

Août 2002
(Rév. nov. 2002)

**Informations de base
sur un thème d'actualité**

Le plutonium – quelles perspectives d'avenir?

- | | |
|--------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1. Introduction | 5. Aspects économiques |
| 2. Notions de base | 6. Attitude de quelques pays concernés |
| 3. Quantités de plutonium | 7. En résumé |
| 4. Perspectives d'avenir pour le plutonium | |
-

1. Introduction

En 1994, des activités de contrebande de matériaux radioactifs — dont le plutonium — incitèrent les spécialistes M. Keller et B. Anet à publier des informations d'ordre général sur le thème du plutonium. Les auteurs ont ainsi abordé les questions de provenance, de nocivité et d'utilisation de cet élément dans la fabrication d'une bombe atomique. D'autres aspects, notamment les diverses possibilités d'application ou l'élimination des déchets, n'ont pas été traités à cette occasion. Or ce dernier point génère actuellement un véritable casse-tête.

Les quantités de plutonium issues de l'industrie nucléaire civile ou des installations militaires d'Etats dotés d'un armement nucléaire ont augmenté de façon spectaculaire — surtout depuis l'amorce d'un désarmement nucléaire en lui-même réjouissant — et représentent aux yeux de maints experts un grave danger de prolifération. Par ailleurs, le plutonium sert de matière première à la production d'énergie nucléaire. Dès lors, se posent les questions suivantes: Comment en est-on arrivé à accumuler de telles quantités de plutonium? Faut-il le considérer comme un déchet à éliminer pour prévenir tout risque de prolifération, ou plutôt comme une matière première de grande valeur, que l'on peut réutiliser. Sa réutilisation est-elle effectivement rentable? Et quelles sont, sinon, les mesures d'élimination envisageables? Les pages qui suivent tentent de répondre à ces questions actuellement fort discutées partout dans le monde.

Pour une meilleure compréhension, le lecteur est invité à se reporter également à la publication de novembre 1994 ("Plutonium", Informations de base;

seule la version allemande est disponible) sur le site Internet de la protection de la population (http://www.vbs.admin.ch/ls/d/h_info/plutonium/index.htm).

2. Notions de base

Qu'est-ce que le plutonium?

Le plutonium (Pu) est l'élément chimique portant le numéro atomique 94. Chaque noyau de plutonium est constitué de 94 protons (particules de charge électrique positive). Par contre, le nombre de neutrons (particules électriquement neutres) est variable d'un noyau à l'autre: on parle alors de différents **isotopes**. Le noyau de l'isotope 239 (Pu²³⁹) par exemple contient 145 neutrons et 94 protons.

Comment le plutonium se forme-t-il?

Une multitude de neutrons se trouvent à l'intérieur d'un réacteur prêts à être absorbés par les noyaux d'uranium. Ces derniers se transforment alors, moyennant une étape intermédiaire, en noyaux de plutonium. La figure 1 schématise la création de quelques isotopes de plutonium. La proportion des divers isotopes de plutonium varie dans la composition finale selon le temps de séjour des barres ou crayons combustibles dans le réacteur et la nature de celui-ci.

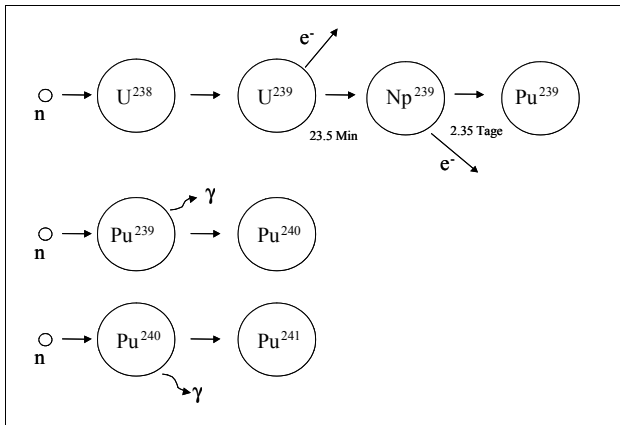


Figure 1: La capture d'un neutron (n) par l'isotope le plus répandu de l'uranium, l' U^{238} , transforme ce dernier en uranium 239. Celui-ci se transmute à son tour en neptunium 239 (Np^{239}) puis, en l'espace de quelques jours, en plutonium 239. D'autres réactions similaires conduisent à la création des isotopes 240, 241 et 242 du plutonium. L'isotope 238 est également obtenu par une chaîne d'absorption de neutrons et de désintégration radioactive, à partir d'uranium 235 cette fois-ci.

