

MUNITIONS A L'URANIUM APPAUVRI

1. L'URANIUM

1.1. L'URANIUM NATUREL

L'uranium naturel (^{238}U) est parmi les plus lourds métaux dans la nature avec 92 protons. Sous forme métallique il a l'aspect du plomb, il est pyrophorique lorsqu'il est finement divisé (capable de s'enflammer spontanément dans certaines circonstances). Il se compose essentiellement de l'isotope 238 à 99,27 % (voir tableau en annexe), qui a une période de 4,5 milliards d'années, d'uranium 235 à 0,72 % et d'uranium 234 à 0,006 %.

Sa concentration dans la croûte terrestre est en moyenne de 2 à 3 milligrammes par kilogramme (mg/kg ou ppm : partie par million) mais peut atteindre 10 mg/kg dans les granites, elle est de 3,3 microgrammes par litre ($\mu\text{g/l}$ ou millionième de gramme par litre) d'eau de mer et peut atteindre 50 $\mu\text{g/l}$ dans les eaux minérales du Massif Central.

L'uranium naturel (Unat) ne provoque pas d'irradiation externe ; au contact de l'épiderme son effet radiologique est arrêté par celui-ci. L'isotope 235 de l'uranium est recherché pour sa forte propriété fissile utilisée, notamment, pour le combustible des centrales nucléaires.

1.2. L'URANIUM APPAUVRI

Afin d'accroître sa réactivité, on procède à l'enrichissement de l'Uranium naturel en isotope 235. Le procédé consiste à augmenter la proportion d' ^{235}U (< 4 % pour les combustibles REP¹).

En France, cet enrichissement se fait par diffusion gazeuse à l'usine d'EURODIF au Tricastin, en attendant la mise en marche de l'usine Georges Besse 2. L'uranium dont on a extrait près des deux tiers de ^{235}U est un sous-produit appelé uranium appauvri (UA) (0,2 % d' ^{235}U et 99,75 % d' ^{238}U).

Une nouvelle source d'uranium appauvri est apparue comme sous produit du ré-enrichissement de l'Uranium de Retraitement (UR), provenant des combustibles après une première utilisation en réacteur. Cet Uranium de Retraitement Appauvri (URA) est caractérisé par la présence d' ^{232}U et ^{236}U ainsi que de traces infinitésimales d'autres actinides, éléments de la même famille chimique que l'uranium, et de quelques produits de fission (PF) (entre 10^{-11} soit 0,01 partie par milliard (ppb) et 10^{-7} g soit 0,1 partie par million (ppm)).

1.3. CARACTÉRISTIQUES DE L'URANIUM APPAUVRI

Bien que d'une radioactivité plus faible, l'uranium appauvri a les mêmes caractéristiques que l'uranium naturel. Il sert en radioprotection, car du fait de sa forte densité, il arrête les rayons gamma de façon encore plus efficace que le plomb. En raison de sa forte densité, il a également servi comme lest de quille de bateau à voile. Sous forme d'oxyde (UO_2), en mélange avec l'oxyde de plutonium, il sert à la fabrication du combustible mixte d'oxyde d'uranium et de plutonium (MOX : UO_2 , PuO_2).

L'uranium appauvri produit en France a une activité spécifique de 20 000 à 40 000 Bq/g, c'est-à-dire environ la moitié de la radioactivité de l'uranium naturel, alors que les traces d'impuretés (plutonium, américium, plomb, etc.) présentent une activité propre de 10^{-4} Bq/g (1Bq pour 10 kg d'URA), donc négligeable. A titre de comparaison la radioactivité totale du corps humain est en moyenne de 100 Bq/kg

Les Etats-Unis (et l'ex-URSS), qui traitent l'UNat et l'UR alternativement dans les mêmes installations d'enrichissement avec des conduites variées du procédé, disposent d'uranium appauvri pouvant avoir des caractéristiques intermédiaires entre celles de l'UA et celles de l'URA.

1.4. L'URANIUM APPAUVRI (UA OU URA) DANS LES ARMES ?

L'UA sous forme métallique étant plus de 2 fois plus dense que l'acier et près de 1,7 fois plus dense que le plomb.

