

Le suivi de l'exposition du cristallin des travailleurs dans le domaine nucléaire sur la période 2016-2021

Contexte

Dans le cadre de la transposition de la directive européenne 2013/59/EURATOM, la valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) du cristallin aux rayonnements ionisants pour les travailleurs a été abaissée de 150 mSv/an à 20 mSv/an. Pendant une période transitoire allant de 2018 à 2023, la VLEP est fixée à 100 mSv sur cinq ans avec un maximum de 50 mSv en une année (article 7 du décret n° 2018-437 du 4 juin 2018). De même, chez les jeunes âgés de 15 à 18 ans, la VLEP du cristallin a été abaissée de 45 mSv à 15 mSv /an.

Du fait de ces diminutions de la VLEP, il apparaît comme une nécessité pour les employeurs d'identifier plus précisément les activités nécessitant une surveillance dosimétrique du cristallin. Dans le domaine nucléaire, ces activités correspondent, par exemple, aux activités en boîte à gants, aux opérations de démantèlement (activités d'inventaire, de reconditionnement, de tri et de découpe de déchets), de contrôle (contrôles qualité visuels des pastilles de combustible, des assemblages combustibles ...) et de maintenance d'équipements contaminés en fonctionnement normal.

Afin d'étudier les effectifs concernés et les doses reçues par les travailleurs du domaine nucléaire, une extraction ciblée des données du Système d'Information pour la Surveillance des Expositions professionnelles aux Rayonnements Ionisants (SISERI) a été réalisée sur la période 2016-2021. Le suivi rétrospectif des travailleurs présentant les plus fortes doses en 2021 a également été effectué. Par ailleurs, une étude de la corrélation entre les doses au cristallin et celles reçues au corps entier a été réalisée.

Une exposition du cristallin en évolution au cours de ces six dernières années

Le tableau ci-après présente, pour la période de 2016 à 2021, l'évolution des effectifs suivis pour le domaine nucléaire, de la dose totale, de la dose moyenne et de la répartition des effectifs entre les différentes classes de dose.

Il convient de noter que, sur cette période :

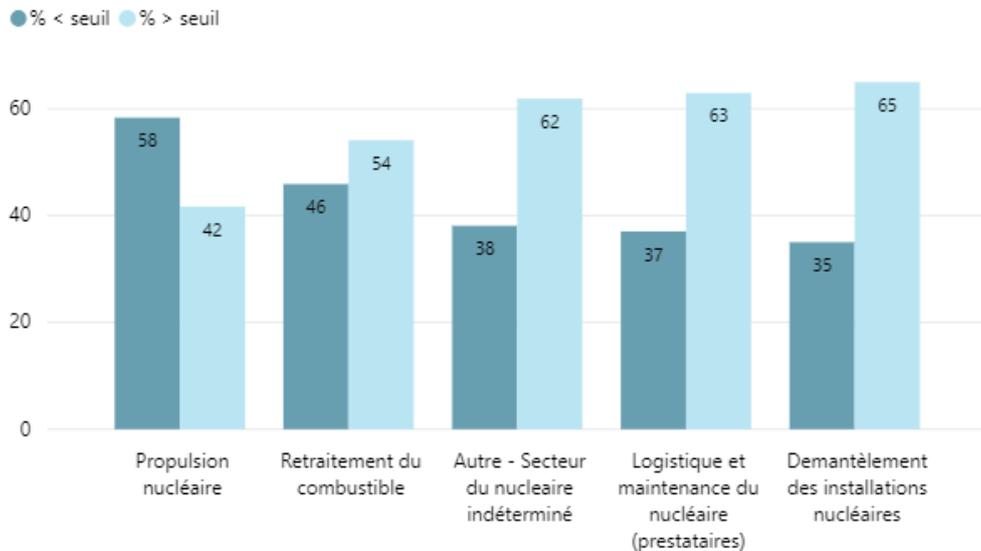
- le nombre total de travailleurs suivis par dosimétrie du cristallin est en progression entre 2016 et 2019 (64 travailleurs en 2016 *versus* 595 travailleurs en 2019), puis marque une diminution de 34 % en 2020 par rapport à 2019, avant de repartir à la hausse (+ 28 %) en 2021 par rapport à 2020 pour s'établir à 506 personnes suivies. Cette croissance de l'effectif suivi sur la période 2016-2021, exception faite de l'impact de la situation sanitaire liée à la COVID-19, particulièrement marqué en 2020, témoigne d'une anticipation de l'évolution réglementaire et de la disponibilité d'un éventail plus large de dosimètres mieux adaptés ;
- la dose totale est en constante augmentation entre 2016 et 2019, elle est passée de 22 mSv en 2016 à 670 H.mSv en 2019, reflétant une augmentation des effectifs portant ce type de dosimètre. En 2020, la dose totale diminue par rapport à 2019. Cette baisse est probablement à mettre en lien avec l'impact de la situation sanitaire due à la COVID-19 sur l'organisation du travail, notamment dans le secteur du démantèlement où certaines activités ont pu être décalées/repoussées (environ 50 % des travailleurs du domaine nucléaire suivis pour une dosimétrie au cristallin appartiennent à ce secteur). En 2021, la dose totale ré-augmente à nouveau (518 H.mSv), augmentation à rapprocher d'un contexte sanitaire amélioré ;
- la dose moyenne varie entre 0,99 mSv et 1,70 mSv selon les années ;

