

# Enquête sur le Tritium



L'hydrogène, l'atome le plus simple et le plus léger de la nature ne contient qu'un proton et pas de neutron.

**Le tritium ( ${}^3\text{H}$ ) est un isotope radioactif de l'hydrogène, c'est-à-dire qu'il comporte un proton, comme l'hydrogène, et il a deux neutrons en plus.**

C'est donc l'un des isotopes de l'hydrogène, il en a les mêmes propriétés chimiques, sauf qu'il est à peu près trois fois plus lourd.

La période radioactive, ou demi-vie, du tritium est de 12,3 ans, il est donc dangereux pendant au moins 120 ans. Chaque atome de tritium, un jour ou l'autre, se transforme en Hélium 3 ( ${}^3\text{He}$ ) en émettant un électron<sup>1</sup>.



Emetteur  $\beta$  de faible énergie<sup>2</sup> (énergie moyenne de 5,7 keV), le tritium est généralement considéré comme un élément de faible radiotoxicité.

Mais ceci n'est vrai que pour la contamination externe<sup>3</sup>, c'est complètement faux lorsqu'il s'agit de la contamination interne !

On distingue :

- le tritium sous forme gazeuse (HT)<sup>4</sup>. Un gramme de HT correspond à peu près à 360 TBq de tritium<sup>5</sup>. Le HT se lie facilement à d'autres atomes, surtout pour faire du THO, donc nous rencontrerons très rarement du HT loin de la source de production. Le tritium gazeux a la propriété de passer à travers pas mal de matériaux, y compris l'acier et est donc difficile à contenir.
- l'eau tritiée (THO ou  ${}^3\text{HOH}$ ), où un ou deux des atomes d'hydrogène de l'eau est remplacé par le Tritium<sup>6</sup>.

En fait l'eau tritiée suivra le cycle de l'eau normale sous toutes ses formes, liquide, vapeur, nuage, pluie, neige, glace, ingestion par les organismes vivants...

La période biologique par ingestion chez l'homme est *estimée empiriquement* à 10 jours pour un adulte. Ce n'est pas exact, car une partie du THO ingéré peut se métaboliser aussi dans les

<sup>1</sup> En résumé, tout se passe comme si un neutron se transformait en un proton (+), avec émission d'un électron (-) et d'un neutrino (neutre) qui lui n'interagit presque pas avec la matière et est tout à fait inoffensif ! Remarquez que la charge est conservée.

<sup>2</sup> Les « rayons beta ( $\beta$ ) » ne sont rien d'autres que des électrons. L'énergie (cinétique) est directement liée à la vitesse de l'électron.

<sup>3</sup> Tout comme les rayons  $\alpha$ , les rayons  $\beta$  de faible intensité sont facilement arrêtés par les premières couches de la surface de la peau. Les  $\beta$  du tritium ont une énergie maximale de 18.6 keV (et une énergie moyenne de 5.7 keV) avec un parcours limité à quelques centimètres dans l'air, à 0.9 microns ( $\mu\text{m}$ ) dans l'eau, et à peu près 0.6 $\mu\text{m}$  dans les tissus organiques. Or il se fait que ce parcours est proche des dimensions des brins d'ADN. Comme le tritium s'insère partout sous forme d'eau, il peut tirer à bout portant sur le patrimoine génétique de la cellule.

<sup>4</sup> Le tritium gazeux est souvent considéré comme moins dangereux, mais en fin de compte il finit très vite par se retrouver dans de l'eau tritiée ou dans une molécule organique ! Une fois inhalé ou absorbé à travers la peau, il finira par se lier à l'eau ou à une molécule organique (TOL)

<sup>5</sup> On dira donc que l'activité du tritium gazeux est de 360 TBq / gramme. (Un TéraBecquerel est égal à  $10^{12}$  Becquerels).

<sup>6</sup> Ne pas confondre l'eau tritiée et l'eau lourde, dans lequel l'hydrogène est remplacé par le deutérium, isotope naturel et stable (non-radioactif) de l'hydrogène (un proton et un neutron). Le processus de fabrication de l'eau lourde, à partir de l'eau naturelle, est proche du défi de filtrer le tritium hors de l'eau tritiée. Pour ce qui nous concerne, l'eau contaminée par le tritium rejetée par les centrales, est bien sûr partiellement tritiée, souvent en dessous d'un pour mille, mais ça ne la rend pas inoffensive. Donc pour connaître la proportion de tritium dans l'eau, nous nous basons non pas sur une analyse chimique, mais sur le nombre de Becquerels (ou de Pico Curies) par litre.

Le nombre d'atomes de Tritium est proportionnel au nombre de Becquerels de tritium/litre. En pratique nous trouvons ce nombre en mesurant l'intensité (la hauteur) de la raie de 5,7 Kev avec un détecteur à scintillation.

molécules organiques et y rester des années.

Un gramme de THO contient à peu près 55 TBq<sup>7</sup> de radioactivité.

