

Antimythe N° 28 – Le plutonium : déchet ou trésor ?

Depuis 1972, les assemblages de MOX (oxyde mixte d'uranium et de plutonium) ont été utilisés par 44 réacteurs nucléaires à travers le monde, dont la moitié en France. Pour autant, le recyclage du combustible utilisé selon les principes du développement durable continue à alimenter la controverse sur la gestion des déchets : d'où vient pareille inconséquence ?

Plutonium fait référence à Pluton, situé au-delà d'Uranus et de Neptune dans notre système solaire, tout comme le plutonium-239 est produit par capture neutronique à partir d'uranium-238 transmuté transitoirement en neptunium-239 (voir schéma).

L'uranium-235 est le seul élément *fissile* (cassable par un neutron, avec production d'autres neutrons permettant la réaction en chaîne) existant à l'état naturel, car sa période est suffisamment longue (700 millions d'années) pour qu'il en reste après la formation du système solaire. L'uranium-238, qui a une demi-vie de 4,5 milliards d'années, constitue 99,3 % de l'uranium naturel, l'uranium-235 n'en représentant que 7 pour mille.

Mais dans les réacteurs nucléaires, l'uranium-238 est en partie transformé en plutonium-239 ($T_{1/2}$: 24000 ans), qui lui aussi est fissile : on peut ainsi recréer du « combustible » nucléaire et alimenter la réaction en chaîne. C'est ainsi que dans les réacteurs à eau alimentés en UOX (oxyde d'uranium), 40% des fissions sont dues au plutonium-239. Dans les réacteurs à neutrons rapides, on peut même produire plus d'éléments fissiles qu'on en a consommé : c'est ce qu'on appelle la « surgénération ». En conséquence, la transmutation de l'uranium-238 en plutonium-239 permettrait, dans des conditions optimales de recyclage du combustible, de tirer 50 à 100 fois plus partie du stock d'uranium de la planète, ce qui procurerait de l'énergie pour des millénaires !

Les réacteurs refroidis à eau (plus de 80% du parc mondial) délivrent un plutonium qui contient généralement moins de 60 % de plutonium-239, 10 % de plutonium-241 fissile, et jusqu'à 30 % d'isotopes indésirables plutonium 240 et 242. Ce qui fait qu'actuellement, le plutonium n'est recyclé qu'une seule fois sous forme de combustible MOX. Sa fabrication permet de diviser par cinq la quantité de déchets nucléaires ultimes par rapport à un cycle ouvert : une tranche EPR moxé à 100 % serait susceptible de consommer environ trois tonnes de plutonium par an. La mise en œuvre du combustible MOX permet en outre de diminuer la quantité d'uranium naturel à utiliser : en France, l'utilisation du MOX permet une économie d'uranium naturel de 25%. Par contre, sa puissance résiduelle décroît moins vite que celle de l'UOX, et il faut donc le garder plus longtemps en piscine de refroidissement avant de le retraiter.

Pour établir une économie véritablement circulaire – multirecyclée – de l'uranium, il faudra donc changer de technologie : la plus prometteuse serait d'utiliser comme combustible un sel fondu (chlorure de plutonium et d'uranium), ce qui présenterait de gros avantages en matière de sûreté : pas d'accident énergétique, contre-réactions fortement négatives, pas de pression, solidification du combustible en cas de fuite.

Certes, le plutonium représente une forte radiotoxicité : la létalité serait atteinte avec l'incorporation d'une dizaine de milligrammes. C'est pourquoi la manipulation du plutonium ne peut se faire qu'en boîte à gants, voire en cellule blindée pour protéger le personnel des rayons gamma émis par l'américium-241 descendant du plutonium-241. Mais cela n'a pas empêché d'utiliser le plutonium-238 comme générateur thermoélectrique, notamment pour les stimulateurs cardiaques, et désormais dans les sondes spatiales éloignées du soleil, sur les satellites Galileo ainsi que sur le rover *Curiosity* utilisé sur Mars : car s'il dégage 570 W/kg, c'est par radioactivité alpha, particules faiblement pénétrantes : une feuille de papier suffit à les arrêter ! Ainsi, en matière de radiotoxicité, il est important de bien connaître la spécificité du rayonnement, afin de prendre les mesures de protection appropriées.

