

Le suivi de l'exposition des travailleurs dans le secteur de la production et du conditionnement des radio-isotopes dans les cyclotrons

Contexte

Un cyclotron est un équipement appartenant à la famille des accélérateurs de particules. Les cyclotrons de basse et moyenne énergie sont principalement utilisés en recherche et dans l'industrie pharmaceutique pour fabriquer des radionucléides émetteurs de positons, tels que le fluor 18 ou le carbone 11. Ces radionucléides sont ensuite combinés à des molécules pour devenir des produits radio-pharmaceutiques utilisés en médecine nucléaire (diagnostic par imagerie ou administration thérapeutique). En France, 31 cyclotrons de basse et moyenne énergie sont actuellement autorisés au titre du code de la santé publique et sont en fonctionnement au 31 décembre 2020.

Afin d'évaluer le niveau d'exposition des personnels exerçant leurs activités dans les cyclotrons au cours des cinq dernières années, en fonction du type d'activité des cyclotrons (production pour application médicale, recherche), du type de métier et du type de contrat de travail, les données issues des bases de l'inventaire national des sources (SIGIS) et du Système d'Information pour la Surveillance des Expositions professionnelles aux Rayonnements Ionisants (SISERI) ont été extraites et analysées.

Quelques chiffres clés de l'exposition corps entier pour la période de 2016 à 2020

Le Tableau ci-dessous présente l'évolution, sur cinq ans, des effectifs suivis, de la dose collective, de la dose moyenne et de la répartition des effectifs entre les différentes classes de dose pour les travailleurs exerçant leur activité dans les cyclotrons en France.

Il convient de noter que :

- le nombre total de travailleurs suivis est en augmentation entre 2016 et 2020 (888 travailleurs en 2020 *versus* 771 travailleurs en 2016) ;
- la dose collective totale, relativement stable entre 2016 et 2018, a fortement augmenté en 2019 (+ 29 % par rapport à 2018), suivi d'une relative stabilité en 2020 (-2 % par rapport à 2019) ;
- la dose moyenne augmente progressivement entre 2016 (1,02 mSv) et 2019 (1,26 mSv) (*versus* 0,90 mSv pour l'ensemble du domaine de l'industrie non nucléaire), suivie d'une diminution en 2020 (1,14 mSv). Cette augmentation de la dose (hormis en 2020 où on ne peut ignorer un potentiel impact de la crise sanitaire) peut être mise en corrélation avec une augmentation du nombre de livraisons de fluor 18 (+ 5 % par an) et donc de l'activité totale livrée par année (basée sur les données des bilans des achats/ventes des fournisseurs de sources non scellées). Il est à noter également que le nombre de cyclotrons en fonctionnement est passé de 30 en 2016 à 31 en 2018 ;
- 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 aux alentours de 50 % depuis 2016 (contre 20 % pour l'ensemble du domaine de l'industrie non nucléaire). Entre 2016 et 2020, 67 travailleurs ont reçu une dose supérieure à 5 mSv ;
- une dose individuelle maximale de 19,5 mSv a été enregistrée en 2019.

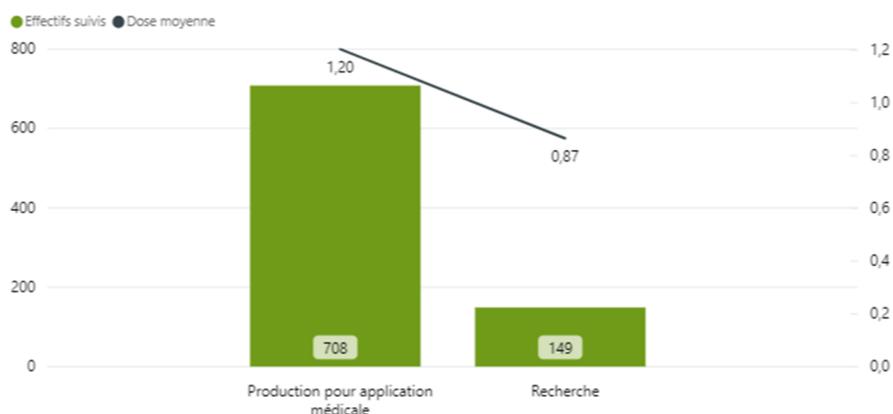
Evolution de l'effectif et de la dose collective totale pour les travailleurs exerçant leurs activités dans les cyclotrons sur la période 2016 - 2020