3. Quantités de plutonium

Ordres de grandeur

L'équipement en **armes nucléaires** à travers le monde a nécessité quelque 250 tonnes de plutonium. Le 1^{er} septembre 2000, par signature d'un traité, les Etats-Unis et la Russie se sont engagés mutuellement à réduire tous deux de 34 tonnes le plutonium de leur armement nucléaire respectif. Au total, cette quantité de plutonium est de 10 000 fois supérieure à celle de la bombe atomique larguée sur Nagasaki à la fin de la Seconde Guerre mondiale. En somme, si chacun de ces deux Etats devait détruire un millier de ses têtes nucléaires, cela équivaldrait à devoir éliminer près de 100 tonnes de plutonium supplémentaires. Il faut ajouter, à cette quantité énorme de plutonium dit militaire, celles, plus grandes encore, de plutonium **civil**. A ce jour, la production mondiale de plutonium par réacteurs civils avoisine les 1400 tonnes. Cette quantité augmente chaque année de quelque 70 tonnes. La plus grande partie de ce plutonium (1200 tonnes environ) se trouve encore dans du combustible nucléaire irradié hautement radioactif. Près de 225 autres tonnes existent sous forme séparée. Dans ce cas, le plutonium a été isolé de tous les autres matériaux présents dans la barre combustible selon un procédé chimique très complexe effectué dans des usines dites "de retraitement".

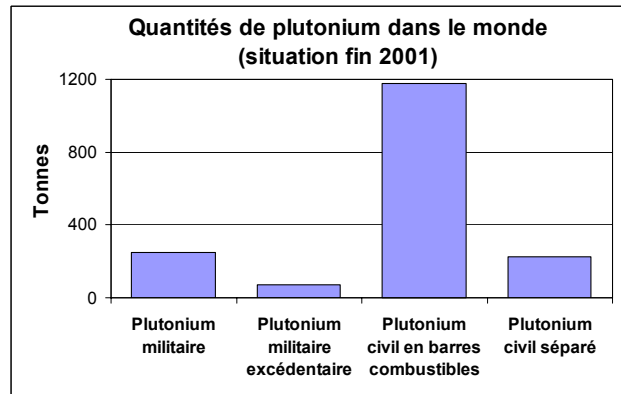


Figure 2: Quantités de plutonium, situation fin 2001

Le volume total de plutonium civil (1400 tonnes) représente un cube d'à peu près 4,1 m de côté, celui du plutonium civil séparé un cube de 2,2 m de côté.

Pourquoi tant de plutonium civil séparé?

Les années soixante, suivit des années septante ébranlées par la crise pétrolière ont largement misé sur le développement de la production de courant d'origine nucléaire, sans perdre de vue les risques d'une pénurie d'uranium et d'un renchérissement de ce métal sur le marché.

Dans ce contexte, il fallait creuser l'idée d'une utilisation plus efficace de l'uranium grâce à la mise en service de surgénérateurs. Ce type de réacteur produit de l'énergie par fission d'atomes de plutonium, mais sa configuration permet également une réutilisation du plutonium pour un cycle ultérieur du réacteur. Le plutonium généré dans les réacteurs commerciaux courants (pour la plupart des réacteurs à eau légère¹) aurait dû, lui, être séparé avant de pouvoir être rechargé dans un réacteur à neutrons rapides. Une autre solution est de remplacer dans les réacteurs à eau légère une partie de l'uranium par du plutonium. Les barres combustibles irradiées (également appelées "usagées" ou "usées"), des réacteurs civils contiennent généralement 96% d'uranium pour 3% de produits de fission et une faible proportion de plutonium, soit 1%. Seuls les produits de fission constituent du déchet. L'uranium et le plutonium, soit près de 97% du combustible irradié, peuvent être récupérés après séparation des produits de fission pour la fabrication de nouveaux éléments combustibles. C'est pourquoi on a commencé à utiliser du combustible à oxyde mixte fait d'un mélange d'uranium et de plutonium, appelé "combustible MOX"² dans quelques réacteurs à eau légère.

Depuis, plusieurs usines de retraitement ont vu le jour (Marcoule en 1958, US West Valley et La Hague en 1966, Windscale en 1969) et des contrats de longue durée ont été passés en vue de l'extraction du plutonium des combustibles usés.

