

Le suivi de l'exposition externe et interne des travailleurs dans le secteur de la fabrication du combustible sur la période 2016-2021

Contexte

Le cycle du combustible nucléaire en France correspond à l'ensemble des opérations destinées à fournir du combustible aux réacteurs nucléaires. Après les étapes d'extraction du minerai, de concentration en uranium, de conversion et d'enrichissement, les assemblages de combustible pour les réacteurs civils sont fabriqués par les entreprises FBFC sur le site nucléaire de Romans pour le combustible normal et MELOX sur le site nucléaire de Marcoule à Bagnols-sur-Cèze pour le MOX (« mixed oxides »), combustible composé d'environ 92 % d'uranium appauvri et 8 % de plutonium.

Il est à noter que le secteur de la fabrication du combustible est le secteur du nucléaire présentant la dose individuelle la plus élevée (2,58 mSv en 2021), juste devant celle du secteur de la logistique et de la maintenance nucléaire.

Afin d'étudier les effectifs concernés et les doses reçues par les travailleurs du secteur de la production du combustible 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.

Une exposition en évolution au cours de ces six dernières années

La Figure ci-après présente, pour la période de 2016 à 2021, l'évolution des effectifs suivis pour le secteur de la fabrication du combustible et de la dose externe moyenne sur l'effectif exposé.

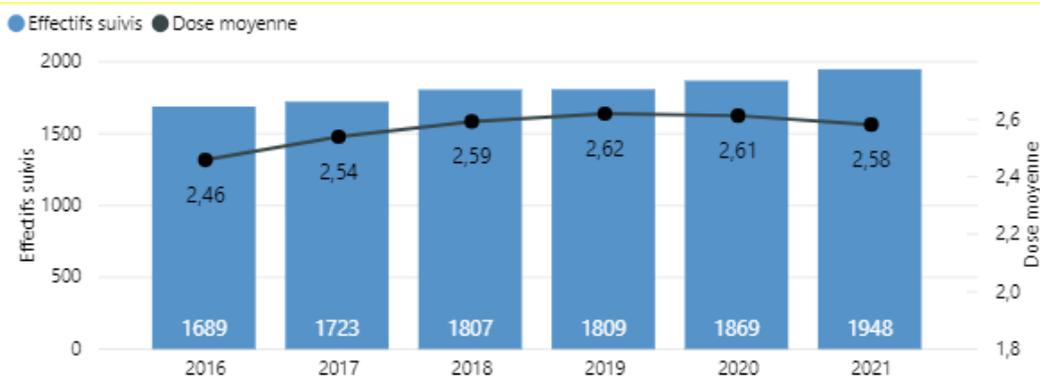
Il convient de noter que, sur cette période :

- le nombre total de travailleurs suivis pour la dosimétrie externe individuelle à lecture différée est en progression entre 2016 et 2021 (1 948 travailleurs en 2021 *versus* 1 689 travailleurs en 2016) ;
- la dose moyenne sur l'effectif exposé est restée globalement stable entre 2016 et 2021 (2,46 mSv en 2016 *versus* 2,58 mSv en 2021), sans impact majeur de la crise sanitaire due à la COVID-19. Cette stabilisation de la dose annuelle moyenne externe est en lien avec la mise en place de moyens organisationnels et techniques pour limiter l'exposition externe des travailleurs¹ ;

L'analyse de la répartition des effectifs en fonction de leur niveau d'exposition montre que la proportion de travailleurs ayant reçu une dose supérieure au seuil d'enregistrement est relativement stable depuis 2018 avec environ 37 %, *versus* 40 % et 43 % respectivement en 2016 et 2017. Entre 2016 et 2021, 879 travailleurs sur les 1948 suivis ont reçu au moins une fois une dose supérieure à 5 mSv.

La dose individuelle maximale enregistrée dans ce secteur a été de 13,33 mSv en 2017.

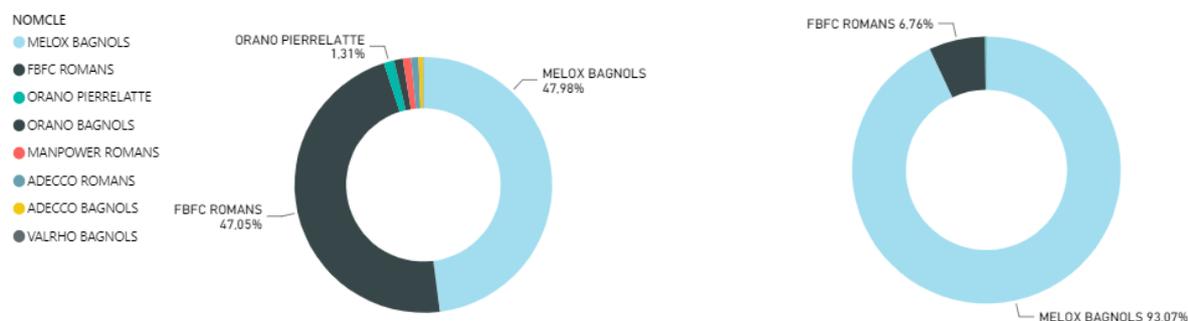
¹ Rapport d'information du site Framatome, édition 2021 et rapport d'information du site Orano Melox, édition 2020



