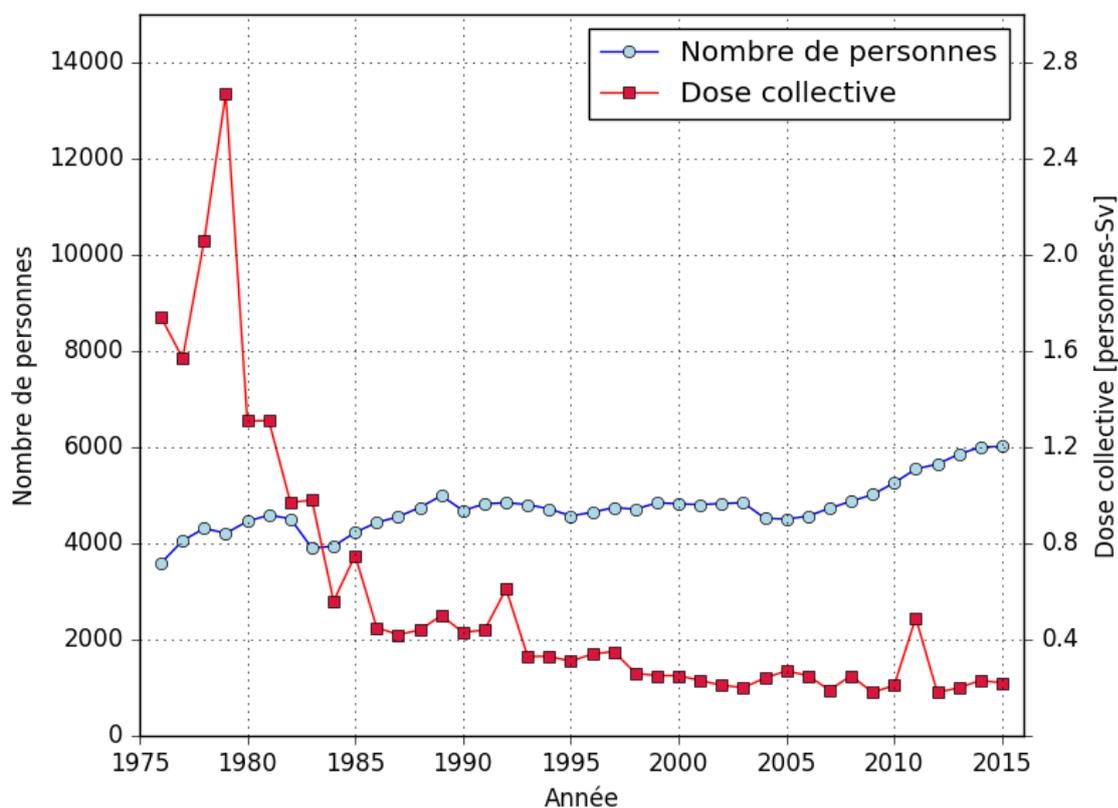


Figure 14: Irradiation externe depuis 1976

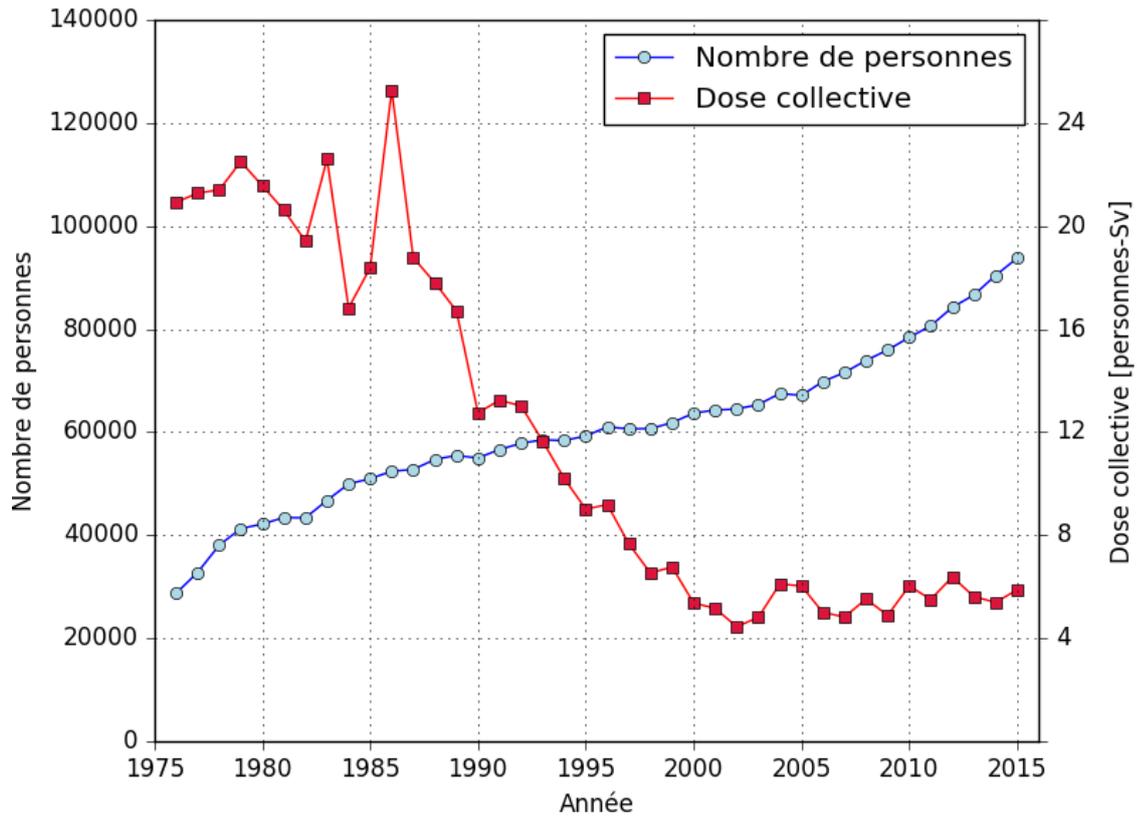


Figure 15: Irradiation interne depuis 1995