¹ Dans les réacteurs à eau légère, on utilise de l'eau ordinaire pour le refroidissement et le ralentissement des neutrons.

² Mélange d'**O**Xydes d'uranium et de plutonium, en anglais **M**ixed **O**xide.

Pourtant, le nombre de centrales nucléaires construites à travers le monde n'a pas atteint les prévisions des dernières décennies. Si bien que la demande en uranium ne s'est pas non plus accrue de la façon attendue. Même dans le domaine militaire, on n'utilise plus d'uranium neuf; une fois appauvri, l'uranium se vend au contraire en grandes quantités pour être transformé en barreaux combustibles. Les gisements d'uranium aisément biodégradable s'étant par ailleurs révélés plus riches qu'escompté, le prix du métal a brutalement passé de 100 dollars en 1960, à quelque 30 dollars à peine le kg (base des prix: cours du dollar en 1995).

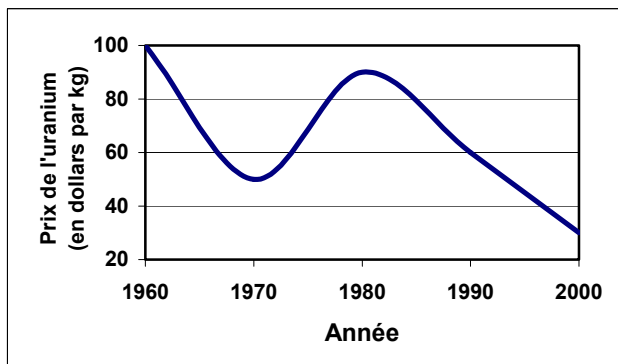


Figure 3: Evolution du prix de l'uranium au cours des quarante dernières années

Dans ces circonstances, les surgénérateurs ne sont plus rentables — cela sans parler des difficultés techniques et de l'opinion défavorable rencontrée auprès du public. C'est pourquoi les Etats-Unis et l'Europe de l'ouest ont renoncé à les utiliser. Les installations de Kalkar en Allemagne, de Dounreay en Angleterre et de Superphénix à Creys-Malville en France ont suspendu leurs activités. Et qui sait si la centrale de Monju au Japon, momentanément hors d'usage suite à un accident, ne restera pas définitivement close?

Malgré la chute de la demande, on continue pourtant d'extraire du plutonium des barres combustibles en raison des contrats passés entre les centrales nucléaires et les usines de retraitement (baseload contracts). Par ailleurs, la fabrication de MOX a parfois souffert de retards, privant certaines centrales habilitées de combustible en quantités nécessaires. La licence de fabrication de MOX accordée à l'usine Sellafield (Sellafield MOX Plant, SMP) a toutefois permis de débloquer cette situation en faisant progresser la production mondiale de MOX de quelque 50%.

Quels pronostics pour l'avenir?

Il est plausible qu'à l'avenir, l'abandon du procédé de séparation et l'utilisation accrue de MOX conduisent à une diminution du volume de plutonium civil séparé.

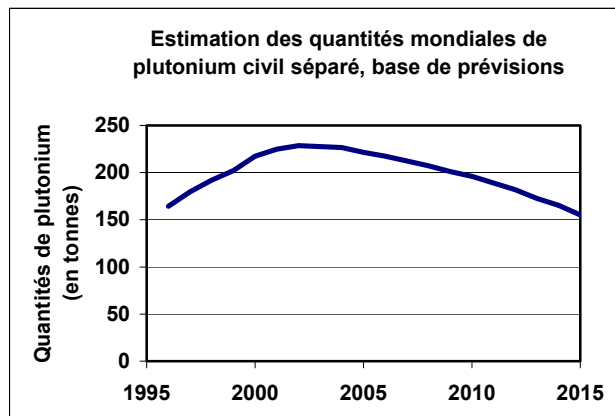


Figure 4: En juin 2000, l'Institut pour la science et la sécurité internationale (Institute for Science and International Security, ISIS) a établi une courbe estimative des quantités mondiales de plutonium civil séparé. D'autres études ont dressé un tableau plus pessimiste de la situation, où le tracé suit une progression certes moins nette depuis 2002 mais ne fléchit pas au-delà de cette date.