Année	Effectif cumulé suivi ^(a)	Dose collective (Homme.mSv)	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
2016	771	0,42	1,02	364	272	121	14	0	0	0
2017	803	0,43	1,08	405	243	144	11	0	0	0
2018	784	0,40	1,10	420	239	111	14	0	0	0
2019	855	0,52	1,26	444	238	158	13	0	2	0
2020	888	0,51	1,14	444	270	161	11	2	0	0

Des travailleurs diversement exposés en fonction du type de cyclotrons

En 2020, il convient de noter que les travailleurs des cyclotrons produisant pour des applications médicales représentent plus des trois quarts de l'effectif total exerçant dans les cyclotrons et contribuent à près de 89 % de la dose collective. Les cyclotrons produisant pour des applications de recherche comptent environ 17 % des effectifs et contribuent à hauteur de 11 % à la dose collective (Cf. Figure ci-dessous).

En termes de doses individuelles moyennes, elles sont plus faibles d'environ 28 % pour les travailleurs des cyclotrons de type « recherche » par rapport à ceux qui travaillent dans des cyclotrons de type « médical » (Cf. Figure ci-dessous). Cette différence de doses moyennes peut s'expliquer au moins en partie par des volumes et des rythmes de production et de conditionnement de radio-isotopes différents entre ces deux types d'applications.



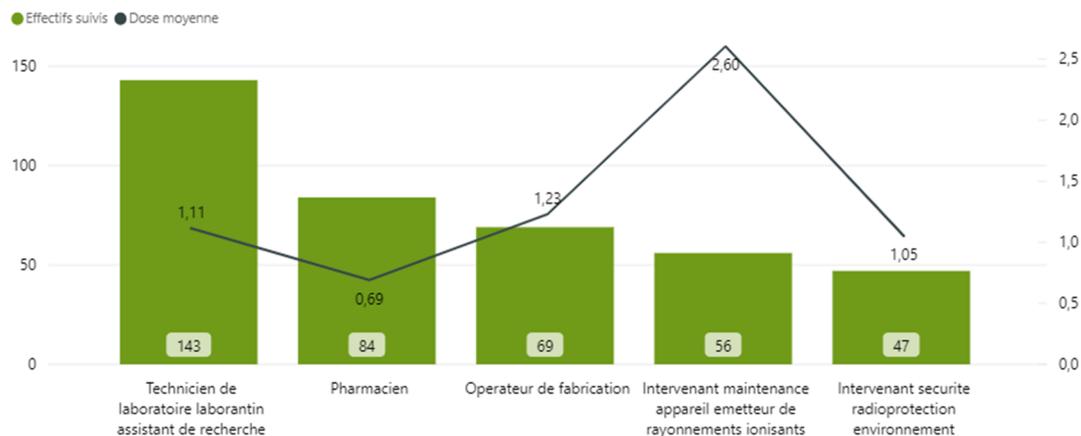
Répartition des effectifs suivis (histogramme) et des doses individuelles moyennes pour la dosimétrie externe corps entier (en mSv, courbe) en fonction du type de cyclotrons en 2020

En 2020, parmi les 888 travailleurs exerçant leurs activités dans les cyclotrons, 539 ont également un suivi de l'exposition aux extrémités à l'aide d'un dosimètre bague. La dose individuelle moyenne aux extrémités est de 4,39 mSv pour les travailleurs exerçant dans les cyclotrons (*versus* 2,34 mSv pour l'ensemble du domaine de l'industrie non nucléaire). La dose individuelle annuelle maximale aux extrémités est de 163,7 mSv, pour un travailleur exerçant dans un cyclotron produisant pour des applications médicales.

Des spécificités par métier

En termes d'effectif et de dose collective totale, le métier d'intervenant en maintenance des appareils émetteurs de rayonnements ionisants apparaît comme le plus exposé (6 % de l'effectif total et 22 % de la dose collective totale), suivi par la catégorie de métiers regroupant les techniciens de laboratoire, les laborantins et les assistants de recherche (16 % de l'effectif total des travailleurs exerçant leurs activités dans les cyclotrons et 17 % de la dose collective totale).