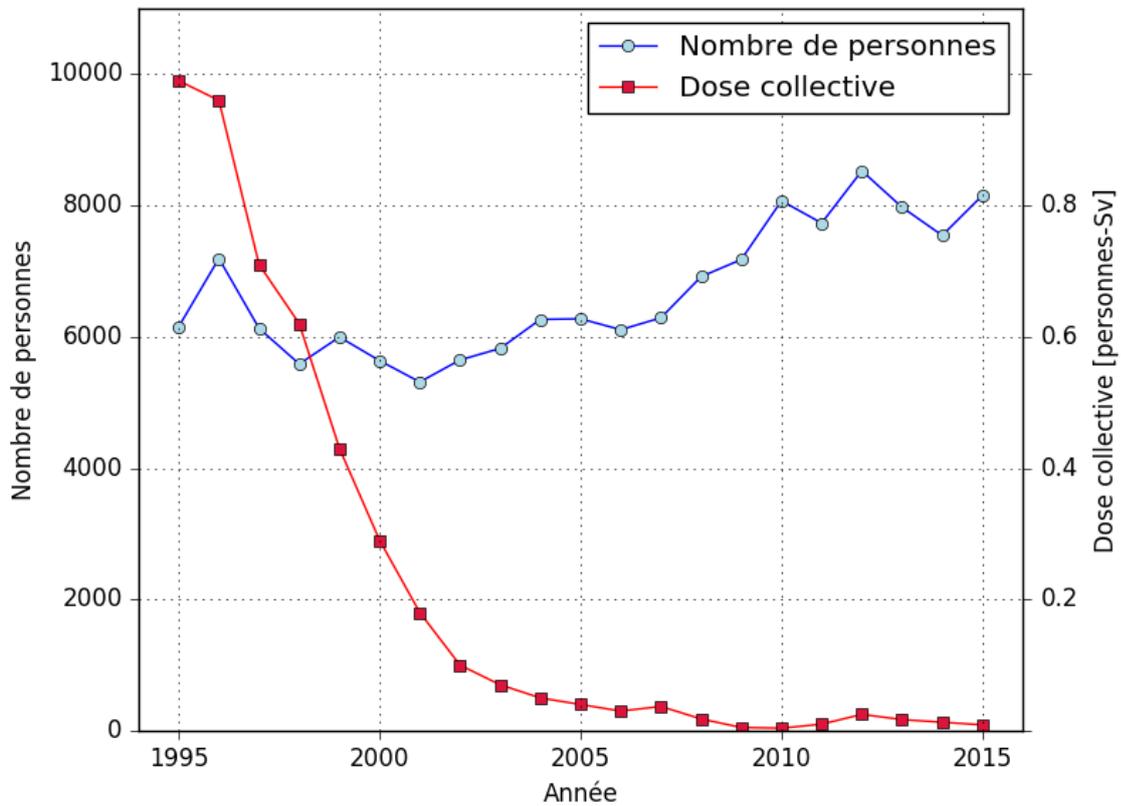


Figure 16: Doses aux mains : nombre de personnes depuis 1977

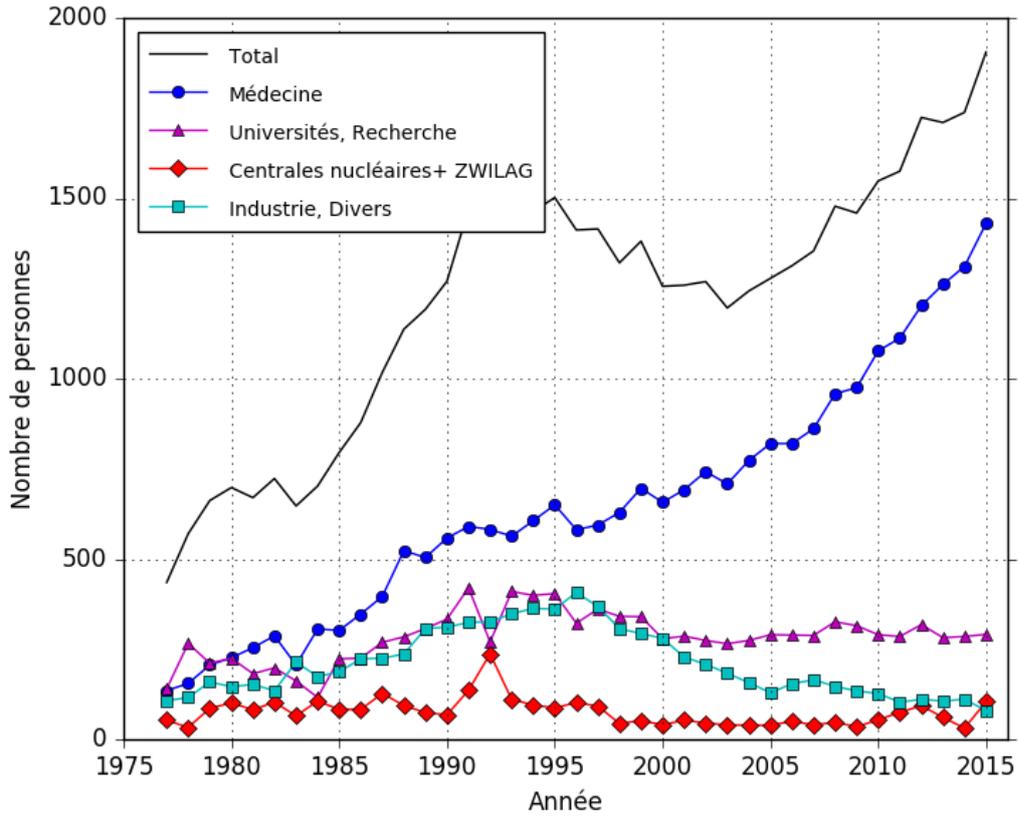