Répartition sur la période 2016-2021 des effectifs (histogramme) et des doses individuelles moyennes pour la dosimétrie corps entier (en mSv, courbe) toutes composantes (photons + neutrons) pour le secteur de la fabrication du combustible

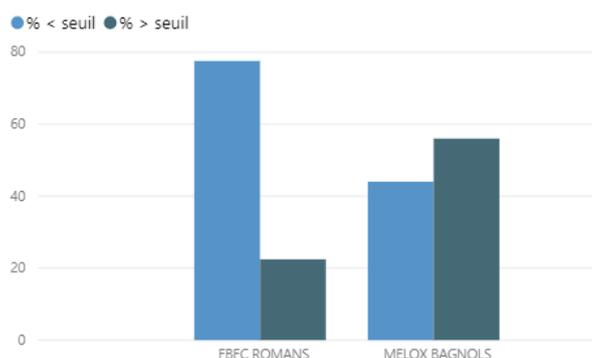
Des spécificités selon l'établissement

En 2021, il convient de noter que les travailleurs du secteur de la fabrication du combustible appartiennent très majoritairement aux deux établissements suivants : MELOX à Bagnols-sur-Cèze et FBFC à Romans-sur-Isère (Cf. Figure ci-dessous). Les travailleurs exerçant au sein de l'établissement MELOX comptent pour 48 % des effectifs du secteur et contribuent à hauteur de 93 % à la dose collective. Les travailleurs exerçant à FBFC comptent pour 47 % des effectifs du secteur et contribuent à hauteur de 7 % à la dose collective. Il apparaît également que les doses individuelles moyennes les plus élevées se retrouvent à MELOX (3,49 mSv *versus* 0,64 mSv à FBFC). Les autres travailleurs appartiennent principalement à des sociétés d'intérim ou à ORANO et ont une participation négligeable à la dose collective.



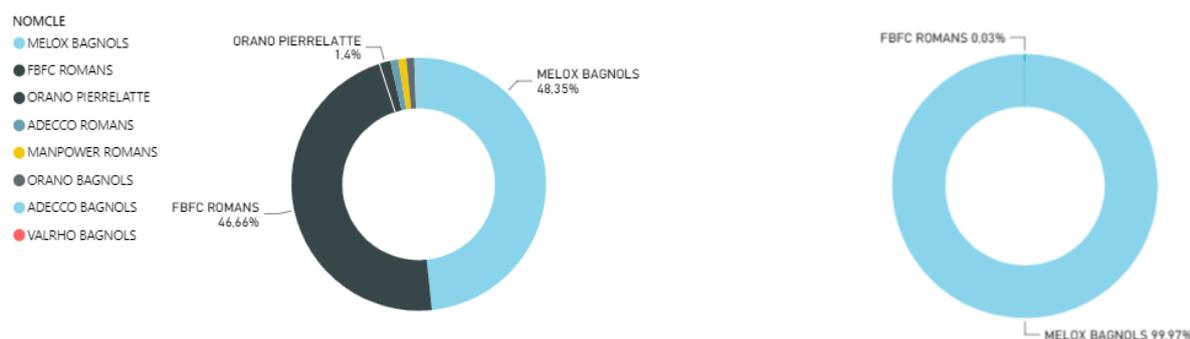
Répartition par établissement des effectifs (à gauche) et des doses collectives (à droite) enregistrées en 2021 pour la dosimétrie corps entier toutes composantes (photons + neutrons) dans le secteur de la fabrication du combustible

La Figure ci-dessous présente, pour les deux établissements précités, la répartition des doses par rapport au seuil d'enregistrement (0,1 mSv). La proportion de travailleurs n'ayant reçu aucune dose supérieure au seuil varie d'un employeur à l'autre. Pour les travailleurs de MELOX, environ 44 % d'entre eux n'ont reçu aucune dose supérieure au seuil d'enregistrement. Au sein de FBFC, la proportion de travailleurs n'ayant aucune dose supérieure au seuil d'enregistrement est d'environ 78 %.



