

Le suivi de l'exposition des travailleurs dans le secteur de la médecine nucléaire

Contexte

La médecine nucléaire est une spécialité médicale qui utilise des molécules radioactives à des fins de diagnostic ou de thérapie. Les services de médecine nucléaire peuvent être classés en deux catégories : les services ayant une activité limitée au diagnostic et les services mixtes ayant en plus une activité de thérapie ambulatoire ou en chambre d'hospitalisation.

Les services de médecine nucléaire font régulièrement l'objet d'inspections de la part de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), ayant pour thème, entre autres, la radioprotection des travailleurs. Dans son dernier bilan des inspections en médecine nucléaire réalisé en 2019¹, l'ASN souligne que « si la radioprotection s'est améliorée d'année en année dans les installations de médecine nucléaire, les actions doivent être maintenues ou poursuivies afin de garantir le maintien du niveau actuel de radioprotection, voire d'en renforcer certains axes, notamment dans les domaines de la radioprotection des travailleurs [...] ». ».

Afin d'étudier les effectifs concernés et les doses reçues par les travailleurs de ces services de médecine nucléaire, une extraction ciblée des données du Système d'Information pour la Surveillance des Expositions professionnelles aux Rayonnements Ionisants (SISERI) a été réalisée sur les cinq dernières années (2015-2019).

En vue d'évaluer plus en détails les données de dosimétrie en fonction des caractéristiques des services de médecine nucléaire, telles que la réalisation ou non d'actes par tomographie à émission de positons (TEP), la présence ou non de dispositifs automatisés de préparation ou d'injection, une étude ciblée a été réalisée en s'appuyant sur les résultats d'une enquête menée par l'ASN en 2018 auprès des services de médecine nucléaire.

Une exposition du corps entier en évolution depuis ces 5 dernières années

Le Tableau ci-dessous présente, pour la période de 2015 à 2019, l'évolution des effectifs suivis, de la dose collective, de la dose individuelle moyenne et de la répartition des effectifs entre les différentes classes de dose efficace pour le secteur de la médecine nucléaire.

On peut noter sur la période 2015-2019 que :

- le nombre total de travailleurs suivis en dosimétrie externe corps entier est en progression régulière depuis 2015 (7 049 travailleurs en 2019 *versus* 5 436 travailleurs en 2015) ;
- la dose collective, après être restée globalement stable entre 2016 et 2018 (aux alentours de 2,1 homme.Sv), a augmenté de 8 % entre 2018 et 2019, pour atteindre 2,29 Homme.Sv ;
- la dose individuelle moyenne est stable depuis 2017, aux alentours de 0,81 mSv, contre 0,30 mSv pour le domaine médical dans son ensemble ;
- la proportion de travailleurs du secteur de la médecine nucléaire n'ayant reçu aucune dose supérieure au seuil d'enregistrement augmente chaque année (49 % en 2015 *versus* 60 % en 2019).

¹ [https://www.asn.fr/Professionnels/Activites-medicales/Medecine-nucleaire/Bilan-des-inspections-en-medecine-nucleaire/\(adv-annee\)/2019](https://www.asn.fr/Professionnels/Activites-medicales/Medecine-nucleaire/Bilan-des-inspections-en-medecine-nucleaire/(adv-annee)/2019)

Evolution de l'effectif suivi et de la dose collective pour la dosimétrie externe corps entier dans le secteur de la médecine nucléaire (période 2015-2019)

Année	Effectif suivi	Dose collective (homme.Sv)	Dose moyenne sur l'effectif exposé (*) (mSv)	Répartition des effectifs par classes de dose						
				< seuil	du seuil à 1 mSv	de 1 à 5 mSv	de 5 à 10 mSv	de 10 à 15 mSv	de 15 à 20 mSv	≥ 20 mSv
2015	5 436	1,99	0,72	2 676	2 051	706	2	1	0	0
2016	5 794	2,14	0,75	2 925	2 095	772	1	1	0	0
2017	6 114	2,18	0,83	3 505	1 816	781	12	0	0	0
2018	6 421	2,12	0,81	3 810	1 829	772	7	2	0	1
2019	7 049	2,29	0,82	4 237	1 981	821	9	1	0	0

(*) Dose moyenne = dose collective / nombre de travailleurs dont la dose est supérieure au seuil d'enregistrement.