4. Perspectives d'avenir pour le plutonium

Tout le monde est d'avis qu'il faut se prémunir contre toute prolifération du plutonium, en d'autres termes, qu'il y a lieu d'éviter qu'il ne tombe entre les mains de personnes mal intentionnées. Les trois degrés de réponse possible à ce problème sont, dans leurs grandes lignes, *primo* un entreposage sûr du plutonium pour une durée indéterminée, *secundo* un accès aux stocks de plutonium strictement limité, *tertio* une interdiction absolue et définitive d'accès à ces stocks, voire leur totale élimination.

Degré 1: Entreposage pour une durée indéterminée

En ce qui concerne le matériel **militaire**, une première étape consiste à démonter les têtes nucléaires et à entreposer le plutonium — le Pu-"Pit" — qu'elles contiennent (cf. figure 5). Si cette méthode offre une souplesse maximale quant à la réutilisation future du plutonium dans le domaine civil ou quant à son élimination, la tentation de le réintégrer rapidement dans des armes atomiques reste malheureusement grande.

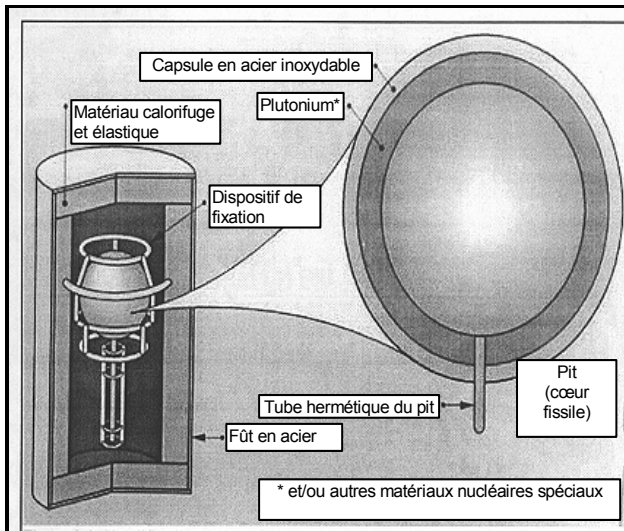


Figure 5: Représentation schématique du dispositif de conservation d'un noyau de plutonium dans une ogive nucléaire. Plus de 12 000 de ces pits sont conservés sous haute surveillance dans la centrale nucléaire Pantex à Amarillo, au Texas.

Les efforts déployés pour le désarmement gagneraient à coup sûr en vraisemblance si le plutonium militaire excédentaire déclaré et le plutonium civil étaient soumis au contrôle de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). Pour des raisons de secret militaire, le sort des pits serait alors probablement d'être refondus. Fin 2000, seules deux tonnes de plutonium en provenance d'arsenaux nucléaires avaient été placées sous la surveillance de l'AIEA; au moins l'Agence sait-elle où se trouve ce matériel. Elle peut ainsi prescrire les normes d'entreposage et de sécurité et effectuer des contrôles réguliers.

La conservation prolongée du plutonium **civil** séparé soulève des problèmes supplémentaires. Celui-ci contient en effet davantage de Pu^{241} que le plutonium des armes nucléaires. Or cet isotope se transforme en américium (Am^{241}), un puissant émetteur de rayons gamma (γ) qui, après quelques années d'entreposage déjà, rend impossible toute transformation directe du plutonium des réacteurs en élément combustible. Pour répondre à nouveau aux spécificités d'exploitation des usines de MOX, il faudrait d'abord séparer l'américium du plutonium (coût de l'opération, 1994: de 10 à 20 dollars par gramme de Pu). Quant à la menace de prolifération que représente le plutonium civil séparé, elle exige également le renforcement des mesures de sécurité et de surveillance. On estime le coût annuel d'un stockage sûr entre 1 et 5 dollars par gramme de plutonium et par année.

Degré 2: Accès strictement limité

En 1994, l'inaccessibilité au plutonium des armes nucléaires a été garantie par une exigence minimale, le "spent fuel standard" (critère du combustible irradié).

Enoncé du "spent fuel standard"

"Make plutonium roughly as inaccessible for weapons use as the much larger stock of plutonium in civil spent fuel", autrement dit, s'efforcer de rendre le plutonium quasiment aussi inaccessible aux fins de fabrication d'armes nucléaires que celui que contient le combustible civil irradié.