Répartition (%) par établissement des effectifs suivis par rapport au seuil d'enregistrement de la dose (0,1 mSv) dans le secteur de la fabrication du combustible en 2021

La Figure ci-dessous présente la répartition, par établissement, des effectifs surveillés pour l'exposition aux neutrons ainsi que la dose collective associée. Il convient de noter qu'environ 48 % des effectifs suivi pour l'exposition aux neutrons appartient à l'établissement MELOX et 47 % à FBFC. Par ailleurs, la dose collective due à l'exposition aux neutrons est enregistrée pour la quasi-totalité des travailleurs au sein de l'établissement MELOX (99,97 %) et correspond à 60 % de la dose totale « corps entier ». La dose individuelle annuelle neutrons la plus forte enregistrée en 2021 dans le secteur de la fabrication du combustible est de 7,97 mSv.



Répartition par établissement des effectifs (à gauche) et des doses collectives (à droite) enregistrées en 2021 pour la dosimétrie neutrons dans le secteur de la fabrication du combustible

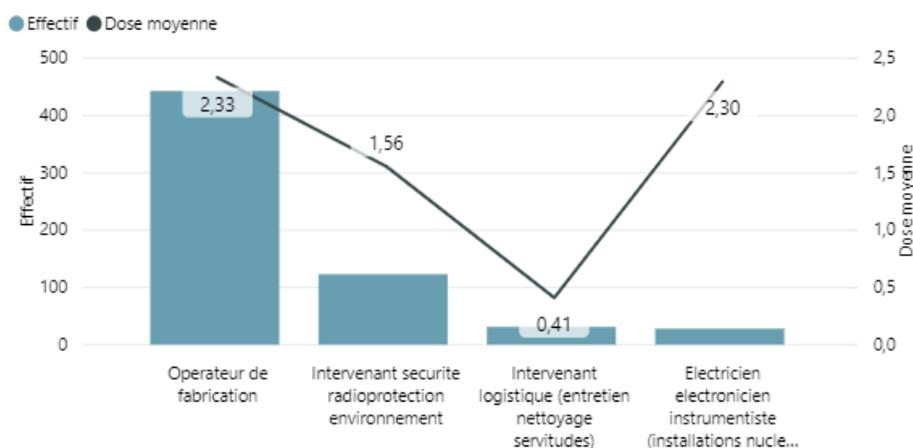
Des spécificités par métier

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

En 2021, parmi les 1 948 travailleurs du secteur de la fabrication du combustible, un métier a été renseigné dans SISERI pour environ 40% d'entre eux (774).

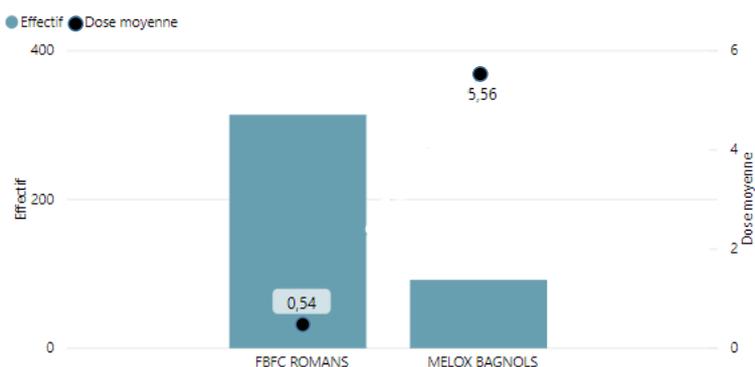
En termes d'effectif et de dose collective totale, le métier d'opérateur de fabrication apparait comme le plus exposé en 2021 (71 % de l'effectif total et 90 % de la dose collective totale), suivi par les intervenants sécurité radioprotection (20 % de l'effectif total des travailleurs exerçant leurs activités dans ce secteur et 9 % de la dose collective totale).

Ce classement se confirme par l'examen des doses individuelles moyennes (photons + neutrons) sur l'effectif exposé ; celles-ci varient en fonction des métiers (Cf. Figure ci-dessous) : 2,33 mSv pour les opérateurs de fabrication ; 2,30 mSv pour les électriciens ou électroniciens ; 1,56 mSv pour les intervenants sécurité radioprotection ; 0,41 mSv pour les intervenants logistiques. Les opérateurs de fabrication assurent le fonctionnement technique des unités de fabrication et font le suivi en local du bon fonctionnement des équipements nécessaires au maintien de l'installation à son niveau optimal de production. Les prestataires, classés dans SISERI dans le secteur de la logistique et de la maintenance nucléaire sans précision du secteur d'activité, ne sont pas pris en considération ici.



