

EVALUATION DE LA DOSE EFFICACE ENGAGEE LIEE AUX OPERATIONS D'INJECTION DE COLIS DE DECHETS TFA CONTENANT DU TRITIUM

**Bénédicte HILLAIREAU (ASTERALIS), Pedro CALDEIRA IDEIAS (IRSN),
Eric CARADEC (ANDRA)**

ASTERALIS
Site Cires Andra - RD 960 10500 MORVILLIERS

Le contexte

L'entreprise ASTERALIS, filiale de Veolia spécialisée dans la gestion des déchets et l'assainissement dans le domaine nucléaire, assure depuis 2008 l'exploitation des alvéoles de stockage des déchets de Très Faible Activité (TFA) du Centre Industriel de Regroupement, d'Entreposage et de Stockage (Cires) pour le compte de l'Andra.

Pour les déchets TFA destinés au stockage présentant une contamination surfacique labile significative¹, la mise en place de sable pour combler les vides interstitiels à l'intérieur du colis n'est pas possible, car le colis ne peut être ouvert sans risque de remise en suspension des substances radioactives. Ces déchets sont alors conditionnés dans des caissons métalliques fermés de 5 m³, ou en conteneur perdu, avant d'être expédiés au Cires pour y subir une opération d'injection de mortier afin de bloquer les déchets et de contribuer à la stabilité du stockage à court et à long terme.

Ce traitement par injection, réalisé dans l'alvéole juste avant le stockage définitif des colis, concerne essentiellement des déchets métalliques livrés dans des emballages étanches.

Afin d'éviter toute dissémination de poussières radioactives à l'extérieur du caisson lors de l'opération d'injection, et ainsi limiter les risques d'exposition des intervenants chargés de cette opération, l'évent du caisson ou du conteneur à injecter est équipé d'un filtre de Très Haute Efficacité (THE) destiné à filtrer l'air expulsé lors de l'injection. Ce filtre est totalement inefficace pour certains radionucléides, comme le tritium, le carbone 14 et le radon.

La problématique

Dans le cadre de la démarche d'amélioration de la gestion des risques liés à la prise en charge et au traitement des colis de déchets TFA tritiés pour stockage au Cires, engagée conjointement par l'Andra et ASTERALIS, et afin de pouvoir évaluer la dose efficace engagée reçue par les opérateurs lors de l'injection de ces colis, ASTERALIS a proposé et réalisé en collaboration avec l'IRSN une campagne de prélèvements du tritium dans l'air (sous forme HTO) à proximité du chantier. Cette étude a été menée dans le cadre d'un stage du master européen de radioprotection de Grenoble.

Compte tenu des données techniques concernant les caractéristiques des colis et les conditions d'injection, les concentrations en tritium à caractériser dans l'air de la zone de travail et du reste de l'alvéole sont estimées faibles et de courte durée (quelques heures). C'est pourquoi, les meilleures techniques disponibles pour le prélèvement atmosphérique du tritium ont été choisies pour les besoins de l'étude : condenseur H3R 7000, commercialisé par SDEC (brevet IRSN – Marine Nationale), et préleveurs passifs récemment développés par l'IRSN. Cette campagne de prélèvements a été réalisée en collaboration avec l'IRSN pour avis sur la stratégie d'implantation des dispositifs choisie, la fourniture du matériel et l'analyse des échantillons prélevés.

¹ C'est-à-dire supérieure à 4 Bq/cm² pour les radionucléides émetteurs bêta et gamma et les émetteurs alpha de faible toxicité et 0,4 Bq/cm² pour tous les autres émetteurs alpha

Matériel et méthode

Le condenseur H3R 7000 prélève le tritium sous forme HTO par un procédé de cryogénéisation de la vapeur d'eau présente dans l'air ambiant. Cette technique permet un échantillonnage de courte durée (une trentaine de minutes), et offre des limites de détection particulièrement basses ($\square 0,01 \text{ Bq/m}^3$) avec des moyens courants d'analyse en laboratoire.

Le système de prélèvement passif de tritium dans l'air développé et qualifié par l'IRSN, repose sur le principe du piégeage de la vapeur d'eau sur un matériau adsorbant (tamis moléculaire) contenu dans un récipient spécialement conçu à cet effet pour garantir une bonne représentativité du prélèvement dans le temps. Le préleveur passif est ensuite traité en laboratoire dans un four de désorption pour récupérer l'eau tritiée. La durée minimale de prélèvement recommandée est de 24 h, permettant d'atteindre une limite de détection comparable à celle du condenseur.

La campagne de prélèvements a été réalisée du 08 au 10 juillet 2014 à l'occasion d'une campagne d'injection de conteneurs ISO 20 pieds 1/2 hauteur de déchets tritiés provenant de la collecte assurée par l'Andra des déchets des petits producteurs et reconditionnés en conteneurs à injecter. Deux zones de prélèvement ont été définies : au niveau de la zone d'injection et au milieu de l'alvéole.