¹ Réacteur à eau pressurisée, la filière des réacteurs électrogènes de 3^{ème} génération en France

Son utilisation permet de miniaturiser des obus perforants (antichars), et donc de diminuer la résistance à l'air et d'augmenter la vitesse du projectile. De plus, les propriétés pyrophoriques de l'uranium permettent l'accroissement de l'effet perforant de l'obus (flèche) par fusion du blindage lors de l'impact et provoquent également un effet incendiaire à l'intérieur des engins blindés.

Sous les effets combinés du choc et de la haute température, il y a production d'éclats et pulvérisation d'une partie de l'UA (ou URA) dans l'atmosphère. L'effet pyrophorique et la combinaison chimique avec l'oxygène de l'air produisent des particules d'UO₂ insolubles, en grande partie comprises entre 1 à 5 micromètres de diamètre, c'est-à-dire susceptibles d'être inhalées ou ingérées par les personnes atteintes par l'air contaminé.

La France ne produit pas d'UA métallique et en a importé 1 000 t (SICN²) pour produire quelque 60 000 obus. Plusieurs centaines de tirs d'essai ont été effectués entre 1988 et 2009 au Centre d'études de GRAMAT de la Direction Générale de l'Armement. Ces tirs étaient confinés et réalisés dans une installation dédiée constituée d'une enceinte en acier étanche à ventilation contrôlée. L'installation est une ICPE (installation classée pour la protection de l'environnement). Depuis 2010, ce centre est devenu un centre du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) et la décision a été prise de démanteler cette ICPE car elle n'est plus utilisée depuis 2009 et aucun programme de recherche ne prévoit son utilisation future. Les travaux de démantèlement débuteront fin 2014 et se termineront en 2016.

La France n'a tiré aucun obus à l'UA lors des guerres du Golfe et des Balkans.

2. LES EFFETS

2.1. TOXICITÉ CHIMIQUE DE L'URANIUM APPAUVRI

L'uranium est un élément chimique classé en toxicologie classique parmi les métaux lourds comme le plomb ou le mercure. Dispersé finement dans la nature, il se transforme en composés chimiques complexes, plus ou moins solubles dans les milieux biologiques liquides constituants des organismes vivants. Quel que soit l'isotope considéré, les risques toxicologiques chimiques restent identiques.

Par ingestion (aliments ou eaux de boisson), 98 % des composés solubles de l'uranium et 99,8 % des composés insolubles sont éliminés par voie urinaire ou avec les selles. Dans un environnement normal, l'organisme humain reçoit quotidiennement un apport de 2 µg d'uranium [2] et en conserve un stock permanent d'environ 90 µg (dont environ 60 µg dans le squelette).

Par inhalation, le transfert à l'organisme est plus rapide et plus important. Mais il est à noter que, compte tenu des mécanismes biologiques d'épuration, il a été démontré expérimentalement qu'une concentration de 150 µg par mètre cube d'air respiré [3] ne produit aucun effet détectable.

La toxicité chimique de l'uranium, qui prévaut sur la toxicité radiologique, a conduit la réglementation française à fixer des limites de masse ingérée ou inhalée de composés chimiques d'uranium à, respectivement, 150 mg et 2,5 mg par jour quelle que soit la composition isotopique de l'élément.

2.2. TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DE L'URANIUM APPAUVRI

En considérant le risque associé aux caractéristiques radioactives de l'uranium appauvri (très faible radioactivité spécifique du fait de sa très longue période), les recommandations internationales, reprises dans la législation française ont été établies sur les constatations suivantes :

- en cas d'ingestion, il apparaît qu'une consommation de 12,5 g de composés solubles ou de 50 g de composés insolubles, répartie tout au long d'une année, n'a pas d'effet radiologique
- pour l'inhalation, l'hypothèse très pessimiste que toutes les particules d'uranium plus petites que 5 microns de diamètre restent de façon permanente, pour toute la vie, incorporées dans le poumon, conduit à retenir les valeurs très prudentes de limite annuelle inhalée de 1,2 mg d'uranium appauvri pour le public et 23,8 mg pour les travailleurs

2.3. LA TOXICITÉ GLOBALE DE L'URANIUM APPAUVRI

C'est la toxicité chimique qui a l'effet le plus immédiat. Une pathologie rénale est diagnostiquée pour un seuil d'environ **1 mg d'uranium fixé** dans cet organe.