Répartition par métier des effectifs (histogramme) et des doses individuelles moyennes (courbe, en mSv) enregistrées en 2021 pour la dosimétrie corps entier dans le secteur de la fabrication du combustible

Dans le secteur de la fabrication du combustible, les doses individuelles annuelles moyennes (photons + neutrons) sur l'effectif exposé pour le métier d'opérateur de fabrication varient en fonction de l'établissement (Cf. Figure ci-dessous) : 0,54 mSv pour l'établissement FBFC *versus* 5,56 mSv pour l'établissement MELOX. Cet écart est à mettre sur le compte des différences dans les activités (notamment le type de combustible manipulé) donnant lieu, par nature, à des expositions plus ou moins importantes, et non à un défaut de mise en œuvre de la radioprotection dans l'un des établissements. La manipulation de plutonium dans l'un de ces deux établissements est à l'origine des doses plus élevées.



Répartition pour le métier d'opérateur de fabrication des effectifs (histogramme) et des doses individuelles moyennes (photons+neutrons) (courbe, en mSv) enregistrées en 2021 pour la dosimétrie corps entier pour les établissements MELOX et FBFC du secteur de la fabrication du combustible

L'exposition aux extrémités des travailleurs de ce secteur

En 2021, parmi les 1 948 travailleurs exerçant leurs activités dans le secteur de la fabrication du combustible, 545 ont également un suivi de l'exposition aux extrémités à l'aide d'un dosimètre poignet, dont 536 à MELOX. La dose individuelle moyenne sur l'effectif exposé aux extrémités (supérieur au seuil de 0,1 mSv en $H_p(0,07)$) est de 25,33 mSv pour les travailleurs exerçant dans ce secteur (*versus* 10,58 mSv pour l'ensemble du domaine nucléaire). Tous les opérateurs de fabrication exerçant au sein de l'établissement MELOX ont un suivi dosimétrique aux extrémités, avec une dose individuelle moyenne de 51,90 mSv. Un seul opérateur de fabrication est suivi par dosimétrie des extrémités au sein de l'établissement FBFC, témoignant pour un même métier, d'une certaine hétérogénéité de pratique d'un établissement à l'autre ou provenant d'études de poste conduisant à exonérer FBFC du port d'un dosimètre pour les extrémités. La dose individuelle annuelle maximale aux extrémités est de 171,14 mSv pour un de ces travailleurs, la valeur limite réglementaire d'exposition étant de 500 mSv.

L'exposition interne des travailleurs de ce secteur

Sur les 1 948 travailleurs du secteur de la fabrication du combustible suivi pour l'exposition externe en 2021, environ 98 % d'entre eux ont également été suivis pour une surveillance de routine de l'exposition interne (analyses radiotoxicologiques). Il convient notamment de noter que, sur les 843 analyses radiotoxicologiques réalisées, 13 % se sont révélées positives et ont concerné 106 travailleurs. À propos de la surveillance spéciale, mise en place suite à des événements anormaux réels ou suspectés, sur un nombre total de 84 analyses réalisées, 18 % se sont révélées positives et ont concerné 7 travailleurs du secteur.

En 2020, un cas de dépassement ponctuel de la limite de dose efficace de 20 mSv sur 12 mois consécutifs, due à une exposition interne, a été enregistré pour un travailleur du secteur de la fabrication du combustible. Cet événement a été classé au niveau 2 de l'échelle INES. L'analyse de l'exploitant n'a pas montré de dysfonctionnement technique ni de geste inapproprié de l'opérateur. Néanmoins, des actions correctives ont été définies, notamment en matière d'ergonomie du poste de travail.

Enseignements

L'analyse des résultats de dosimétrie pour les travailleurs du secteur de la fabrication du combustible concernés par ce suivi a montré que les métiers d'opérateurs de fabrication et d'électriciens ou électroniciens apparaissent comme les plus exposés. Néanmoins, l'analyse des résultats du suivi dosimétrique des travailleurs selon les métiers exercés est toujours difficile à réaliser par manque d'information (dans le secteur de la fabrication du combustible, le métier n'est renseigné dans SISERI que pour 774 travailleurs sur 1 948). Quel que soit le type de dosimétrie (corps entier, neutrons, extrémités), de fortes disparités d'exposition existent entre les deux principaux établissements de ce secteur, provenant essentiellement du type de combustible manipulé. Dans un contexte de production plutôt à la baisse et d'un vieillissement des installations², les doses individuelles moyennes enregistrées au cours des quatre dernières années sont assez stables pour les travailleurs de ce secteur.

² Rapport d'information du site Framatome, édition 2021 et rapport d'information du site Orano Melox, édition 2020