L'état de référence a été réalisé par des prélèvements effectués avant le début des opérations d'injection de colis tritiés :

- au milieu de l'alvéole : 2 prélèvements par condenseur H3R 7000 (1 l'après-midi et 1 le matin) ;
- au niveau de la zone d'injection : 2 prélèvements par condenseur H3R 7000 (1 l'après-midi et 1 le matin) et 4 préleveurs passifs (durée de prélèvement 24h).

Les colis tritiés à injecter étaient déjà en place dans l'alvéole au moment de la réalisation de ces prélèvements. Les prélèvements réalisés avec les condenseurs H3R 7000, placés au sol dans chaque zone de prélèvement, ont été lancés simultanément.

Durant les opérations d'injection, les deux zones de prélèvements étaient les mêmes. Le condenseur H3R 7000 installé dans la zone d'injection a été posé sur un chariot relevable fourni par l'IRSN dans le but d'être représentatif des conditions d'exposition de l'opérateur.

Les prélèvements suivants ont été réalisés.

- Au milieu de l'alvéole :
 - o 3 prélèvements par condenseur H3R 7000 (2 durant l'injection et un le lendemain matin) ;
 - o 1 préleveur passif (durée 24h).
- Au niveau de la zone d'injection :
 - o 3 prélèvements par condenseur H3R 7000 (2 durant l'injection et un le lendemain matin) ;
 - o 1 préleveur passif spécifique porté sur une ceinture par un opérateur durant l'injection.

Résultats d'analyse des prélèvements (activité volumique du tritium dans l'air)

Les échantillons prélevés à l'aide des condenseurs H3R 7000 et des préleveurs passifs ont été analysés par l'IRSN.

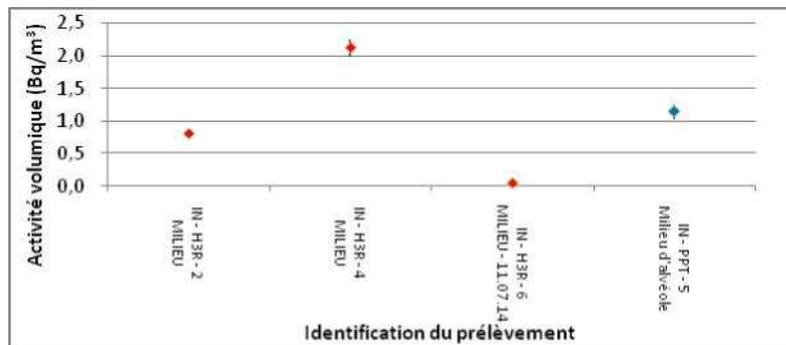
Point zéro :

- en milieu d'alvéole : les deux prélèvements effectués à l'aide du condenseur H3R 7000 le matin et l'après-midi donnent des résultats très proches : respectivement 0,28 et 0,26 Bq/m^3 ;

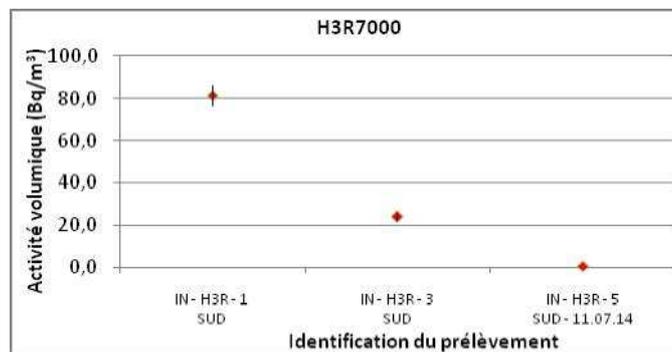
- au niveau de la zone d'injection : les deux prélèvements effectués à l'aide du condenseur H3R 7000 le matin et l'après-midi donnent des valeurs plus élevées et d'une plus grande variabilité : respectivement 5,55 et 0,93 Bq/m³. L'analyse des échantillons des 4 préleveurs passifs placés pendant 24h sur les colis en attente d'injection donne les résultats suivants : 0,37, 0,50, 0,92 et 1,28 Bq/m³. L'ensemble de ces résultats, comparés à ceux obtenus en milieu d'alvéole (à distance de la zone d'injection), indique un faible dégazage de tritium des colis en attente d'injection.

Durant les opérations d'injection :

- en milieu d'alvéole : le graphique ci-dessous représente les variations de l'activité volumique en tritium dans l'air au milieu de l'alvéole, observées par les prélèvements par condenseur H3R 7000 (points rouges) et par préleveur passif (point bleu). Le prélèvement IN-H3R-6 a été effectué le lendemain de la campagne d'injection.