Si le plutonium est radioactif, son rayonnement le plus important — le rayonnement alpha (α) — est toutefois trop peu pénétrant et ses rayonnements bêta (β), gamma (γ) et neutronique sont trop faibles pour le protéger par une propre barrière protectrice contre tout accès illicite. Par contre, les radiations γ du combustible usé restent, même après plusieurs décennies, de 100 à 1000 fois supérieures à celles du plutonium. Par rapport au plutonium séparé, cette intensité offre au plutonium des barres irradiées une bien meilleure garantie de sécurité contre le vol. Le caractère quelque peu élastique de la définition du standard a donné lieu à maintes discussions. Il existe, en effet, divers types de réacteurs, diverses compositions de combustible, divers taux de combustion³ et, par conséquent, des barres de combustible irradié fort différentes quant à leurs propriétés de rayonnement. L'actuel "spent fuel standard" prend à titre d'étalon un combustible de 30 ans d'âge, issu d'un réacteur à eau légère et d'un taux de combustion de 33 000 MW·j/t⁴.

Pour satisfaire à ce critère de référence dans le cas du plutonium séparé, il existe en principe deux méthodes: le "brûlage" de **MOX** dans un réacteur ou l'**immobilisation**.

A: Comme leur nom l'indique (**M**élange d'**OXY**des), les assemblages combustibles **MOX** contiennent de l'oxyde d'uranium — la plus grande part — et de 6 à 7% environ d'oxyde de plutonium.

Dans un réacteur actuel à eau légère, il est possible de remplacer près d'un tiers de l'uranium des crayons combustibles par du MOX. Quant à la part de plutonium fissionné — donc détruit — dans les barres de MOX, elle est plus grande que la part de plutonium nouvellement créé. Cette disparition est à peu près équilibrée par le taux d'accroissement du plutonium dans les barres d'oxyde d'uranium. Après combustion, le plutonium des barres de MOX et le plutonium nouvellement créé dans les barres d'oxyde d'uranium se trouvent l'un comme l'autre entourés d'autres produits de fission radioactifs, ce qui répond ainsi aux exigences du standard. En outre, le plutonium contenu dans le combustible MOX irradié est désormais d'une composition isotopique impropre tant à la fabrication d'armes nucléaires qu'à un second recyclage dans un réacteur civil.

³ Le taux de combustion indique la somme d'énergie que produit une quantité de combustible donnée. Plus ce taux de combustion est élevé, plus grande est aussi la teneur du combustible irradié en produits de fission.

⁴ Le taux de combustion s'exprime en mégawatts-jour par tonne de combustible (MW·j/t).

Le recours au MOX est cependant loin de faire l'unanimité. Voici quelques arguments pour ou contre son utilisation:

Arguments pour le MOX
<ul style="list-style-type: none"> - Le plutonium du parc nucléaire représente un formidable potentiel d'énergie auquel on aurait tort de renoncer. - Le risque de prolifération est réduit grâce au recyclage du plutonium issu des armes nucléaires. - L'utilisation du MOX n'a pas connu le moindre incident depuis ses débuts voici 30 ans.
Arguments contre le MOX
<ul style="list-style-type: none"> - Les transports de plutonium sont intensifiés. - La quantité totale de plutonium dans le réacteur est augmentée, rendant plus dangereuses encore les suites d'un accident grave. - La forte radioactivité du plutonium et les coûteuses prescriptions de sécurité renchérissent encore le prix de fabrication du MOX par rapport à celui des crayons combustibles traditionnels à base d'oxyde d'uranium. - En raison de sa température très élevée au sortir des usines, le MOX irradié nécessite quelque 150 ans d'entreposage avant stockage définitif, contre une durée d'environ 50 ans pour l'uranium classique.

B: L'immobilisation, ou vitrification, dite "can in canister" (de l'anglais "can", boîte) est l'une des nombreuses variantes de ce procédé. Le plutonium est ici immobilisé dans des matrices de céramique chimiquement stables, sous forme de petits cylindres plats d'environ 7 cm de diamètre et 2,5 cm de hauteur. Ceux-ci sont empilés et coulés dans du verre préalablement mélangé à des matériaux hautement radioactifs. Ce plutonium séparé à grands frais est, au bout du compte, réincorporé à des produits de fission et entreposé comme déchet.

Quelle est la méthode la plus économique, sûre et rapide, la plus appropriée aussi pour prévenir la menace de prolifération que représente le plutonium séparé? Voilà une question que l'on ne peut trancher aisément, même si la plupart des pays optent ou ont opté pour la variante du MOXage.

