

## LE TRITIUM

Cette fiche a pour but de présenter les propriétés du tritium, ses origines, les quantités produites naturellement et celles rejetées par les installations nucléaires sous différentes formes (liquide et gazeuse) avec leurs impacts dosimétriques. Le tritium est un des 3 isotopes de l'hydrogène, qui sont :

- l'hydrogène dit «normal», dont le noyau est un proton, a pour symbole H ; c'est le plus abondant (99,985%) dans l'environnement ;
- le deutérium, dont le noyau comporte un proton et un neutron, a pour symbole  $^2\text{H}$  ou D ; son abondance naturelle est de 0,015% ;
- le tritium, dont le noyau comporte un proton et deux neutrons, a pour symbole  $^3\text{H}$  ou T ; son abondance naturelle est extrêmement faible ; c'est un isotope instable qui se transforme en hélium-3 ( $^3\text{He}$ ), en émettant un rayonnement bêta ( $\beta^-$ ).

## PROPRIÉTÉS CHIMIQUES

Le tritium a les mêmes propriétés chimiques que l'hydrogène ; il peut donc potentiellement s'associer à tous les composés qui contiennent de l'hydrogène ; cependant, en pratique, on a coutume de distinguer :

- L'eau tritiée (HTO) : c'est la forme la plus abondante dans le milieu naturel et les espèces vivantes ;
- Le tritium lié à la matière organique (TOL) : l'incorporation du tritium présent dans l'air sous forme de HTO, à la matière organique végétale, se fait lors de la photosynthèse. L'incorporation du tritium à la matière organique animale résulte principalement de l'ingestion d'aliments (incorporation de HTO et de TOL) et du métabolisme ;
- Le tritium gazeux (HT) ;
- Le méthane tritié ( $\text{CH}_3\text{T}$ ).

## PROPRIÉTÉS NUCLÉAIRES ET DOSE EFFICACE

N° 16  
Le tritium est un émetteur bêta de très faible énergie avec une demi vie ou période de 12,3 ans (l'activité du Tritium aura diminuée de moitié au bout de 12,3 ans).

C'est un radionucléide de faible radiotoxicité ; la voie prépondérante d'exposition pour le public est l'ingestion. Le tableau suivant donne les doses efficaces liées à l'ingestion et à l'inhalation pour les différentes formes du tritium.

Dose efficace chez l'adulte à l'ingestion et à l'inhalation pour les différentes formes de tritium

FORME DU TRITIUM	DOSE EFFICACE (Sv/Bq) PAR INGESTION POUR UN ADULTE	DOSE EFFICACE (Sv/Bq) PAR INHALATION POUR UN ADULTE
HTO	$1,8 \cdot 10^{-11}$	$1,8 \cdot 10^{-11}$
TOL	$4,2 \cdot 10^{-11}$	$4,1 \cdot 10^{-11}$
HT	-	$1,8 \cdot 10^{-15}$
$\text{CH}_3\text{T}$	-	$1,8 \cdot 10^{-13}$

## ORIGINES DU TRITIUM

## LE TRITIUM D'ORIGINE NATURELLE

Dans l'environnement terrestre, le tritium est produit principalement dans la haute atmosphère par l'action des rayons cosmiques sur les atomes d'azote, d'oxygène et d'argon. La production naturelle annuelle est de  $5 \cdot 10^{16}$  à  $7 \cdot 10^{16}$  Bq/an. L'activité à l'équilibre du tritium à l'échelle de la planète est de l'ordre de  $1,3 \cdot 10^{18}$  Bq.

## LE TRITIUM D'ORIGINE ARTIFICIELLE

Le tritium d'origine artificielle provient principalement des essais nucléaires aériens, de l'industrie nucléaire (usine de traitement des combustibles usés, réacteurs nucléaires de puissance, réacteurs dédiés à la production de tritium pour les armes et pour une moindre part, à d'autres activités industrielles (peintures ...), ou de recherche en biologie et en pharmacie...