- les travailleurs du secteur du démantèlement des installations nucléaires représentent 47 % de l'effectif ayant un suivi cristallin, pour une contribution à la dose totale de 59 % ; sur les 5 143 travailleurs de ce secteur ayant un suivi dosimétrique corps entier en 2021, 237 d'entre eux sont concernés par une surveillance de l'exposition du cristallin avec une dose individuelle moyenne de 1,97 mSv en 2021 ;
- 27 % des effectifs suivis pour la dosimétrie du cristallin dans le domaine nucléaire appartiennent au secteur de la logistique et de la maintenance (135 travailleurs en 2021), secteur qui contribue à 28 % de la dose collective totale correspondante ;
- le reste des effectifs suivis pour la dosimétrie du cristallin (26 %) appartient principalement au secteur du retraitement du combustible (61 travailleurs avec une dose individuelle moyenne de 0,87 mSv en 2021), au secteur du nucléaire « indéterminé – autre » (42 travailleurs avec une dose individuelle moyenne de 1,26 mSv en 2021), et à celui de la propulsion nucléaire (12 travailleurs pour une dose individuelle moyenne de 1,32 mSv en 2021) ;
- l'analyse de la répartition des effectifs en fonction de leur niveau d'exposition montre que la proportion de travailleurs du domaine nucléaire ayant une dose inférieure au seuil d'enregistrement (0,1 mSv en H_p(3)) varie entre 34 % et 65 % suivant les années. Entre 2016 et 2021, aucun travailleur du domaine nucléaire n'a reçu une dose au cristallin supérieure à 20 mSv.
- la dose individuelle maximale enregistrée a été de 14,2 mSv dans le secteur de la logistique et de la maintenance nucléaire en 2019.

Evolution de l'effectif suivi et de la dose totale pour la dosimétrie du cristallin dans le domaine nucléaire sur la période 2016-2021

Année	Effectif suivi	Dose totale (mSv)	Dose moyenne sur l'effectif exposé (mSv)	Répartition des effectifs par classes de dose					Valeur Max (mSv)
				< seuil	du seuil à 5 mSv	de 5 à 20 mSv	de 20 à 50 mSv	≥ 50 mSv	
2016	64	21,82	0,99	42	22	0	0	0	3,60
2017	396	301,16	1,17	138	246	12	0	0	12,2
2018	411	417,54	1,61	151	243	17	0	0	8,60
2019	595	669,59	1,70	202	374	19	0	0	14,2
2020	394	164,41	0,99	228	161	5	0	0	10,8
2021	506	518,35	1,67	196	228	22	0	0	10,6

La Figure ci-dessous présente par secteur la répartition des doses par rapport au seuil d'enregistrement (0,1 mSv en H_p(3)) en 2021. Le nombre de travailleurs « non exposés » (dose inférieure au seuil d'enregistrement) est globalement minoritaire (39 % tous secteurs confondus). Mais des disparités existent entre les secteurs. La proportion de travailleurs suivis et non exposés varie entre 35 % pour le secteur du démantèlement des installations nucléaires à 58 % pour le secteur de la propulsion nucléaire.



Répartition (%) des effectifs suivis par rapport au seuil d'enregistrement de la dose au cristallin par secteur du domaine nucléaire en 2021