- Le tritium lié organiquement (TOL) : lorsque le Tritium remplace un atome d'hydrogène dans une molécule organique (TOL) dans le bol alimentaire, il peut rester plus longtemps dans n'importe quelle cellule ou organe, et donc nuire plus longtemps, de 20 à 50 fois plus que le THO. Le coefficient de dose par unité d'activité ingérée est environ trois fois plus élevé. Ce genre de coefficient est totalement empirique et certainement sous-évalué, et devra donc être réévalué en fonction de l'avancement des connaissances scientifiques. Le Tritium se lie préférentiellement au Carbone (C), mais il peut aussi se lier aux atomes d'Oxygène (O), de Phosphore (P), d'Azote (A) et de Soufre (S)<sup>8</sup>. N'oublions pas qu'en nombre, l'hydrogène compte pour plus de 60% des atomes du corps humain et à peu près 10% en masse...

## Détection

Les détecteurs de poche les plus courants et « bon marché » (compteurs Geiger) ne le détectent pas<sup>9</sup>, car l'énergie des « rayons  $\beta$  » (électrons) émis est trop faible !

Le nombre d'atomes de Tritium est proportionnel au nombre de Becquerels de Tritium trouvé dans une unité de volume ou de poids. En pratique on trouve ce nombre en mesurant l'intensité de la raie de 5,7 KeV avec un détecteur à scintillation ou à semi-conducteurs. Ce genre de détecteur n'est pas à la portée de l'amateur. Les rayons  $\beta$  sont arrêtés par le métal, mais cela peut produire des rayons X par effet de freinage des électrons (Bremsstrahlung<sup>10</sup> ou « radiation de freinage »), ce qui est le cas des réservoirs métalliques d'eau contaminées à Fukushima.

Les méthodes de détection efficaces sont par exemple la chambre à bulles ou à brouillard, les détecteurs à scintillation et la mesure de l'Hélium 3 (<sup>3</sup>He) produit<sup>11</sup>. Il y a maintenant des détecteurs à semi-conducteurs

---

<sup>7</sup> Soit 55000 milliard de Becquerels. On dira donc que l'activité de l'eau tritiée est de 55 TBq / gramme.

Les échelles les plus utilisées sont :

En tête	Zéros	Après virgule
Kilo (K)	3	Milli
Méga (M)	6	Micro $\mu$
Giga (G)	9	Nano
Téra (T)	12	Pico

<sup>8</sup> C = Carbone, O = Oxygène, P = Phosphore, N = Azote et S = Soufre.

<sup>9</sup> Cependant le Radex, proposé par la CRIIRAD, détecte (imparfaitement) le tritium, il réagit en tous cas près d'une montre remplie de tritium !

<sup>10</sup> Voir <http://fr.wikipedia.org/wiki/Bremsstrahlung>

<sup>11</sup> Vidéo de l'IRSN sur le prélèvement et la mesure du Tritium : <https://youtu.be/VRutThhUM50>

très efficaces et légers qui détectent le tritium. En fait il suffit de coupler une cellule photoélectrique et un composé à base de phosphore. Voir plus bas « Utilisation du tritium dans l'illumination »

### Origine naturelle du Tritium

Le tritium est produit naturellement par le choc des rayons cosmiques sur la haute atmosphère<sup>12</sup>, c'est la même réaction que celle qui produit le fameux Carbone 14.

### Origine artificielle du Tritium

Une énorme quantité de tritium a été relâchée dans l'atmosphère, par les essais nucléaires atmosphériques dans les années 1954 à 1962, au rythme de  $10^{15}$  Becquerels par mégatonne.

Le total est de l'ordre de  $1.6 \times 10^8$  TBq de tritium, il a maintenant diminué avec le temps, mais seulement de 32 fois en 60 ans !

Les usines de fabrication des armes nucléaires continuaient à en relâcher  $2.8 \times 10^6$  TBq/an en 1980, dernières statistiques disponibles !

Il est aussi produit dans les centrales nucléaires, essentiellement comme produit de fission, mais aussi par capture de neutrons. Par exemple le bore, utilisé pour sa capacité à freiner et à absorber les neutrons, peut produire du tritium après avoir capturé un neutron.<sup>13</sup>

De même, l'eau lourde irradiée par des neutrons, a tendance à se transformer en eau tritiée<sup>14</sup>.

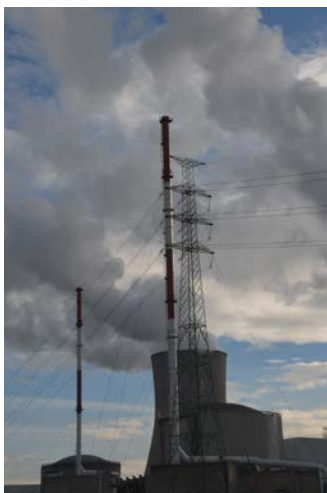
Mais notons que l'irradiation d'une eau normale ne peut produire du tritium<sup>15</sup>. Les « nouvelles

technologies » envisagées dans les centrales futures, et le projet ITER par exemple, vont créer une augmentation de la production de tritium. La production **civile** du Tritium était dans les années 1980 du même ordre de grandeur que la naturelle, qu'elle a depuis dépassé.

Les réacteurs de la centrale nucléaire de Doel<sup>16</sup> en Belgique relâchent quelque 100 TBq / an de tritium (<sup>3</sup>H).

En ce qui concerne la production de tritium des centrales nucléaires, il faut compter en moyenne au moins 20 TBq par réacteur, suivant la puissance, pour les modèles PWR<sup>17</sup> installés en Belgique et en France.