Car le problème est moins de se décider pour l'immobilisation ou pour l'usage de MOX dans un réacteur que de trouver, en bout de course, les sites adéquats et sûrs pour l'entreposage du plutonium avec d'autres déchets radioactifs. Or apparemment, on n'a envisagé partout que des lieux de stockage provisoire, à moyen ou à long terme.

Yucca Mountain, dans le Nevada, Etats-Unis, pourrait être le premier site géologique mondial dévolu au stockage définitif des déchets radioactifs d'origine civile. Mais devant la levée de boucliers de la population locale, l'ouverture effective du dépôt

risque bien de ne pas avoir lieu en 2010 comme prévu initialement.

Degré 3: Interdiction absolue et définitive d'accès au plutonium

Certes le plutonium conforme au critère du combustible irradié (spent fuel standard) constitue une menace de prolifération moindre que le plutonium séparé. Mais ce plutonium n'a pas disparu pour autant et pourrait très bien être extrait des produits de fission hautement radioactifs grâce à des procédés chimiques coûteux. S'il faut surpasser les exigences du standard, ce n'est donc plus seulement le plutonium séparé (civil et militaire) mais également la masse autrement plus importante de plutonium contenu dans les combustibles irradiés qu'il convient logiquement de prendre en considération.

Sera-t-on un jour en mesure de condamner à jamais l'accès au plutonium?

A ce propos, les idées et les propositions les plus diverses, mais aussi les plus folles se sont succédées. Mentionnons tout d'abord quelques méthodes qui suggèrent non pas de détruire le plutonium, mais de le disséminer de telle façon à le rendre inaccessible soit:

- l'expédier dans l'espace/dans le soleil;
- le disperser dans la mer;
- le placer autour d'une bombe atomique souterraine. L'explosion nucléaire provoquée répartirait le plutonium dans les roches voisines.

Ce sont des projets utopiques, que l'on ne peut raisonnablement prendre au sérieux. Les mettre à exécution serait trop dangereux pour l'homme et la nature, trop coûteux et trop long...

Le seul moyen de détruire le plutonium consiste à le fissionner ou du moins à transmuter ses isotopes pairs (Pu^{238} , Pu^{240} , Pu^{242} ...) en isotopes impairs (Pu^{239} , Pu^{241} , Pu^{243} ...) facilement fissionnables. Ceci n'est envisageable qu'à l'intérieur d'un réacteur ou d'un système similaire à un réacteur, soit encore à l'aide d'un accélérateur de particules.

Voici quelques-uns des procédés envisageables:

- Réacteurs à eau légère ou REL

Pour pouvoir détruire du plutonium dans un réacteur à eau légère, il faut charger le cœur à raison d'un tiers au moins de crayons MOX. Il est tout à fait possible de construire des réacteurs ne fonctionnant qu'au combustible MOX. Ils nécessitent toutefois des mesures de contrôle plus fréquentes et efficaces que les réacteurs classiques. Les neutrons lents prédominant dans ce type de réacteurs ne fissionnent que les isotopes impairs du plutonium (Pu^{239} , Pu^{241} , Pu^{243} ...).

- Réacteurs à neutrons rapides ou RNR (réacteurs à métal liquide ou ALMR "Advanced liquid metal reactors", surgénérateurs)

Ces réacteurs peuvent être transformés de façon à consommer plus de plutonium qu'ils n'en produisent. En outre, la prépondérance des neutrons rapides permet la fission des isotopes pairs du plutonium (Pu^{238} , Pu^{240} , Pu^{242} ...).

- Combustible à matrice inerte ou IMF (Inert Matrix Fuel)

Pour prévenir toute nouvelle formation de plutonium, on substitue d'autres matériaux à l'uranium du combustible MOX. Ces combustibles de remplacement devraient posséder les mêmes propriétés — non seulement thermiques mais également neutroniques — que les crayons de MOX ou d'oxyde d'uranium. Les essais effectués dans des réacteurs à eau légère avec des crayons composés d'oxydes de zirconium, de plutonium, d'yttrium ou d'erbium uniquement se sont révélés fort encourageants. Pour l'heure cependant, il n'existe aucun réacteur en service n'utilisant que du combustible au plutonium exempt d'uranium.

- Autres méthodes

Les systèmes basés sur un accélérateur de protons (réacteurs hybrides) ou les réacteurs à haute température refroidis au gaz notamment sont des projets dont le développement, la réalisation et pour lesquels l'obtention éventuelle d'une licence d'exploitation exigeraient un délai de plusieurs dizaines d'années.