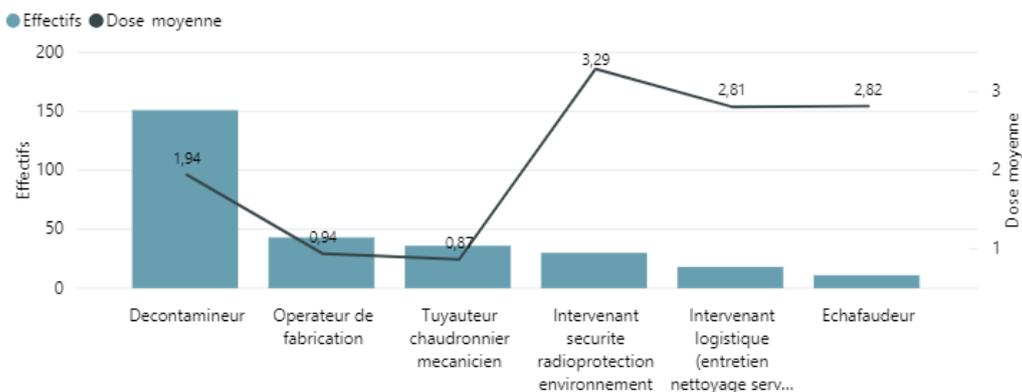
Des spécificités par métier

Il convient de noter qu'environ 0,6 % des travailleurs du domaine nucléaire sont concernés, en plus de leur suivi dosimétrique corps entier, par une surveillance de l'exposition du cristallin. Ce faible pourcentage peut s'expliquer par le fait que dans le domaine nucléaire, le risque d'exposition spécifique du cristallin est considéré à ce jour relativement faible.

Des disparités de niveaux d'exposition du cristallin sont observées en fonction du métier exercé.

Ce sont chez les décontamineurs et les opérateurs de fabrication du combustible que la dosimétrie du cristallin est la plus fréquente (respectivement 6,9 % et 1,6 % de l'effectif suivi pour la dosimétrie corps entier). Pour tous les autres métiers, la fréquence de mise en œuvre d'une dosimétrie du cristallin se situe entre 0,3 et 0,8 % (0,8 % pour les intervenants sécurité ; 0,8 % pour les tuyauteurs chaudronniers ; 0,6 % pour les échafaudeurs ; 0,3 % pour les intervenants logistique).

Dans le domaine nucléaire, les doses individuelles annuelles moyennes sur l'effectif exposé varient en fonction des métiers, allant de 0,87 mSv pour les tuyauteurs chaudronniers à 3,29 mSv pour les intervenants sécurité (Cf. Figure ci-dessous).

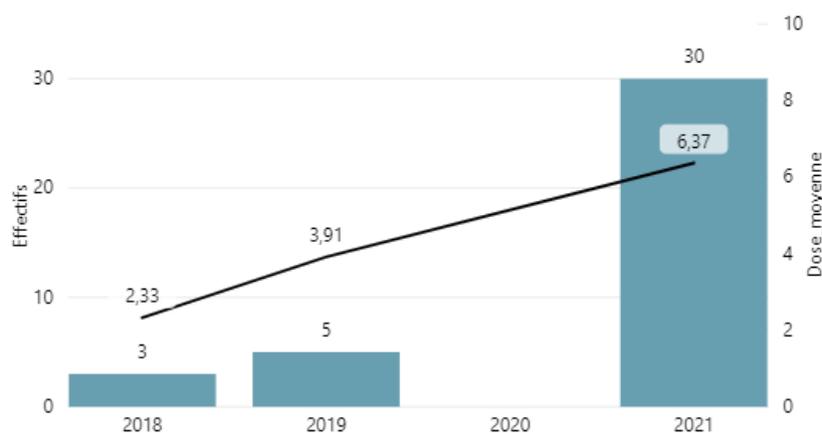


Répartition des effectifs et des doses individuelles annuelles moyennes pour la dosimétrie au cristallin (en mSv sur la courbe) par métier dans le domaine nucléaire en 2021

La suite de cette étude s'est focalisée sur les travailleurs du domaine nucléaire ayant reçu les 30 plus fortes doses au cristallin en 2021.

Evolution sur la période 2018-2021 des doses individuelles moyennes au cristallin pour les 30 travailleurs les plus exposés en 2021