Figure 17: Doses aux mains élevées dans tous les secteurs d'activité depuis 1977

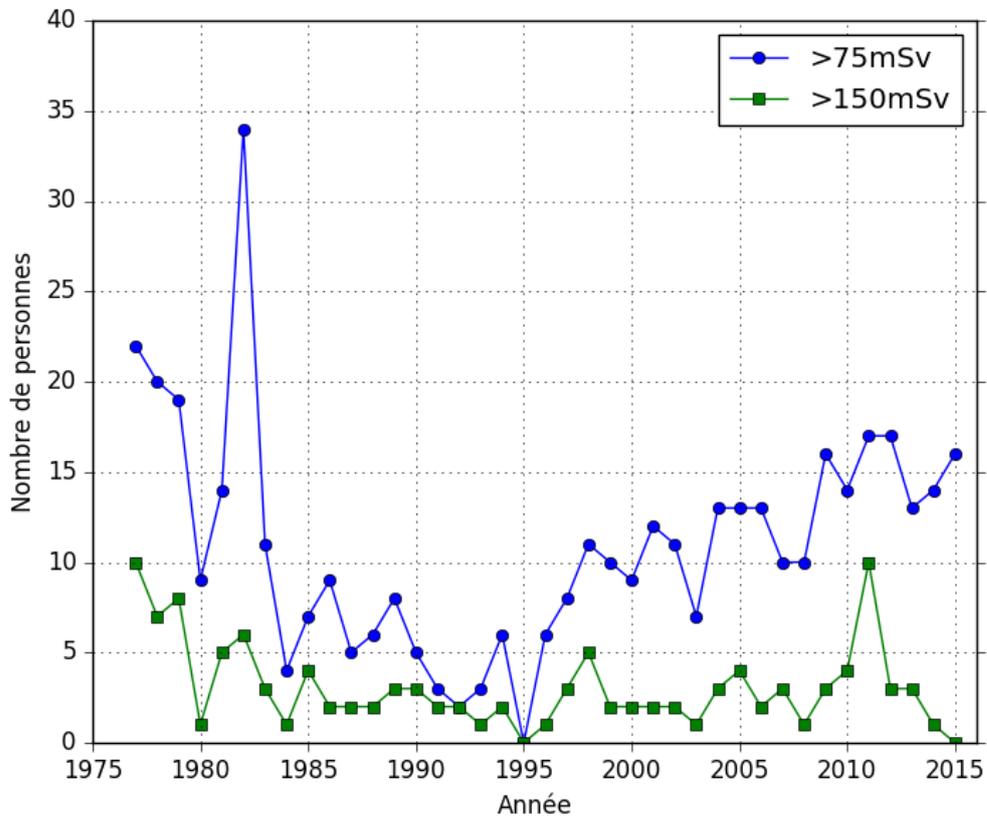


Figure 18: Doses efficaces supérieures à la