Pour des valeurs légèrement inférieures, il a été mis expérimentalement en évidence qu'une toxicité neuromusculaire peut apparaître avec un certain délai, sans que se soit manifestée la toxicité rénale.

² Société Industrielle de Combustibles Nucléaires - F 38113 Veurey

La toxicité radiologique de l'uranium ne pourrait se manifester que pour des quantités incorporées très importantes et dans tous les cas très postérieurement à la toxicité physico-chimique. L'uranium n'est pas considéré comme un cancérigène par le CIRC³ et l'EPA⁴.

La toxicité globale de l'uranium est très bien connue expérimentalement, depuis presque un siècle chez les mineurs, et depuis cinquante années chez les travailleurs du cycle du combustible.

A la suite de plusieurs études épidémiologiques sur ces personnels, aucun excès de cancer et de leucémie n'a été mis en évidence par rapport au reste de la population.

Quelle que soit la voie d'atteinte (orale ou respiratoire), et la forme chimique de l'uranium (soluble ou insoluble), l'analyse des urines fournit un contrôle aisé et fiable ; le taux normal est de 0,3 µg d'U par litre d'urine. Il est donc aisé de contrôler les personnes qui auraient pu être exposées et d'évaluer les conséquences éventuelles.

3. LA GUERRE DU GOLFE

Lors de la guerre du Golfe, des obus flèches à l'uranium appauvri, tirés par l'aviation américaine ont atteint par erreur des blindés américains. Le commandant de marine James Helmkamp [3] a estimé "... *que les armes avec de l'UA ont entraîné la destruction de 14 tanks Abrahams et de 15 engins blindés Bradley...*" faisant 35 morts et 72 blessés en Irak et au Koweït.

Les premières études poussées ont porté particulièrement sur ces victimes et sur des soldats américains, canadiens et français exposés à des contaminations par inhalation et/ou par ingestion sur les champs de tir. La détection à faible niveau d'uranium urinaire, sans qu'il y ait de blessures, a confirmé des expositions ponctuelles chez certains d'entre eux. Aucun effet toxique n'a été relevé.

L'intérêt s'est focalisé sur les contaminations par blessure ou plaie et notamment les poly-criblés par des éclats inférieurs à 1 mm (difficiles à éliminer chirurgicalement). 50 soldats ont été recensés contaminés et 36 ont pu être suivis. Suite à un phénomène de dissolution lente, on a d'abord constaté l'augmentation dans le temps des excréctions urinaires, puis leur décroissance. Aucune pathologie rénale ou radio induite n'a été associée. Parmi ces poly-criblés, 5 cas ont présenté des modifications des tests cognitifs (diminution de la mémoire et de logique), sans pathologie.

Il semblerait que le "syndrome du Golfe" soit de type neuro-musculaire avec perte de mémoire, fatigue, fièvre, irritabilité et douleurs articulaires, mais pour aucun des plaignants il n'y a d'éléments permettant d'associer ce syndrome à une exposition à l'UA.

4. LA GUERRE DES BALKANS

Bien que quelque 30 000 obus aient été tirés au Kosovo et 10 000 en Bosnie, aucune étude générale sur les expositions à la dispersion d'uranium appauvri n'est disponible pour les populations et les militaires.

Pour une présence permanente de 3 000 militaires en Bosnie et 5 000 au Kosovo ce sont 83 000 français qui ont séjourné dans les Balkans entre 1992 et 2000 [4].

Les cas de leucémies et de lymphomes (cancer des ganglions) diagnostiqués chez les soldats italiens (6 cas), français (6), belges et anglais ne présentent aucun lien avec une exposition éventuelle à l'uranium appauvri.

L'examen épidémiologique effectué sur le groupe des intervenants sur le théâtre des opérations a même mis en évidence un nombre plus faible de cancers que celui normalement (statistiquement) attendu dans la population européenne. Cela s'explique facilement par le fait qu'il s'agit d'une sélection d'hommes jeunes et en bonne santé.