Au Canada, les centrales à l'eau lourde (CANDU) produisent énormément de tritium, puisque l'eau lourde se transforme facilement en tritium par absorption de neutrons, (contrairement à l'eau normale). Suivant Gordon Edwards de la Coalition Canadian pour la Responsabilité Nucléaire<sup>18</sup>, le réacteur CANDU à



<sup>12</sup> Pour la réaction qui crée le fameux Carbone 14, voir [https://fr.wikipedia.org/wiki/Carbone\\_14](https://fr.wikipedia.org/wiki/Carbone_14)

Le C14 entre dans les organismes vivants, et tant que l'organisme est vivant, il s'établit une proportion fixe et connue entre le C13 et le C14. A la mort de l'organisme, le C14 décroît, mais pas le C13, la proportion actuelle nous permet alors de dater l'échantillon. La production naturelle est de  $7.4 \times 10^4$  TBq (Luykx and Fraser, 1986)

<sup>13</sup> Cette capture provoque la fission du bore en une particule  $\alpha$  et un atome de lithium-7, ou en deux  $\alpha$  et un atome de tritium ( voir <https://fr.wikipedia.org/wiki/Tritium> )

<sup>14</sup> Le deutérium peut absorber un neutron et ainsi se transformer en tritium.

<sup>15</sup> On dit que sa capacité de capture « section efficace », ou « cross-section » en anglais, est trop petite.

<sup>16</sup> La photo ci-jointe montre les cheminées de la centrale de Tihange (en Belgique) qui sont conçues pour relâcher le tritium gazeux à plus de 200 mètres au dessus du niveau de la Meuse afin de soi-disant le « diluer ». Les tours ont 160 mètres de hauteur. Il y a cependant aussi du tritium dans l'eau de la Meuse.

<sup>17</sup> PWR = Centrales à eau pressurisée. BWR =Centrale à eau bouillante, modèle installé à Fukushima Daïchi.

<sup>18</sup> Canadian Coalition for Nuclear Responsibility : <http://www.ccnr.org/>

Gentilly au Québec<sup>19</sup> relâcherait 200 Tbj de Tritium radioactif annuellement dans l'environnement, soit 10 fois plus qu'un réacteur d'une centrale PWR !

La photo montre les cheminées d'évacuation du tritium gazeux de la centrale de Tihange. Les usines de retraitement tel La Hague en France et Sellafield en Grande Bretagne sont de gros émetteurs de tritium, ainsi que les entreprises de production de radio-isotopes et certains laboratoires de produits pour la médecine nucléaire. Le tritium étant produit par la fission, les eaux des piscines de désactivation en sont saturées et s'échappent dans l'atmosphère par évaporation : cette fuite de tritium n'est jamais prise en compte dans le bilan officiel des fuites de produits radioactifs des centrales !

### **Possible lien entre le tritium et les leucémies infantiles autour des centrales**

Le Docteur Fairlie, éminent chercheur Britannique, a fait une synthèse sur la constatation maintes fois vérifiées d'une augmentation significative des leucémies infantiles dans les 5 Km autour des centrales nucléaires, plus précisément les incidences de leucémie des bébés et des enfants sont très fortement associées **à la proximité des cheminées des centrales.**

Parmi les hypothèses scientifiques expliquant ce fait, il pense que les effluents gazeux les plus importants de Tritium et de Carbone 14 pourraient être responsables, car même dans le fonctionnement "normal" d'une centrale, le Tritium reste certainement nocif transporté par l'air jusqu'à 5 Km de distance.

Il y a d'autres rejets dans l'air moins fréquents et surtout produits moins « en continu » que le Tritium (Iode 131, des gaz rares, comme le Krypton 85...), mais les rejets qui sont emportés par l'eau de refroidissement, ou le faible rayonnement, ne sont pas les meilleurs suspects pour leur attribuer la cause des leucémies infantiles dans un cercle de 5km autour des cheminées des centrales.<sup>20</sup>

### **Dégâts biologiques dus au Tritium<sup>21</sup>**

Le Tritium a une énergie assez faible, mais comme il rend l'eau radioactive, il nuit « à courte portée ». Le diamètre moyen d'une molécule d'ADN est de 0,5 microns, et cela coïncide avec la portée d'une particule bêta émise par le tritium, à savoir 0,6 microns. Les effets incluent des dommages radiologiques typiques qui incluent les cancers, les effets génétiques, les anomalies du développement et de la reproduction. Il peut causer des mutations, des tumeurs et la mort cellulaire. L'eau tritiée est associée à la diminution significative du cerveau et des organes génitaux chez la souris, et peut causer une perte irréversible des cellules germinales femelles à la fois chez les souris et les singes, même à faible concentration. Les études montrent que des faibles doses de tritium peuvent causer plus de morts cellulaires, de mutations, et de dommages chromosomiques par unité de dose que les doses plus élevées. Le Tritium peut causer des dommages qui sont au moins deux fois plus grands par unité de dose que le sont les rayons X ou les rayons  $\gamma$ <sup>22</sup>.

<sup>19</sup> <http://www.genuinewitty.com/2012/08/05/nuclear-expert-gentilly-candu-reactor-releases-200-trillion-becquerel-of-tritium-anually/>

<sup>20</sup> <http://www.fukushima-blog.com/2014/08/leucemies-infantiles-pres-des-centrales-nucleaires.html>

A propos des centrales: « Medicine, Conflict and Survival, Vol. 24, No. 4, October–December 2008, 306–319 » disponible sur demande.