Ce classement se confirme à l'examen des doses individuelles moyennes sur l'effectif exposé qui varie en fonction des métiers (Cf. Figure ci-dessous) : 2,60 mSv pour les intervenants en maintenance des appareils émetteurs de rayonnements ionisants ; 1,23 mSv pour les opérateurs de fabrication ; 1,11 mSv pour les techniciens de laboratoire, laborantins, assistants de recherche ; 1,05 mSv pour les intervenants sécurité radioprotection environnement et 0,69 mSv pour les pharmaciens. Les intervenants en maintenance qui interviennent au plus proche des pièces activées des cyclotrons afin, par exemple, de procéder à leurs remplacements ; ils accèdent aux casemates cyclotrons également utilisées pour l'entreposage des déchets d'activation des cyclotrons.



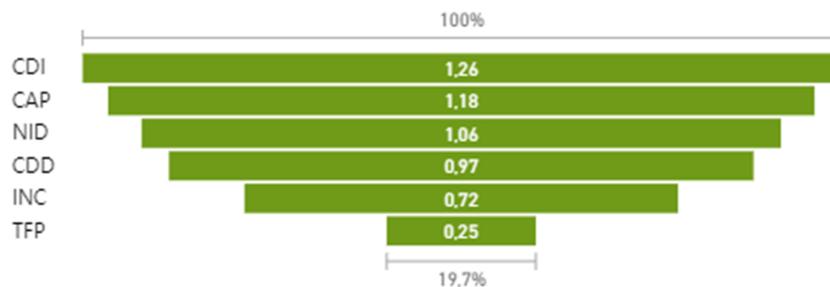
Répartition des effectifs (histogramme) et des doses individuelles moyennes pour la dosimétrie corps entier (courbe, en mSv) par métier dans les cyclotrons en 2020

Les contrats en CDI majoritaires chez les travailleurs des cyclotrons

La majorité des travailleurs exerçant leurs activités dans les cyclotrons sont en contrat à durée indéterminée (CDI) pour 51 % d'entre eux ; 10 % sont en contrat à durée déterminée (CDD), 5 % sont titulaires de la fonction publique (TFP) et 3 % sont en contrats d'apprentissage (CAP), le reste se répartissant entre les stages (STG) et l'intérim (CTT), environ 1 % chacun). Il convient de noter que, pour 28 % des travailleurs, le type de contrat n'a pas été renseigné par l'employeur (NID ou INC) dans SISERI.

Concernant la dose collective, là encore, c'est le personnel en CDI qui représente la grande majorité de cette dose (68 %). Les autres types de contrat ne représentent qu'entre 1 et 11 % chacun de la dose collective.

Il apparaît également que les doses individuelles moyennes les plus élevées chez ces travailleurs se retrouvent chez le personnel en CDI (1,26 mSv). Les travailleurs en CAP ont quant-à-eux une dose individuelle moyenne de 1,18 mSv, suivis par ceux qui sont en CDD (0,97mSv). Les TFP ont la plus faible dose individuelle moyenne du secteur avec 0,25 mSv (Cf. Figure ci-dessous).



Répartition des doses individuelles moyennes en fonction du type de contrat pour la dosimétrie corps entier pour les travailleurs exerçant leurs activités dans les cyclotrons en 2020

Enseignements

Cette étude suggère que les travailleurs exerçant leur activité dans les cyclotrons sont globalement les plus exposés du domaine de l'industrie non nucléaire. Des disparités de niveaux d'exposition existent entre les travailleurs en fonction du type de cyclotrons et du type de métier exercé. Le métier d'intervenant en maintenance des appareils émetteurs de rayonnements ionisants exerçant dans les cyclotrons de production pour application médicale est le plus exposé. Il est également à noter que ces travailleurs sont majoritairement en CDI mais que la dose individuelle de ceux en contrat d'apprentissage (CAP) est particulièrement importante (30 % d'entre eux ont reçu une dose comprise entre 1 et 5 mSv) alors que leur temps de travail est partagé entre l'entreprise et l'école.