5. CONCLUSION

Les armes comportant de l'uranium appauvri sont surtout dangereuses par leur effet pyrophorique et le dégagement de fumées toxiques qu'elles génèrent après leur impact. Seules les personnes présentes et les soldats en opération sont exposés à la toxicité chimique de l'UA, atteignant le rein, liée au caractère de métal lourd qu'est l'uranium appauvri, comme pour le mercure et d'autres métaux.

Une toxicité radiologique, spécifique aux poumons, reste dans tous les cas négligeable. Les délais d'incubation des cancers, depuis la date d'intervention au Kosovo, rendent tout à fait improbable toute causalité liée à l'UA. Les études sur la radiothérapie démontrent que le délai de latence des leucémies radio-induites est de 5 à 7 ans et ceci pour des expositions très supérieures à celles estimées sur le théâtre des opérations.

Force est de constater que la contamination à l'UA n'a pas eu d'effets mesurables en ce qui concerne les vétérans exposés durant les guerres du Golfe persique et des Balkans car la dose aiguë pouvant entraîner des

³ Centre International de Recherche sur le Cancer - Organisation Mondiale de la Santé (OMS)

⁴ Environmental Protection Agency (Etats Unis)

effets toxiques chimiques mesurables sur les reins ou la conduction nerveuse de ces sujets n'a jamais été atteinte.

Il serait extrêmement regrettable que la responsabilité des cancers et autres maladies soit recherchée exclusivement dans l'utilisation de l'uranium appauvri, en sous-estimant ou en ignorant les effets sans doute combinés : des explosifs et autres composants des obus, des gaz de combats, des incendies des usines chimiques (ou de pesticides) qui ont été bombardées, des dégagements des puits de pétrole en feu, de la destruction des sites secrets (bactériologiques ou chimiques), des prises d'antidote aux produits chimiques, de la vaccination contre ces armes secrètes des militaires US ou tout simplement du stress que comporte tout acte guerrier. On risquerait en effet de passer à côté des véritables causes, au seul détriment des malades.

Il faut chercher en dehors de l'UA l'origine des "syndromes du Golfe ou des Balkans", sans oublier les aspects sociologiques ou médiatiques.

6. RÉFÉRENCES

- [1] H. de Choudens & G. Troesch Introduction à la radioprotection - Société Française de Radioprotection - 1985
 [2] Anne Flüry-Hérard Effets sanitaires de l'Uranium appauvri CEA - Janvier 2001
 [3] Dr. A. Behar [Association des Médecins Français pour la Prévention de la Guerre Nucléaire](#) - extrait de Médecine et Guerre nucléaire volume 4 n° 4 (1999) [Mis en ligne sur le site Web d'Yves Renaud](#)
 [4] Dr T de Revel Hôpital Percy - Hématologue des Armées, 22/02/01

ANNEXE

Caractéristiques de l'uranium

L'uranium est présent dans la croûte terrestre depuis la création du monde, il a été découvert en 1789 dans la pechblende par MH Klaproth.

Mais c'est seulement en 1896 que H. Becquerel découvre sa radioactivité. Sous forme métallique il a une densité voisine de 19, il fond vers 1 130 °C, sa tension de vapeur à 1 430 °C est voisine de 10^{-4} mm Hg [1], sa température d'ébullition est de 3 850 °C.

Isotope	Proportion (%)	Période (ans)	Activité massique		Emetteur	Energie (MeV)
			(Bq/g)	(%)		
Unat						
238	99,27	$4,5 \cdot 10^9$	$12 \cdot 10^3$	49	α	4,2
235	0,72	$0,7 \cdot 10^9$	$80 \cdot 10^3$	2	$\alpha + \gamma$	4,3 & 0,2
234	0,006	$0,25 \cdot 10^6$	$227 \cdot 10^6$	49	α	4,8
UR*						
232		70	$8 \cdot 10^{11}$		α	
236		$23,4 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^6$		α	

* isotopes supplémentaires par rapport à l'Unat.

Voies d'atteinte

Il y a trois voies d'atteinte possible pour l'homme (et les êtres vivants) : inhalation de particules, ingestion orale, passage transcutané. Les pathologies engendrées sont principalement d'origine chimique masquant totalement les effets radiologiques. Les organes sensibles sont les reins, les os, le foie, les gonades selon la forme soluble ou non du composé chimique.