<sup>21</sup> Ce paragraphe est un extrait d'un article de Cindy Folkers, NIRS, April 2006

Voir cet article pour les références scientifiques : « Tritium : Health consequences » <http://www.nirs.org/factsheets/tritiumbasicinfo.pdf>

Lire aussi <http://www.vivre-apres-fukushima.fr/tritium-impact-sur-lenvironnement-et-la-sante/> de Ian Failie

<sup>22</sup> Lors d'études réalisées par le Lawrence Livermore Laboratory en 1991, un passage en revue complet des effets carcinogènes, mutagènes et tératogènes d'une exposition au tritium a révélé que le tritium produit 1,5 à 5 fois plus de RBE (efficacité biologique relative), ou de changement biologique par unité de radiation (un rad ou 0,01 gray) que des rayons gamma ou X.

Il n'y a pas d'évidence d'un effet de seuil pour ce qui concerne l'exposition au Tritium ; même la plus petite quantité de tritium peut avoir des effets négatifs sur la santé. Le Tritium organiquement lié (TOL : tritium lié aux tissus animaux et végétaux<sup>23</sup>) peut rester dans les corps (vivants) dix ans ou plus.<sup>24</sup>

Alors que l'eau tritiée peut être évacuée complètement du corps humain après à peu près quelques dizaines de jours, le TOL reste au moins deux ou trois ans dans les tissus humains<sup>25</sup>. Si une personne vit dans un environnement où la contamination due au tritium est continue, elle ou lui peut être le sujet d'une exposition chronique au tritium.

Le tritium de l'eau tritiée peut être incorporé à l'ADN, et la molécule de base de l'hérédité des organismes vivants est particulièrement sensible aux radiations.

L'exposition d'une cellule au tritium lié à l'ADN peut même être plus toxique que son exposition au tritium de l'eau.

Une nouvelle étude suggère que la hausse des températures pourrait accélérer et rehausser de manière spectaculaire les effets induits par la radioactivité dans l'ADN des invertébrés marins.<sup>26</sup>

---

<sup>23</sup> Le tritium étant chimiquement de l'hydrogène, il peut s'insérer dans toutes les molécules organiques possibles, et donc trouver sa place dans toute molécule comportant un « H », c'est à dire à peu près partout, y compris dans l'ADN lui-même et son entourage!

<sup>24</sup>

<sup>25</sup> <http://www.vivre-apres-fukushima.fr/tritium-impact-sur-lenvironnement-et-la-sante/>

Le podcast original en anglais: <http://www.fairewinds.org/podcast//tritium-expos>

<sup>26</sup> Cette recherche, conduite par l'Université de Plymouth, en conjonction avec le CEFAS, (le Centre pour les Sciences de l'Environnement, de la Pêche et de l'Aquaculture), a pour la première fois exploré l'impact sur les moules marines (*Mytilus galloprovincialis*), de la conjonction de la hausse des températures et de la présence de tritium, un radionucléide important du point de vue environnemental.

Les études menées dans des conditions de laboratoire ont démontré qu'en présence de doses de radioactivité considérablement en dessous des recommandations internationales, les ruptures de brins d'ADN apparaissent plus tôt à des températures plus élevées, par comparaison avec les températures plus basses.

A 15°C les dégâts n'étaient significativement élevés qu'après 7 jours, alors qu'à 25°C une réponse similaire a été observée après 3 jours. Les scientifiques impliqués dans l'étude suggèrent qu'il se produit une accélération des dégâts causés à l'ADN par la radioactivité, qui compromet potentiellement les mécanismes de défense. Les chercheurs ont remarqué un changement des profils d'expression des gènes impliqués dans la protection des chocs thermiques, le cycle de fonctionnement de la cellule, et la réparation des brins d'ADN.

Source : <http://tinyurl.com/sea-life-tritium> et <https://www.sciencedaily.com/releases/2016/08/160823103216.htm>

## Utilisation du tritium dans l'illumination



La radioluminescence<sup>27</sup> est une forme d'émission de lumière produite par la désintégration radioactive d'un corps. Les anciens cadrans lumineux utilisaient l'effet de la désintégration du radium sur du sulfure de zinc et c'est maintenant heureusement interdit.



Dans ces éclairages radioluminescents,<sup>28</sup> le tritium gazeux est contenu dans des tubes transparents dont la face interne est recouverte de phosphore brillant dans le noir. Le rayonnement  $\beta$  est bloqué par le plastique ou le verre, tant que l'objet n'est pas cassé ou brûlé... Il est intéressant de remarquer que c'est le même processus qui produisait la lumière sur les « anciens » téléviseurs à tubes cathodiques.

Ils fonctionnaient comme un accélérateur d'électrons dont le faisceau frappait une couche de phosphore placé sur la surface intérieure du verre. Il s'ensuivait une émission de lumière destinée à composer l'image. (Et aussi une faible émission de rayons X !)