limite annuelle de dose depuis 1995

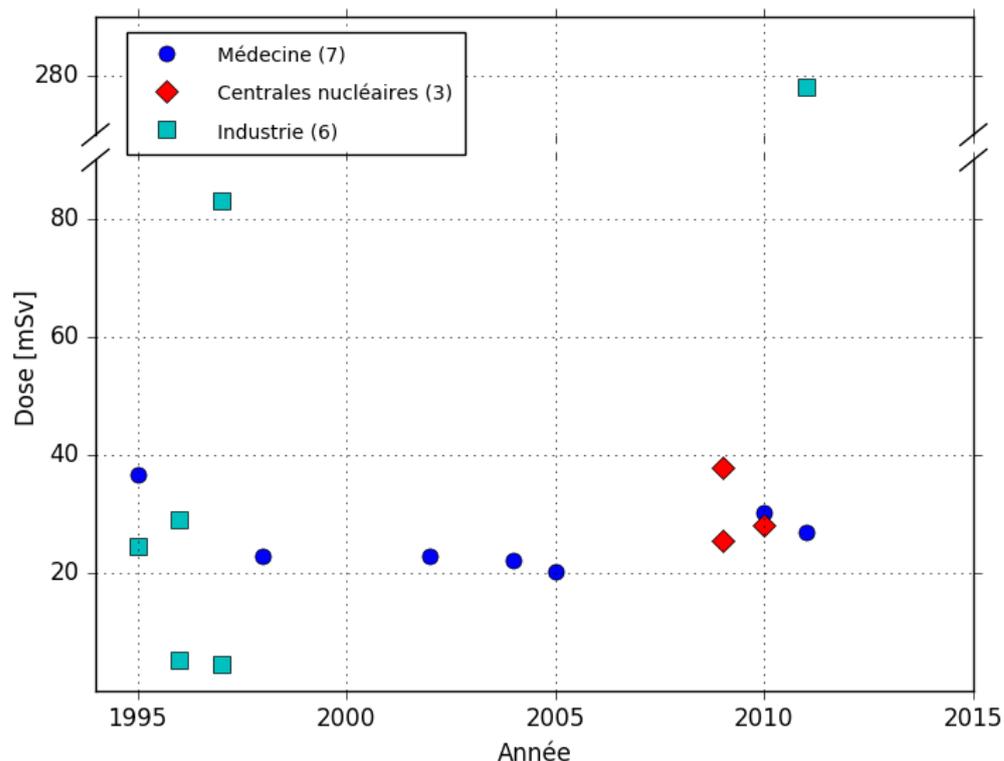


Figure 19: Doses aux extrémités supérieures à la limite annuelle de dose depuis 1995