Une étude ciblée pour affiner l'analyse des résultats de ce suivi dosimétrique

Une étude plus détaillée des résultats de la dosimétrie des travailleurs de médecine nucléaire a été réalisée en s'appuyant sur les résultats de l'enquête menée par l'ASN à partir d'un questionnaire adressé en mars 2018 à tous les services de médecine nucléaire. Cette enquête avait permis de dresser un panorama du parc (services, équipements), des moyens humains disponibles et des activités réalisées en 2017². Les données dosimétriques enregistrées dans SISERI pour l'année 2017 ont été analysées à la lumière des résultats de l'enquête ASN. Un échantillon de 4 641 travailleurs sur les 6 114 travailleurs suivis en 2017 a pu être constitué. Les établissements présents dans l'enquête réalisée par l'ASN mais sur lesquels un doute d'identification dans SISERI existait, ont été exclus de cette étude, expliquant l'effectif de travailleurs retenus.

² <https://www.asn.fr/Professionnels/Activites-medicales/Medecine-nucleaire/Bilan-des-inspections-en-medecine-nucleaire/Medecine-nucleaire-en-France-Etat-du-parc-des-moyens-humains-et-des-activites-en-2017>

Des spécificités par métier

Dans les services de médecine nucléaire, les doses efficaces individuelles moyennes sur l'effectif exposé varient en fonction des métiers, allant de 0,27 mSv pour les radio-pharmaciens, 0,35 mSv pour les médecins, 0,47 mSv pour les aides-soignants/brancardiers, 0,75 mSv pour les infirmiers, à 1,17 mSv pour les manipulateurs en électroradiologie médicale (MERM) en médecine nucléaire. Concernant les doses reçues par les aides-soignants/brancardiers et les infirmiers, en comparaison des autres professionnels, il est important de noter qu'ils ne travaillent pas forcément exclusivement en médecine nucléaire. En termes d'effectif et de dose collective, le métier de MERM apparaît comme le plus exposé (76 % de la dose collective totale pour seulement 29 % de l'effectif). Pour les manipulateurs en médecine nucléaire, le pourcentage de travailleurs recevant des doses supérieures au seuil d'enregistrement est de 89 %. Les doses individuelles moyennes reçues par l'effectif exposé des MERM diminuent avec l'âge des travailleurs (de 1,3 mSv à 25 ans à 0,8 mSv à 55 ans), provenant en partie du fait que les patients à mobilité réduite sont peut-être moins souvent portés ou mobilisés par les travailleurs plus âgés.

Surveillance de l'exposition externe en fonction des métiers en 2017

Métiers	Effectif suivi	Dose collective (homme.Sv)	Dose moyenne sur l'effectif exposé (mSv)	Répartition des effectifs par classes de dose				
				< seuil	Du seuil à 1 mSv	De 1 à 5 mSv	De 5 à 10 mSv	≥ 10 mSv
Manipulateurs en médecine nucléaire	1 311	1,36	1,17	145	578	583	5	0
Radio-pharmaciens	166	0,02	0,27	93	72	1	0	0
Physiciens médicaux	53	0,00	0,19	28	25	0	0	0
Médecins	520	0,07	0,35	298	210	12	0	0
Infirmiers	637	0,07	0,75	545	73	17	2	0
Aides-soignants / brancardiers	398	0,04	0,47	323	67	8	0	0
TOTAL	4 641	1,79	0,90	2 656	1 325	650	10	0

Concernant le suivi de l'exposition aux extrémités, on peut constater que sur les 4 641 travailleurs retenus pour cette analyse ciblée, 38 % sont concernés par une surveillance de l'exposition aux extrémités par bague (Cf. Tableau ci-dessous).

Parmi l'effectif suivi par dosimétrie par bague, il apparaît que plus de 83 % des travailleurs ont une dose individuelle moyenne par bague comprise entre le seuil d'enregistrement et 150 mSv. Comparativement, dans le domaine médical tous secteurs confondus, 38 % des travailleurs se retrouvent dans cette classe de dose.

Les deux métiers pour lesquels la dosimétrie par bague est la plus fréquente sont les radio-pharmaciens (97 %) et les manipulateurs (84 %). Ce sont ces derniers qui contribuent le plus aux expositions des extrémités avec 75 % de la dose totale enregistrée. Les cadres de santé et les manipulateurs qui auraient une activité de médecine nucléaire à titre exceptionnel pourraient faire partie de ces 16 % de manipulateurs n'ayant pas de suivi dosimétrique par bague.