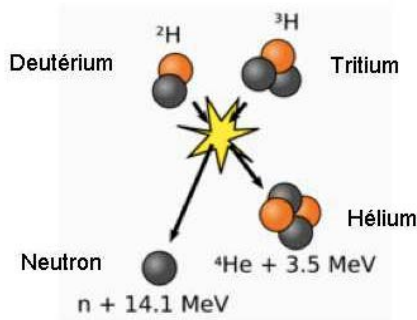
Il est probable par exemple que lors du 11 septembre 2011 des centaines de panneaux comme celui-ci, remplis de tritium ont été broyés et relâchés dans l'environnement.



## Le tritium et la fusion thermonucléaire

Pour les armes thermonucléaires c'est-à-dire de la bombe à hydrogène, le tritium est un élément essentiel de la réaction de fusion, en particulier par la réaction deutérium-tritium.

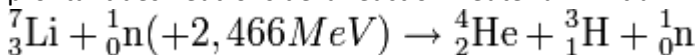
Il est connu que les divers essais des armes nucléaires, thermonucléaires ou non, ont produit de grandes quantités de tritium. Mais il faut savoir que la production et la maintenance de ces armes produit continuellement du tritium ; les détails sont difficiles à obtenir étant donné le « secret-défense ».



Il sera aussi utilisé en masse par le projet ITER de réacteur à fusion. L'idée qu'un réacteur à fusion ne produirait pas de radioactivité est fautive. ITER pourrait contenir plus de 2 Kg de tritium, c'est-à-dire près d'un million de TBq de tritium gazeux<sup>29</sup>, ce qui est absolument énorme et dangereux, en cas d'incident majeur<sup>30</sup>...

Le projet ITER consiste à tenter de maîtriser la réaction deutérium-tritium dans un confinement magnétique. Dans un

premier temps il utilisera du tritium fourni par les réacteurs Canadiens (CANDU), mais le but de la centrale à fusion est de produire son propre tritium par bombardement neutronique d'une paroi en lithium, en profitant des neutrons de la réaction Deutérium-Tritium.



A ce stade, la création continue de tritium et l'activation des parois par les neutrons vont rendre la machine hautement radioactive. Notons que le lithium est inflammable et que la température du plasma se chiffre en millions de degrés...

Les études concernant le confinement du tritium et son relâchement par ITER n'ont pas été suffisamment menées alors que la construction d'ITER est déjà en cours !

<sup>27</sup> <http://fr.wikipedia.org/wiki/Radioluminescence> & [http://en.wikipedia.org/wiki/Tritium\\_illumination](http://en.wikipedia.org/wiki/Tritium_illumination)

<sup>28</sup> Eclairages au H3 : <http://www.trigalight.com/> & <http://www.ballwatch.com/global/en/technology/night-reading-evolution---51.html>

<sup>29</sup> 2000 grammes \* 360 TBq/g = 720 000 TBq

<sup>30</sup> <http://collectifantinucleaire13.wordpress.com/2013/05/18/iter-et-le-tritium-ils-ne-savent-pas-ce-quils-font/>

L'ensemble de l'installation sera à terme un déchet nucléaire : plus de 30 000 tonnes hautement radioactives durant 400 à 800 ans qui resteront sur place après l'arrêt du programme de recherches. Le fait de présenter le projet ITER comme une solution à l'ingérable gestion des déchets de l'industrie nucléaire qui s'accumulent depuis 40 ans est un argument fallacieux.

Le réacteur sera composé d'éléments très toxiques et cancérigènes (béryllium, tritium, plomb), en cas d'explosion il y aurait dispersion de ces éléments dans l'environnement, pouvant rendre toute une région inhabitable. Tout risque de ce genre est ahurissant et inacceptable.

D'après l'AIPRI<sup>31</sup>, le tritium hérité des essais thermonucléaires aériens dispersé au cours des essais thermonucléaires aériens aurait été de 2,02E21 Bq soit 5,66 tonnes de tritium.

Si l'on considère la décroissance, l'activité résiduelle surfacique mondiale se situe en 2016 autour de 5,20E19 Bq.

### Doses « légales »

Une dose annuelle d'environ 0,01 µSv est due à l'exposition au <sup>3</sup>H d'origine naturelle, cette valeur est bien plus petite que l'exposition due à l'industrie nucléaire, à certain endroits<sup>32</sup>.

La limite indicative de 10 000 Bq/kg<sup>33</sup> pour le tritium lié à la matière organique dans les denrées alimentaires, au-delà de laquelle les produits ne devraient pas être acceptés dans le commerce international après un rejet radioactif accidentel, est vraiment inacceptable !

Cela provient d'un raisonnement simpliste, puisque ils ont supposé que 10 000 désintégrations de faible énergie par seconde et par kilo était une dose acceptable, sans reconnaître les études sur les TOL et les dégâts causés par le Tritium par irradiation interne, qui sont au moins équivalents aux dégâts des rayons γ. En effet, les rayons β ont peu d'énergie, mais comme l'eau tritiée est au cœur même de la cellule, ils attaquent le code génétique « à bout portant ».

La norme actuelle de l'EPA<sup>34</sup> du niveau de tritium acceptable dans l'eau potable est de 20 000 picocuries par litre, soit 740 Bq/L, équivalent à 10 µSv/an et par litre<sup>35</sup>.

Notons que « acceptable » ne signifie pas « sûr » !

Le NRC accepte le rejet de 1 mSv par an de Tritium pour l'air et l'eau, soit au plus l'équivalent de 100 litres de cette eau à 740 Bq/L si on ne tient compte que de l'eau.

