

Introduction

La problématique liée aux déchets tritiés est présente depuis des dizaines d'années, mais aucune avancée notable n'a été réalisée du fait de la faible quantité de ces déchets. Ces déchets étaient principalement produits par le secteur de la défense (viseurs, cadrans luminescents ...) (Figure 1)

Le volume de ces déchets est amené à croître fortement en raison notamment d'un nouveau projet (ITER) sur le site de Cadarache. Ce projet est en collaboration avec 35 pays; il prévoit d'utiliser la fusion comme source d'énergie entre le deutérium et le tritium. La gestion de ces déchets étant complexes du fait des propriétés volatiles du tritium, des solutions sont actuellement en étude et phase de test.

Comment peut-on améliorer la gestion des déchets tritiés ?

Volume déchets tritiés solides par secteur

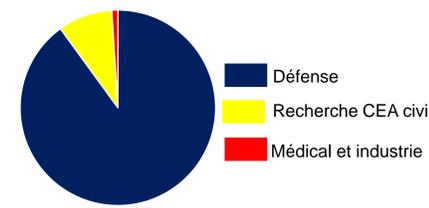


Figure 1. Volume déchets tritiés solides par secteur : d'après CEA

I. Déchets tritiés

Tritium	
3,6 kg de tritium à l'état naturel soit un atome pour 10 ¹⁸ atome d'oxygène	Période de demi-vie courte : 12,32 ans
Désintégration en He	Emetteur de rayonnements β de faible énergie : 5,7 keV
3 formes : HTO (liquide), HT/T2 (gazeux), OBT (matière organique)	Danger en cas de contamination : se lie avec les atomes CHON et rentre dans l'ADN
Historique : Produit par les essais d'armes thermonucléaires atmosphériques entre 1945 et 1963	Produit par les INB (installations nucléaires de base) par activation des éléments légers du circuit

Les déchets tritiés proviennent du tritium (figure 2), radionucléide présent dans l'atmosphère naturellement en infime quantité.

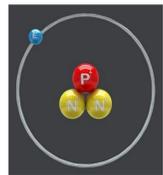
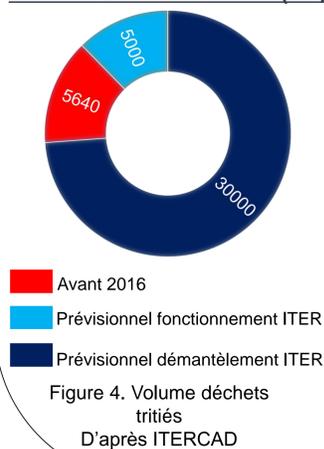


Figure 2. Tritium Source ITER



Figure 3. Chantier ITER Source Andra

Volume Déchets tritiés (m³)



Déchets tritiés	
5640 m³ de déchets solides/liquides entreposés en 2016	Production d'environ 50 m³ par an
ITER : ■ 5000 m³ pendant l'utilisation ■ 30000 m³ pendant le démantèlement	
Catégories de déchets tritiés TFA (très faible activité) : Déchets tritiés purs peu dégazant Déchets tritiés purs dégazant : Déchets uraniés tritiés déchets irradiants tritiés à vie courte : déchets irradiants tritiés à vie longue	
Fusion deutérium/tritium $2_1H + 3_1H = 4_2He + 1_0n$	
Difficulté de confinement : problématique de dégazage ITER produira 4 catégories de déchets : TFA : 50,6 % Déchets tritiés purs dégazant (1%) FMA-VC (Faible et moyenne activité à vie courte) : 39 % MAVL (Moyenne activité à vie longue) : 9,4%	

II. Gestion et traitement actuels

La préconisation d'entreposage est de 50 ans soit 4 périodes de demi-vie environ avant un envoi à l'ANDRA.

Gestion et traitement actuels	
A > 10 Tbq/fût ou dégazage > 55 MBq/jour/colis	A < 10 Tbq/fût ou Dégazage < 55 MBq/jour/colis
Traitement puis entreposage de décroissance	Entreposage de décroissance
<input type="checkbox"/> Déchets métalliques : Fusion Lingots peu dégazant + eau faiblement tritié <input type="checkbox"/> Déchets organiques : Etuvage Eau faiblement tritié + déchets compactés	<input type="checkbox"/> Entreposage au CEA de Valduc actuellement <input type="checkbox"/> Entreposage à Cadarache pour les futurs déchets d'ITER

Néanmoins cette solution d'entreposage de décroissance a ses limites d'un point de vue d'espace disponible mais également d'un point de vue sociétal puisque les établissements accueillant ces déchets radioactifs ne sont pas prévus initialement pour devenir des centres de stockage.