Surveillance de l'exposition aux extrémités par bague en fonction des métiers en 2017

Métiers	Effectif suivi (*)	Dose moyenne sur l'effectif exposé (mSv)	Répartition des effectifs par classes de dose				
			< seuil	≥ seuil et < 50 mSv	≥ 50 et < 150 mSv	≥ 150 et < 500 mSv	≥ 500 mSv
Manipulateurs en médecine nucléaire	1 101 (84 %)	30,48	63	834	189	15	0
Radio-pharmaciens	162 (97 %)	18,71	28	123	11	0	0
Physiciens médicaux	26 (49 %)	2,74	9	17	0	0	0
Médecins (radiologues médecins nucléaire radiothérapeutes)	99 (19 %)	10,33	65	32	2	0	0
Infirmiers	62 (10 %)	9,04	21	40	1	0	0
Aide-soignants / brancardiers	20 (5 %)	1,56	8	12	0	0	0
TOTAL	1 783 (38 %)	28,52	298	1 214	251	20	0

(*) La valeur entre parenthèse représente le pourcentage des travailleurs du métier qui portent des bagues

La suite de cette étude s'est focalisée sur les manipulateurs en médecine nucléaire car ils représentent la catégorie la plus importante dans le secteur de la médecine nucléaire, en termes d'effectif et de doses d'exposition.

Une exposition comparable en fonction du type de services chez les manipulateurs en médecine nucléaire

Pour rappel, les services de médecine nucléaire peuvent être classés en deux catégories : les services ayant une activité limitée au diagnostic (« Diagnostic seul »), les services ayant en plus une activité de thérapie en chambre d'hospitalisation et / ou une activité de thérapie ambulatoire (« Diagnostic + Thérapie »).

On peut noter que :

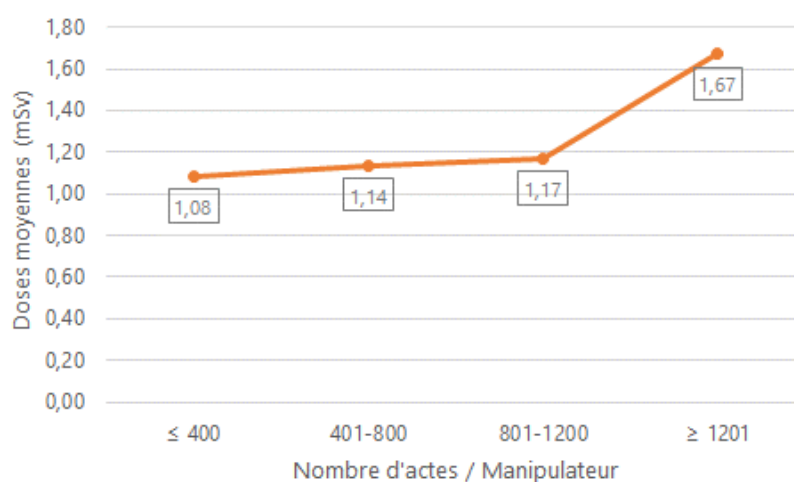
- la dose collective totale est de 0,84 homme.Sv dans les services « Diagnostic + Thérapie » *versus* 0,59 homme.Sv dans les services « Diagnostic seul » ;
- la dose individuelle moyenne est assez comparable entre les deux types de services ;
- la proportion de manipulateurs en médecine nucléaire n'ayant aucune dose enregistrée est comparable entre les deux types de services (environ 11 %).

Surveillance de l'exposition externe des manipulateurs de médecine nucléaire en fonction du type de services

Type de services	Effectif suivi	Dose collective (homme.Sv)	Dose moyenne sur l'effectif exposé (mSv)	Répartition des effectifs par classes de dose				
				< seuil	Du seuil à 1 mSv	De 1 à 5 mSv	De 5 à 10 mSv	≥ 10 mSv
Diagnostic seul	553	0,59	1,21	63	237	252	1	0
Diagnostic + Thérapie	758	0,84	1,24	82	341	331	4	0

Des doses individuelles moyennes différentes en fonction du nombre d'actes par travailleur

La dose individuelle moyenne reçue par les manipulateurs en médecine nucléaire exposés augmente avec le nombre d'actes réalisés par travailleur. Cependant, cette augmentation de la dose n'est pas strictement linéaire avec le nombre d'actes, car d'autres paramètres peuvent entrer en ligne de compte, comme par exemple le type de patient à prendre en charge, qui conduit à rester plus ou moins longtemps auprès du patient. Il est à noter que certains actes peuvent être réalisés aussi par des préparateurs.