Le Canada acceptait en 1994 une contamination constante maximale de 4000 Bq/L dans l'eau des lacs et des rivières. Au Japon, le maximum actuel est de 1500 Bq/L dans l'eau, et certains envisagent de rejeter à la mer l'eau tritiée dont la contamination est inférieure ou égale à ce maximum. Et personne ne pourra

---

<sup>31</sup> "Association Internationale pour la Protection contre les Rayons Ionisants". Les "experts" nous trompent en supposant que les armes nucléaires ont un rendement de 100%, ce qui est de la désinformation pure, le rendement est de l'ordre de 25% !  
[http://aipri.blogspot.be/2016/03/le-tritium-herite-des-essais\\_13.html](http://aipri.blogspot.be/2016/03/le-tritium-herite-des-essais_13.html)

<sup>32</sup> <http://livre-blanc-tritium.asn.fr/>

<sup>33</sup> Ces données figurant dans le « Codex Alimentarius » de l'OMS. Le maximum spécifié en cas de catastrophe radiologique est de 1000 Bq/Kg pour l'alimentation des nourrissons et 10000 Bq/Kg pour le reste de l'alimentation, pour une période « temporaire ». Il s'agit donc ici du tritium organiquement lié. Voir <http://www.codexalimentarius.org/codex-home/fr/>

<sup>34</sup> « U.S. Environmental Protection Agency » (EPA), l'agence de protection de l'environnement Américaine.

<sup>35</sup> Le NRC (Nuclear Regulatory Commission) aux USA permet à ses membres de déverser une quantité de tritium qui pourrait occasionner à un membre du public une irradiation jusqu'à 1 mSv / an par les rejets dans l'air et dans l'eau (Title 10, Code of Fedl. Regs., Part20.1301). La NRC propose une équivalence entre 10<sup>6</sup> picocuries de tritium par litre et 500 mSv/an (10 CFR Part 20, Introductory Notes to Appendix B, Table 2, Column 2). Calcul détaillé :  
10<sup>6</sup> picocuries/L == 37009 Bq/L == 500 µSieverts/an et par L.  
20 000 picocuries/L == 740 Bq/L == 10 µSv/an et par L.

vérifier qu'ils ne la diluent pas avant de la rejeter dans l'océan, pour « respecter les normes », ce qui souligne l'absurdité de la situation...

### **Impact écologique**

La croyance simpliste en la dilution dans l'environnement est maintenant indéfendable, vu que le tritium se concentre dans les organismes vivants.

Par exemple dans la mer au large de Sellafield (Angleterre), la concentration en tritium est plus grande dans certains mollusques que dans la mer !

Le Tritium s'élimine assez rapidement des organismes vivants, en tout cas pour ce qui est de l'eau tritiée. Une fois mort, les échanges d'eau et de matières s'arrêtent ou diminuent, et il peut donc rester piégé et s'accumuler dans les organismes morts et les sédiments !

### **Filtrage et extraction du Tritium.**

Il n'y a pas de méthode de filtrage du tritium qui soit disponible en production industrielle ! Il se fait que l'eau tritiée diffère, mais peu, de l'eau ordinaire. D'autres paramètres (viscosité, point de fusion, etc.) sont légèrement différents<sup>36</sup>. Il semble que ce n'est pas évident d'en tirer parti<sup>37</sup>.

Apparemment dans le projet ITER ils ont renoncé à filtrer directement l'eau tritiée, ils séparent carrément l'eau en hydrogène et oxygène par électrolyse, puis séparent les deux isotopes de l'hydrogène, peut-être en tirant parti du fait que le rapport des masses des deux gaz est de un à trois.

Les procédés de filtrage du tritium gazeux sont au point depuis longtemps dans les "boîtes à gant" des laboratoires.

Cette méthode brutale coûte énormément en énergie, en fait il faut mettre en œuvre la même énergie pour « défaire de l'eau » que celle que l'on voit à l'œuvre dans le chalumeau oxyhydrique, dans une voiture à hydrogène, dans la recombinaison explosive de l'eau.

Un système de filtrage du tritium de l'eau lourde des réacteurs canadiens à eau lourde a été mis au point dès 1990. Non pas sur un élan écologique, mais parce que le filtrage permet d'économiser le remplacement de l'eau lourde polluée par le tritium, le prix du litre d'eau lourde étant à l'époque de l'ordre de 300 \$ Canadiens<sup>38</sup>.

Le « Livre blanc » mentionne à la page 3 « qu'il est actuellement considéré que la détritiation des rejets des réacteurs électrogènes et de l'usine de traitement du combustible irradié de La Hague n'est pas réalisable à un coût acceptable avec les meilleures techniques actuellement disponibles ».

Beaucoup de gens ont présenté à TEPCO des propositions techniques pour filtrer le Tritium, dont « Kurion »<sup>39</sup>, poussé par les USA (et on y retrouva la collaboration d'AREVA !), mais jusqu'à présent, pour traiter les centaines de milliers de mètres cube d'eau de Fukushima, rien ne semble fonctionner, ou être financièrement abordable. Le système ALPS ne semble pas être à la hauteur du défi...