III. Gestion et traitement futurs

✓ Stockage en centre agréé

Recherche d'un piègeur permettant de limiter la diffusion de gaz tritié (HT), et stable dans le temps. Projet MACH³ (figure 7): matrice cimentaire à base de dioxyde de manganèse et d'oxyde d'argent permettant le piégeage du tritium par réaction chimique (figure 5)

Figures 5 et 6. Etude piègeur MnO₂/Ag₂O
Source: Thèse Anaïs FLOCH



	Oxydes métalliques
Espèces mises en jeu	MnO ₂ /Ag ₂ O + Tamis moléculaire
Molécules de tritium piégées	HT, T ₂ , HTO, T ₂ O
Tenue à la radiolyse	Bonne
Conditions de piégeage	Pression atmosphérique Température ambiante
Capacité de piégeage	148 Ncm ³ /g de mélange
Température de fin d'irréversibilité	> 200°C le tamis n'est plus efficace
Stabilité du piègeur par rapport à l'environnement interne et externe	Bonne

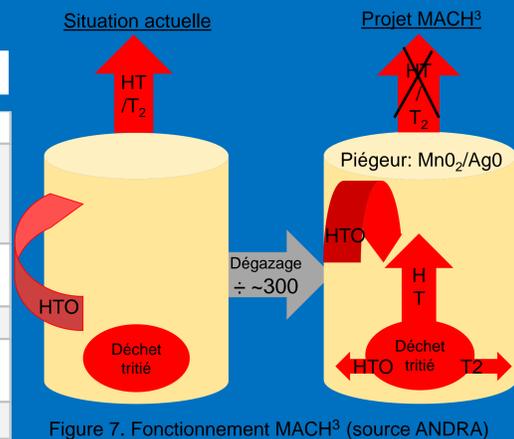


Figure 7. Fonctionnement MACH³ (source ANDRA)
Réduction de dégazage de 8,72.10⁶ à 2,63.10⁴ Bq/m³/j pour une acceptation par l'ANDRA inférieure à 2.10⁵ Bq/m³/j par colis pour les FMA VC
Source: Thèse Anaïs FLOCH

✓ Valorisation

Projet VALOFUSION (figure 8)
Exclusivement pour les déchets tritiés métalliques
Fusion à creuset froid, couplé à un réacteur catalytique à membrane permettant de séparer le tritium du métal et d'homogénéiser la contamination
 Permet de valoriser et réutiliser ce tritium dans le réacteur
 Déclassage des métaux en TFA



Figure 8. Projet VALOFUSION (source ANDRA)

✓ Association des solutions

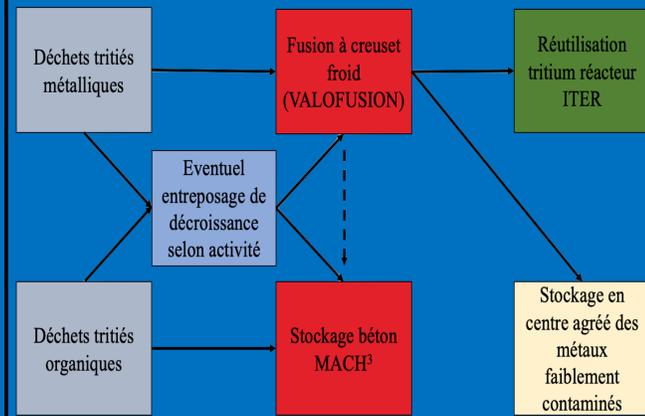


Figure 9. Proposition de solution future de gestion des déchets tritiés

La future gestion des déchets tritiés pourrait être celle-ci. D'autres solutions moins novatrices comme l'incinération après entreposage de décroissance étaient également à l'étude par le CEA mais les rejets ponctuels seraient considérables en comparaison de ces deux solutions ci-dessus.

Conclusion

La gestion des déchets tritiés reste complexe du fait des propriétés volatiles du tritium; deux solutions apparaissent viables pour gérer le volume de déchets tritiés qui ne va cesser de croître.

- Le stockage en centre agréé grâce à une matrice cimentaire qui permet la réduction de dégazage des colis et ainsi l'impact sur l'environnement et l'humain.
- L'extraction du tritium des déchets métalliques par fusion permettant la réutilisation de ce tritium dans les procédés et le déclassage des déchets métalliques en TFA.

Ces solutions sont complémentaires puisque la fusion à creuset froid ne concerne que les déchets tritiés métalliques et alors que le piégeage du tritium gazeux concerne toutes formes de déchets tritiés. S'il reste de la contamination après fusion à creuset froid, les éléments métalliques pourraient éventuellement être mis dans la matrice cimentaire MACH³.

En cas de résultats non concluants de ces solutions, nul doute que d'autres innovations seront testées et permettront une gestion optimale de ces déchets tritiés.

Bibliographie

- ETUDE COMPARATIVE DES FILIÈRES DE GESTION DE DÉCHETS TRITIÉS INCINÉRABLES, 2018. URL
- Besnus, F., Philippe, M., 2009. Eléments de réflexion sur la gestion du tritium produit par les installations nucléaires. URL
- Paméla, J., 2012. Entreposage de décroissance pour les déchets tritiés. URL
- Rosanvallon, S., Torcy, D., Chon, J.K., Dammann, A., 2016. Waste management plans for ITER, Fusion Engineering and Design 109-111, 1442-1446.
- MACH3: une pâte de ciment qui piège le tritium [WWW Document], n.d. . Drupal. URL
- Le Floch, A., 2016. Etude phénoménologique et modélisation du piégeage du tritium au sein de colis de déchets tritiés. Ecole Centrale de Marseille. URL
- L'évolution de la recherche sur la gestion des déchets nucléaires à haute activité - Les déchets militaires [WWW Document], n.d. URL
- Projet Valofusion : vers une solution pour décontaminer les déchets métalliques contenant du tritium [WWW Document], n.d. . Drupal. URL