Répartition des doses moyennes (en mSv) des manipulateurs en médecine nucléaire exposés en fonction du nombre d'actes annuels réalisés

Des niveaux d'exposition des manipulateurs en médecine nucléaire variables en fonction des équipements

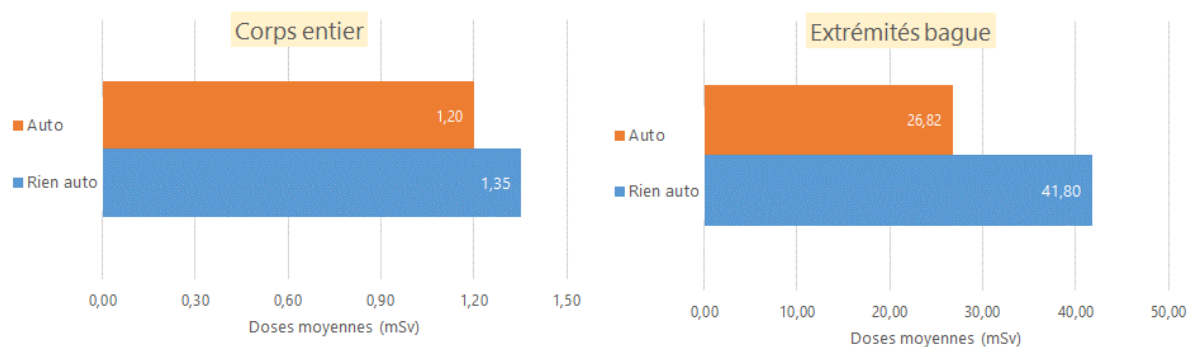
Les services de médecine nucléaire peuvent réaliser ou pas des actes de diagnostic par tomographie à émission de positons (TEP).

Pour les manipulateurs en médecine nucléaire, la présence d'une TEP ne change pas significativement la dose individuelle moyenne : 1,26 mSv avec TEP *versus* 1,22 mSv sans TEP. A noter en outre que la dose individuelle corps entier la plus forte enregistrée est celle pour un travailleur d'un service sans TEP, et s'élève à 6 mSv.

En revanche, parmi l'effectif de manipulateurs en médecine nucléaire suivi par dosimétrie par bague, il apparaît que les doses individuelles moyennes aux extrémités sont 29 % plus faibles dans les services avec TEP que dans les services sans TEP. Ces doses individuelles moyennes plus faibles dans les services avec TEP sont peut-être liées à la présence de systèmes automatisés de préparation.

Concernant ces dispositifs automatisés ou semi-automatisés de préparation des médicaments radio-pharmaceutiques marqués au fluor-18 et les dispositifs automatisés d'injection, pour les services de médecine nucléaire avec TEP, les doses individuelles moyennes corps entier relevées pour les manipulateurs exposés traduisent l'intérêt de ces dispositifs : pour les travailleurs ne disposant d'aucun de ces deux types de dispositifs automatiques, la dose individuelle moyenne est de 1,35 mSv ; pour les travailleurs disposant d'au moins un type de ces dispositifs, la dose individuelle moyenne est de 1,20 mSv (Cf. Figure ci-dessous). Les résultats de dosimétrie aux extrémités par bagues montrent également que les doses individuelles moyennes des manipulateurs sont 36 % moins élevées chez ceux possédant au moins un type de ces dispositifs automatisés de préparation et/ou d'injection que chez ceux n'en disposant pas (Cf. Figure ci-dessous).

Doses moyennes corps entier et aux extrémités par bague des manipulateurs en médecine nucléaire exposés en fonction de la présence ou non de dispositifs automatisés de préparation et/ou d'injection



Enseignements

L'analyse des résultats de dosimétrie corps entier et de dosimétrie aux extrémités par bague pour l'échantillon de travailleurs retenus dans cette étude ciblée en collaboration avec l'ASN a montré que :

- le métier de manipulateur en médecine nucléaire est le plus exposé. Cette profession intervient en effet à la fois dans la préparation des médicaments et leur administration aux patients, puis pour la prise en charge de ces patients ;
- l'exposition des manipulateurs est comparable entre les services ayant une activité limitée au diagnostic et ceux ayant en plus une activité de thérapie ;
- cette exposition augmente de façon non linéaire avec le nombre d'actes réalisés par travailleur, car d'autres facteurs, conduisant par exemple à rester plus ou moins longtemps auprès du patient, sont aussi à prendre en considération ;
- les doses individuelles moyennes aux extrémités des manipulateurs en médecine nucléaire sont plus faibles dans les services avec TEP que dans les services sans TEP ;
- les dispositifs automatisés ou semi-automatisés de préparation des médicaments radio-pharmaceutiques marqués au fluor-18 et les dispositifs automatisés d'injection permettent de faire baisser l'exposition corps entier et aux extrémités ;

En conclusion, même si des disparités de niveaux d'exposition existeront sans doute toujours entre les travailleurs de ce secteur de la médecine nucléaire, l'utilisation de dispositifs automatisés s'inscrit dans la démarche d'optimisation de l'exposition.