Il est clair que les USA tentent d'imposer ce système Kurion de décontamination du tritium en échange de la signature d'un traité « Convention on Supplementary Compensation for Nuclear Damage », qui assigne la responsabilité des accidents aux opérateurs de centrales plutôt qu'aux vendeurs de technologie et d'équipements<sup>40</sup>. Tout se passe comme si, en échange de l'annulation de la responsabilité du constructeur

<sup>36</sup> En supposant en première approximation que l'oxygène pèse 16, et le proton et le neutron 1, on voit que l'eau (complètement) tritiée est un peu plus lourde (jusqu'à 20% !) que l'eau normale :  $(16 + 2*3) / (16 + 2*1) = 22/18 \sim 1.2$  !

<sup>37</sup> En théorie il serait aussi possible d'exciter spécifiquement l'isotope d'hydrogène (le tritium) par exemple par un rayon laser afin de favoriser une réaction chimique qui fixerait le tritium.

<sup>38</sup> C'est plus économique de filtrer de l'eau lourde à 300 CAN\$/kg plutôt que de la remplacer : [http://www.bionomictech.com/solutions\\_radioactive.php](http://www.bionomictech.com/solutions_radioactive.php)

<sup>39</sup> <http://www.kurion.com/>

<sup>40</sup> <http://www.bloomberg.com/news/2013-11-03/u-s-says-japan-signing-liability-pact-would-aid-nuclear-cleanup.html>



(par exemple « General Electric ») dans la catastrophe de Fukushima, les USA et les Français proposent de tester leurs technologies de démantèlement et de contamination à Fukushima. Ils sont gagnant sur les deux tableaux, en annulant toute forme de garantie et de responsabilité et en se faisant payer pour faire des expériences nécessaires pour prévoir comment réagir lors des futures catastrophes qui risquent d'arriver en particulier dans les centrales BWR identiques qui fonctionnent toujours aux Etats-Unis, ou le Tritium qui s'échappe continuellement du Tricastin en France. Bref en faisant payer le coût de la recherche et des campagnes de test (bien nécessaires !) par le contribuable japonais !<sup>41</sup>

Le système ALPS lui-même, présenté comme la panacée ne filtre pas le Tritium. En fait à ce jour (2021) aucun procédé industriel ne filtre le tritium !...

Le « Codex Alimentarius » de l'OMS fixe une limite indicative de 10 000 Bq/kg pour le tritium lié à la matière organique dans les denrées alimentaires, au-delà de laquelle les produits ne devraient pas être acceptés dans le commerce international après un rejet radioactif accidentel.

**Table 4.1** Tritium limit in drinking water (Bq/L)

Agency	Tritium limit (Bq/L)
Canada Health and Welfare	7,000
US EPA*	740
European Union**	100
Recommended by Ontario Government's ACES*** in 1994 but not implemented	100 (initially) 20 (after 5 years)
US State of Colorado	18
US State of California	15

\*EPA (1999).

\*\*European Commission (1998).

\*\*\* Advisory Committee on Environmental Standards.

Donc il n'y a aucune norme au sens propre du terme (c'est-à-dire valeur obligatoire à ne pas dépasser), il n'y a que des « recommandation » (OMS,NRC,...), ou des « valeurs guide » ...c'est encore plus flou (comme ODWAC à 20 Bq/l ou Euratom à 100 Bq/l).

Cette réglementation européenne applicable en France depuis 2015 fixe le seuil légal à 100 Bq/l.

La limite de potabilité définie par l'Organisation mondiale de la santé est de 7 800 Bq/l !!!

**L'office de la santé du CANADA (l'ODWAC = "Ontario Drinking Water Advisory Council") a proposé une « norme guide » à 20 Bq/l suite à un grand débat public autour du lac Ontario au Canada, une grande consultation qui peut être considérée comme une « norme de consensus » entre des pollueurs, des citoyens et l'état ! Nous pensons donc que nous devrions nous aligner sur ce document :**

[http://www.odwac.gov.on.ca/reports/052109\\_ODWAC\\_Tritium\\_Report.pdf](http://www.odwac.gov.on.ca/reports/052109_ODWAC_Tritium_Report.pdf)

<sup>41</sup> Prenons un exemple imaginaire. Votre garagiste vous a fourni un véhicule fonctionnel d'une marque étrangère connue, mais qui par exemple, devient dangereux dans des conditions particulières. Par exemple la tenue de route devient nulle dès que le vent latéral dépasse 50 km/h. Vous faites un accident à cause de ce problème rare mais prévisible, vous apprenez que la garantie a été annulée par un gouvernement du fournisseur étranger, que votre garagiste a été nationalisé, et vous ne pouvez pas vous retourner contre le fabricant.

Le garagiste est dépassé par les événements, et pour réparer votre voiture, fait appel à des « inventeurs » envoyés par le gouvernement du fabricant pour tester des méthodes de réparation qui ne sont encore qu'au stade théorique, pour (tenter) de supprimer le problème.... Finalement c'est vous, en tant que contribuable, qui payez les frais...