## LES EXPLOSIONS NUCLÉAIRES ATMOSPHÉRIQUES

Les essais nucléaires atmosphériques entre 1945 et 1980 ont introduit 650 kg, soit 230 EBq ( $2,3 \cdot 10^{20}$  Bq) de tritium dans l'atmosphère de l'hémisphère Nord conduisant à un marquage de l'ensemble des compartiments de la biosphère (air, milieu terrestre et milieux aquatiques continentaux). La décroissance radioactive a fait disparaître près de 90% de l'activité de ce tritium. En 1963, l'activité de l'eau de pluie avait atteint 600 Bq/L ; elle est actuellement de l'ordre de 1 Bq/L.

## LES REJETS ET LES IMPACTS RADIOLOGIQUES ASSOCIÉS AUX RÉACTEURS NUCLÉAIRES

Dans les réacteurs de puissance à eau sous pression (REP), le tritium a deux origines :

- Le tritium est produit directement dans l'eau du circuit primaire principalement par l'activation du bore et des isotopes du lithium qui sont présents dans l'eau du circuit primaire.
- Le tritium est aussi produit par fission ternaire des isotopes fissiles de l'uranium et du plutonium présents dans le combustible après irradiation ; ce tritium reste en grande partie confiné dans la gaine en zircaloy du combustible. L'affinité du tritium pour le zirconium et l'oxyde formé à la surface de la gaine limitent sa diffusion dans l'eau du circuit primaire.

C'est principalement le tritium formé dans l'eau du circuit primaire, dû au conditionnement chimique de l'eau, qui se retrouve dans les effluents liquides et gazeux.

La dose efficace par inhalation et absorption transcutanée de tritium pour une personne vivant à 1 km d'un CNPE serait de l'ordre de 0,007  $\mu$ Sv/an. La dose due au tritium résultant de l'ingestion de denrées produites dans un rayon de 5 km autour d'un CNPE est estimée à 0,003  $\mu$ Sv/an.

## LES REJETS ET L'IMPACT RADIOLOGIQUE ASSOCIÉ À L'USINE DE TRAITEMENT DES COMBUSTIBLES USÉS

Actuellement, l'établissement ORANO de la Hague est l'usine qui traite, en France, les combustibles usés provenant des centrales de production d'électricité. Cette installation nucléaire est amenée à rejeter du tritium. Le tritium produit lors de la fission et piégé dans les gaines est libéré lors du cisailage et lors de la dissolution du combustible dans l'acide nitrique. Les quantités de tritium évaluées par modélisation sont de l'ordre de 20 TBq/t pour un combustible EL-UOX enrichi à 3,7 %, irradié à 45 000 Mégawatts jour par tonne de combustible (MWj/t) et refroidi pendant 4 ans.

En 2017, l'usine ORANO de La Hague a rejeté 11 900 TBq de tritium dans ses rejets liquides effectués en mer et 71,6 TBq dans ses rejets gazeux.

La dose efficace due aux rejets liquides pour un adulte du groupe de référence correspond à 0,05  $\mu$ Sv/an, l'impact est faible par le fait que les rejets sont effectués en mer ; elle est de 0,1  $\mu$ Sv/an pour les rejets gazeux.

Rejets (2014-2016) atmosphériques et liquides de tritium des CNPE français

CNPE	REJETS ATMOSPHÉRIQUES (MINIMUM ET MAXIMUM EN GBq/an)	REJETS LIQUIDES (MINIMUM ET MAXIMUM EN GBq/an)
Gravelines	2 760 - 3 380	59 000 - 77 500
Cattenom, Paluel	1 480 - 3 320	52 800 - 122 000
Bugey, Cruas, Chinon, Dampierre, Tricastin, Blayais	620 - 1 740	28 500 - 56 800
Civaux, Chooz	620 - 1 880	36 600 - 69 800
Belleville, Flamanville, Golfech, Nogent, Penly, Saint-Laurent	880 - 2 290	38 800 - 72 500
Fessenheim; Saint-Alban	630 - 910	16 900 - 30 100

## LES REJETS DE TRITIUM ET LES IMPACTS RADIOLOGIQUES ASSOCIÉS AUX AUTRES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES EN 2017

Le site de Valduc est dédié à la recherche et au développement des technologies nécessaires à la force de dissuasion nucléaire. Une activité de 288 TBq de tritium y a été rejetée principalement sous forme gazeuse. Contrairement aux autres sites pour lesquels l'influence des rejets n'est visible que dans un rayon de quelques km, l'influence des rejets en tritium du site de Valduc est mesurable jusqu'à plusieurs dizaines de km. Les activités de tritium dans les différentes composantes de l'environnement peuvent être de 10 à plus de 100 fois supérieures au bruit de fond (quelques dizaines à plus de 100 Bq/L).