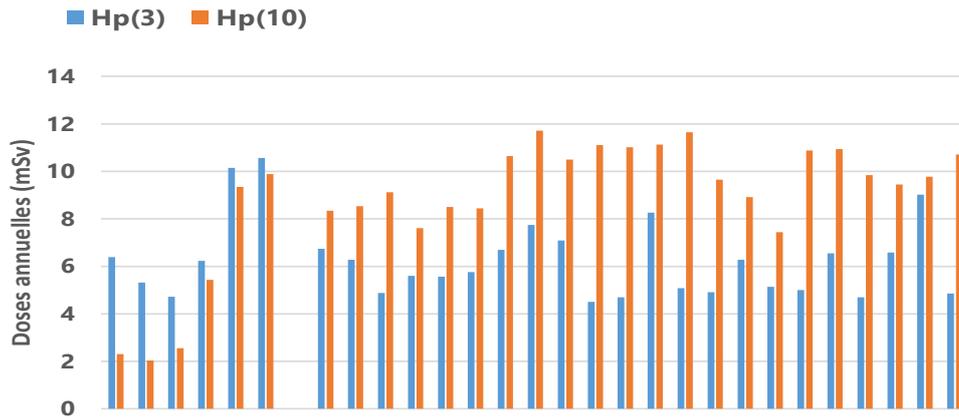
La figure ci-dessous présente les 30 travailleurs du domaine nucléaire ayant reçu les plus fortes doses au cristallin en 2021 et l'évolution de leur suivi dosimétrique au cristallin au cours des précédentes années (sauf en 2020, non pris en compte dans l'étude en raison de la situation sanitaire liée à la COVID-19). Parmi ces 30 travailleurs, trois d'entre eux étaient déjà suivis pour une dosimétrie au cristallin en 2018 et cinq en 2019 (Cf. Figure ci-dessous). La dose individuelle moyenne au cristallin enregistrée dans SISERI pour ces 30 travailleurs est de 6,37 mSv en 2021. La dose individuelle moyenne des travailleurs pour lesquels un suivi dosimétrique au cristallin existait était de 2,33 mSv en 2018 et 3,91 mSv en 2019 (sur un effectif respectivement de 3 et 5 travailleurs), ce qui tend à montrer que les expositions au cours des années précédentes sont assez faibles. Vu le faible effectif considéré (30 travailleurs), il est raisonnable de penser que les fortes doses au cristallin observées en 2021 soient circonstanciées. Pour ces travailleurs, les critères transitoires de dose au cristallin mis en place depuis 2018 en dose cumulée sur cinq ans et en dose individuelle (Cf. plus haut) sont néanmoins respectés. Parmi ces travailleurs, qui appartiennent principalement au secteur du démantèlement des installations nucléaires, la dose individuelle annuelle maximale est aux alentours de 11 mSv, reçue en 2021.



Evolution de 2018 à 2021 des effectifs (histogramme) et des doses individuelles moyennes (en mSv, courbe) pour la dosimétrie au cristallin pour les 30 travailleurs du domaine nucléaire les plus exposés en 2021

Pas de corrélation directe dose corps entier/dose au cristallin

La dose individuelle annuelle au cristallin reçue par les 30 travailleurs du domaine nucléaire ayant les plus fortes doses au cristallin en 2021 ne peut pas être considérée comme directement corrélée avec la dose individuelle annuelle corps entier. En effet, la géométrie du poste de travail peut éventuellement conduire à ce que la tête se trouve davantage exposée que le reste du corps (opérations en boîte à gants par exemple) ou pas (Cf. Figure ci-dessous). En dehors de la géométrie du poste de travail, il est à noter que $H_p(3)$ peut augmenter sans incidence sur $H_p(10)$ pour certains types de rayonnements et notamment pour certains béta. Parmi les six travailleurs pour lesquels la dose au cristallin est supérieure à la dose corps entier, trois d'entre eux sont décontamineurs mais c'est également le métier renseigné pour 8 des 24 travailleurs pour lesquels la dose au cristallin est inférieure à la dose corps entier.



Association des doses individuelles annuelles au cristallin ($H_p(3)$ en mSv) pour les 30 travailleurs du domaine nucléaire les plus exposés en 2021 et de leurs doses annuelles au corps entier ($H_p(10)$ en mSv)

Enseignement

L'abaissement de la valeur limite de dose au cristallin à 20 mSv/an renforce la nécessité, pour les employeurs, d'identifier les activités/métiers les plus à risque concernant l'exposition du cristallin, même si les postes de travail présentant des hétérogénéités significatives en termes d'exposition dans le domaine nucléaire restent relativement peu nombreux à l'heure actuelle. L'analyse des résultats de la dosimétrie au cristallin pour les travailleurs du domaine nucléaire concernés par ce suivi a montré que :

- en termes d'effectif et de dose collective, le métier de décontamineur est le plus représenté ;
- pour les travailleurs du domaine nucléaire ayant reçu les plus fortes doses au cristallin en 2021, les doses individuelles moyennes enregistrées au cours des années précédentes sont assez faibles ;
- les doses individuelles annuelles montrent que le cristallin est parfois davantage exposé que le corps entier chez les travailleurs du domaine nucléaire, même si l'effectif concerné est faible.

En conclusion, l'abaissement de la limite de dose annuelle pour le cristallin conduit à considérer avec attention la surveillance de l'exposition de cet organe et sa radioprotection. L'identification des postes à risque dans le domaine nucléaire et les besoins associés d'une surveillance dosimétrique du cristallin pour les travailleurs de ce domaine sont à poursuivre dans les cas où cela est nécessaire, notamment lorsque l'exposition ne peut pas être considérée comme homogène.