## REFERENCES

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Tritium>

<http://livre-blanc-tritium.asn.fr/>

Les deux textes de l'ACRO dans le livre blanc sont :

- Rejets marins de tritium (pdf, 630 ko)
- Le tritium : un risque sous-estimé (pdf, 130 ko)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Tritium\\_dans\\_l%27environnement](https://fr.wikipedia.org/wiki/Tritium_dans_l%27environnement)

<http://www.nirs.org/radiation/tritium/tritiumhome.htm>

<http://www.nirs.org/factsheets/tritiumbasicinfo.pdf>

<http://www.nirs.org/radiation/tritium/accidents.htm>

<http://www.nirs.org/radiation/tritium/abstracts.htm>

<http://www.nirs.org/radiation/tritium/tritium06122007gphazardreport.pdf>

<http://www.l-a-k-e.org/blog/2013/03/even-the-smallest-amount-of-tritium-can-have-negative-health-impacts-and-most-nukes-leak-tritium.html>

[http://www.ccnr.org/tritium\\_1.html](http://www.ccnr.org/tritium_1.html).

US Environmental Protection Agency website on tritium :

<http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/tritium.htm> (accessed February 26, 2007)

Tritium in the Canadian Environment: Levels and Health Effects, by Dr Richard V. Osborne at "Ontario Drinking Water Advisory Council":

[http://www.odwac.gov.on.ca/standards\\_review/tritium/Osborne\\_CNSC-RSP-0153-1.pdf](http://www.odwac.gov.on.ca/standards_review/tritium/Osborne_CNSC-RSP-0153-1.pdf)

Etablissement de la nouvelle recommandation à 20 Bq/l.

[http://www.odwac.gov.on.ca/reports/052109\\_ODWAC\\_Tritium\\_Report.pdf](http://www.odwac.gov.on.ca/reports/052109_ODWAC_Tritium_Report.pdf)

Autre document Canadien :

<http://www.nuclearsafety.gc.ca/eng/resources/health/tritium/tritium-in-drinking-water.cfm>

A tritium report by the US Agency for Toxic Substances and Disease Registry :

<http://www.atsdr.cdc.gov/hac/pha/pha.asp?docid=37&pg=0>

A report on tritium by the UK Government's Advisory Group on Ionising Radiation :

[http://www.hpa.org.uk/webc/HPAwebFile/HPAweb\\_C/1197382221858](http://www.hpa.org.uk/webc/HPAwebFile/HPAweb_C/1197382221858)

Tihange sur la Meuse en Belgique : [www.vliz.be/imisdocs/publications/223980.pdf](http://www.vliz.be/imisdocs/publications/223980.pdf)

Rejets dans la Meuse en 1983 : 960 Curies de tritium (Ti 1 + Ti2), soit 35 TBq de tritium

Review of Risks from Tritium - Report of the independent Advisory Group on Ionising Radiation :

[http://www.rachel.org/lib/tritium\\_risks.070601.pdf](http://www.rachel.org/lib/tritium_risks.070601.pdf)

L'étude du Dr Ian FAIRLIE sur les fuites de Tritium au Canada:

<http://www.fairewinds.org/s/tritium-hazard-report-pollu.pdf>

La hausse des températures pourrait accélérer les effets induits par la radioactivité dans l'ADN des moules marines.

<https://www.sciencedaily.com/releases/2016/08/160823103216.htm>

Traduction en Français : <http://tinyurl.com/sea-life-tritium>

Vidéo de l'IRSN sur le prélèvement et la mesure du Tritium : <https://youtu.be/VRutThhUM50>

Tritium Exposé by Ian Fairlie :

<http://www.fairewinds.org/podcast//tritium-expos>

<https://soundcloud.com/fairewinds-energy/tritium-expose-041816>

A propos de ITER :

[http://www.jp-petit.org/sauver\\_la\\_Terre/ITER/About\\_ITER.pdf](http://www.jp-petit.org/sauver_la_Terre/ITER/About_ITER.pdf)

[http://www.jp-petit.org/NUCLEAIRE/ITER/conclusions\\_enquete\\_publique.pdf](http://www.jp-petit.org/NUCLEAIRE/ITER/conclusions_enquete_publique.pdf)

Merci aussi à la CRIRAD : <http://www.criirad.org/>

Et en particulier [https://www.criirad.org/actualites/dossier2019/Note\\_CRIIRAD\\_tritium.pdf](https://www.criirad.org/actualites/dossier2019/Note_CRIIRAD_tritium.pdf)

### **Dégâts dus au tritium :**

La hausse des températures pourrait accélérer les effets induits par la radioactivité dans l'ADN des moules marines :

[https://www.dropbox.com/s/2au7qt710y0wyyf/Study%20of%20sea%20life%20shows%20exposure%20to%20tritium\\_FR.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/2au7qt710y0wyyf/Study%20of%20sea%20life%20shows%20exposure%20to%20tritium_FR.pdf?dl=0)

Is Radioactive Hydrogen in Drinking Water a Cancer Threat?

<https://www.scientificamerican.com/article/is-radioactive-hydrogen-in-drinking-water-a-cancer-threat/>

Ardèche – Fuites radioactives de la centrale nucléaire de Cruas-Meysse : EDF multiplie l'opacité d'incidents récents

<https://reseauinternational.net/ardeche-fuites-radioactives-de-la-centrale-nucleaire-de-cruas-meysse-edf-multiplie-lopacite-dincident-recents>

Ce document est évolutif, la dernière version se trouve à <http://tinyurl.com/jjaenhf>

Il existe aussi un document sur les bases de la radioactivité à <http://tinyurl.com/z4f9gcb>

Auteur [philippe.looze@cwacwa.be](mailto:philippe.looze@cwacwa.be)