Pour les communes proches (Echalot et Salives) l'impact des rejets effectués correspond à une dose efficace proche de 1  $\mu\text{Sv}$  par an.

L'institut Laue-Langevin à Grenoble est un organisme de recherche international en sciences et techniques neutroniques. Les rejets de tritium sous forme gazeuse et liquide sont respectivement de 13 TBq et 0,19 TBq. L'impact de ces rejets correspond à 0,02  $\mu\text{Sv/an}$  pour les rejets gazeux et 0,0006  $\mu\text{Sv}$  pour les rejets liquides.

Le site de Marcoule héberge une vingtaine d'Installations Nucléaires de Base (INB) et d'Installations Nucléaires de Base Secrète (INBS) ; certaines sont en cours de démantèlement. Les INB ATALANTE et PHENIX et l'INBS ont rejeté sous la forme gazeuse 28,9 GBq et 25 TBq de tritium,

L'impact du tritium dans les différentes installations nucléaires varie en fonction de l'activité des rejets, de la forme gazeuse ou liquide et du milieu dans lesquels s'effectue ces rejets.

Pour le centre de recherches de Valduc qui rejette principalement le tritium sous la forme de gaz, la dose efficace sur le groupe de référence est proche de 1  $\mu\text{Sv/an}$ .

Concernant les rejets de tritium de chaque CNPE, l'impact est inférieur à 0,5  $\mu\text{Sv/an}$  pour les centrales qui rejettent dans les fleuves et négligeable pour celles qui rejettent dans le milieu marin.

L'usine de traitement des combustibles usés de La Hague est l'installation dont l'activité du tritium dans les rejets est la plus importante. Les principaux rejets tritiés de cette installation s'effectuent sous la forme d'effluents liquides rejetés en mer. La dose efficace calculée par l'exploitant pour ce radionucléide correspond à 0,15  $\mu\text{Sv/an}$ .

Ces doses efficaces pour les différentes installations nucléaires sont à comparer à la dose moyenne de 2 900  $\mu\text{Sv}$  due à la radioactivité naturelle reçue par la population française. L'impact radiologique du tritium reste faible pour les installations nucléaires françaises.

respectivement. Les rejets liquides de tritium de ces installations sont traités dans la même unité (STEL) et représentent une activité rejetée de 2,32 TBq.

Le site CEA DAM (BIII) de Bruyères-le-Châtel est un établissement de recherche sur la simulation et la modélisation du fonctionnement des armes nucléaires. Les rejets de tritium gazeux ont été de 10 GBq ; les rejets liquides représentent 0,4 GBq.

Le site de Saclay héberge plusieurs réacteurs, un irradiateur et une entreprise pour la fabrication de produits utilisés en médecine nucléaire. Les rejets gazeux et liquides de tritium ont été de 10 TBq et 10 GBq, respectivement.

Le site de Cadarache regroupe un nombre important d'INB (21) et d'ICPE (24). Le tritium est le principal radionucléide rejeté par ces installations. Les rejets gazeux en tritium pour l'ensemble des INB représentent 38 GBq, contre 3,5 GBq pour les rejets liquides. L'installation de recherche ITER sur la fusion ne rejette pas encore de tritium.

Le site de l'ANDRA de l'Aube (CSA) a rejeté 140 MBq et 2 MBq de tritium dans ses effluents gazeux et liquides, respectivement.

Le site de l'ANDRA de Morvilliers (CIRES) a rejeté 360 MBq de tritium sous la forme liquide.

Le site de l'ANDRA de la Manche (CSM) a rejeté 1,8 GBq de tritium dans ses effluents liquides.