- au niveau de la zone d'injection : le graphique ci-dessous représente les variations de l'activité volumique en tritium dans l'air au niveau de la zone d'injection observées par les prélèvements par condenseurs H3R 7000. Le prélèvement IN-H3R-5 a été effectué le lendemain de la campagne d'injection.



Le prélèvement effectué à l'aide du préleveur passif porté par un des opérateurs présents lors de l'injection des colis a été réalisé sur 24h ; après la campagne d'injection, il a été placé dans un local dépourvu d'ambiance tritium afin d'être le plus représentatif possible de l'exposition de l'opérateur. L'activité volumique en tritium déduite de ce prélèvement, ramenée à 3 heures correspondant à la durée totale de la campagne d'injection des colis tritiés du 10 juillet 2014, est de 60,0 ± 3,6 Bq.m⁻³.

L'ensemble de ces résultats obtenus sont cohérents entre eux :

- les concentrations de tritium dans l'air dans la zone d'injection étaient de quelques dizaines de Bq/m³ durant les opérations d'injection ;
- il est constaté une très faible augmentation de la concentration en tritium dans l'air en milieu d'alvéole pendant les opérations d'injection, de l'ordre du Bq/m³ ;

- le lendemain de la campagne d'injection, les concentrations en tritium dans l'air sont revenues au niveau des valeurs mesurées lors du point zéro (0,05 et 0,31 Bq/m³).

Interprétation dosimétrique des résultats

Afin d'estimer la dose efficace engagée pour l'injection des colis tritiés ayant eu lieu le 10 juillet 2014, deux méthodes utilisant les résultats de mesure ont été employées, en supposant un débit respiratoire pour les opérateurs de 2,58 m³/h, ce qui correspond à une activité intense.

La première méthode considère les activités volumiques mesurées par le condenseur H3R 7000, en considérant une durée de 30 minutes (durée de prélèvement) pour chacun des deux prélèvements, soit une heure au total ; la dose efficace engagée estimée sur cette durée est de $2,4 \cdot 10^{-3} \mu\text{Sv}$. En extrapolant cette valeur sur une durée d'injection totale de 3 heures (8 colis injectés avec 20 minutes d'injection par colis) et en supposant que l'activité volumique en tritium dans la zone d'injection est restée similaire durant l'ensemble des opérations d'injection, la dose efficace engagée serait de $3 \times 2,4 \cdot 10^{-3} \mu\text{Sv}$, soit $7,2 \cdot 10^{-3} \mu\text{Sv}$.

La seconde méthode considère l'activité volumique mesurée à partir du préleveur passif porté par l'opérateur, ramenée à 3 heures (durée de la campagne) ; la dose efficace engagée ainsi estimée serait de $8,4 \cdot 10^{-3} \mu\text{Sv}$, valeur cohérente avec celle obtenue avec la première méthode.

Conclusion

Les techniques de prélèvement utilisées lors de cette étude ont permis de quantifier les concentrations en tritium dans l'air avant, pendant et après les opérations d'injection de colis tritiés dans l'alvéole de stockage du Cires. Les valeurs obtenues par les deux techniques employées (condenseur H3R 7000 et préleveur passif développé par l'IRSN) sont cohérentes entre elles ; elles permettent de mettre en évidence une très faible émission de tritium à proximité des colis avant injection et, comme attendu, des concentrations plus importantes au moment des opérations d'injection.

Les prélèvements ont été réalisés lors de l'injection de colis présentant une quantité de tritium plutôt élevée parmi les colis acceptés au Cires. Pour autant, les doses efficaces engagées par les travailleurs présents lors des opérations d'injection sont très faibles, de l'ordre de 500 fois plus petites que les doses prévisionnelles estimées avant la campagne d'injection à partir des données fournies sur les caractéristiques des colis et le choix d'hypothèses enveloppes sur les rejets et la dispersion du tritium dans la zone de travail. Ces résultats démontrent que l'exposition des opérateurs au tritium lors des injections de ce type de colis peut être considérée comme négligeable.

En termes de perspective, cette étude permet de dégager plusieurs pistes à approfondir :

- il y aurait un intérêt à renouveler une surveillance par préleveur passif porté par un opérateur lors de prochaines injections de colis tritiés dans le but de s'assurer que les mêmes conditions d'exposition sont toujours présentes (faibles activités volumiques en tritium n'entraînant pas d'exposition interne significative pour les opérateurs) ;
- la surveillance par prélèvement avec un condenseur H3R 7000 apparaît pertinente pour réaliser des prélèvements tant d'ambiance que de surveillance pour des activités particulières, la durée de prélèvement étant courte (30 minutes) ;
- pour des études particulières, telles que des cartographies d'ambiance en tritium au sein d'un bâtiment, ou pour des opérations de durée plus importante (de l'ordre de plusieurs heures) avec des variations importantes d'activité volumique en tritium au cours de l'opération, la surveillance par préleveur passif apparaît la plus appropriée.