Pour chacune de ces méthodes, une destruction du plutonium dans sa quasi totalité supposerait le recours à des traitements successifs. Or la répétition de telles opérations, le transport et la réutilisation du plutonium auraient pour conséquence d'augmenter pour des décennies et même des siècles les risques pour

l'environnement ainsi que le danger de prolifération avant que l'on puisse voir ces menaces s'abaisser au-dessous de leur seuil actuel.

5. Aspects économiques

Le coût d'une destruction pratiquement totale du plutonium dépend bien sûr étroitement de la méthode choisie et reste extrêmement difficile à évaluer. On dispose toutefois de données générales fiables qui renseignent sur le prix d'une élimination partielle par traitement et réutilisation uniques. Le rapport paru en juin 2000 et commandité par l'ancien premier ministre français Lionel Jospin dresse un bilan des flux de matériel, des déchets et des dépenses inhérents au parc nucléaire français. Dans ce pays, entre 65 et 75% des barres combustibles irradiées sont retraitées et la plus grande part de plutonium est réinjectée dans 20 réacteurs sous forme de MOX. L'étude montre que cette stratégie réduit de 15 à 17% environ la quantité de plutonium dans les déchets des 58 réacteurs à eau pressurisée du territoire français.

La quantité d'énergie dont la France a besoin pourrait être produite à bien moindres frais sans le retraitement et l'option MOX. La confrontation de toutes les dépenses engagées — de la fabrication de matériau combustible à l'élimination des déchets — amène à ce constat saisissant: chaque kilogramme de plutonium qui, pour des raisons de retraitement ou de réutilisation, n'aura pas été entreposé dans un site destiné au stockage définitif signifie pour les consommateurs de courant et les contribuables français une charge financière équivalant à plus de 250 000 francs suisses.

6. Attitude de quelques pays concernés

Etats-Unis	En vertu d'une décision — actuellement toujours valable — prise en 1977 par l'ancien président J. Carter, les Etats-Unis ne retraitent pas le combustible civil. Quant à l'élimination des 34 tonnes de plutonium militaire excédentaire, deux procédés avaient été initialement prévus: l'immobilisation de 8,34 tonnes et le "brûlage" de 25,57 autres tonnes à l'intérieur des réacteurs. Les Etats-Unis souhaitent se ménager cette alternative pour des questions de rapidité d'une part et de flexibilité d'autre part, dans l'éventualité où certaines difficultés se présenteraient pour l'une ou l'autre des deux méthodes. L'administration Bush favorise désormais la filière MOX. En mai 2001, le programme de développement des techniques d'immobilisation a été suspendu jusqu'à nouvel ordre. La décision de recycler l'ensemble des 34 tonnes de plutonium en combustible MOX a été adoptée en janvier 2002.
Russie	La Russie considère le plutonium comme un précieux réservoir d'énergie et serait réticente à détruire les 34 tonnes de plutonium issu du démantèlement de son arsenal militaire, selon l'accord réciproque passé avec les Etats-Unis. La primauté de cette tâche obligera la Russie à retarder pour un temps encore l'élimination de ses réserves de plutonium civil (quelque 30 tonnes).

Angleterre	L'usine de Sellafield abrite à elle seule près de 60 tonnes de plutonium. L'avenir des surgénérateurs semblant fort incertain, cette masse de plutonium est devenue un sujet d'inquiétude grandissant tant pour les experts, la classe politique que la population. A cela s'ajoute la prochaine mise hors service des réacteurs Magnox. La part de courant d'origine nucléaire chutera ainsi des 26% actuels à 3% environ en 2020 et aucun plutonium ne sera brûlé. Le programme d'immobilisation a, dans le pays, de fortes chances de s'imposer face à l'option MOX, qui nécessiterait quant à elle la construction de nouvelles centrales nucléaires modernisées.
France	Cinquante-neuf centrales nucléaires couvrent 75% des besoins du pays en courant électrique. Environ deux tiers du combustible irradié sont retraités et la plus grande partie du plutonium est recyclée sous forme de MOX pour alimenter une vingtaine de réacteurs. Ces lourdes dépenses ont au moins une utilité, celle de faire envisager l'abandon du retraitement.
Japon	Le Japon est très intéressé par l'option MOX et planifie pour le long terme une utilisation exclusive de ce combustible dans ses réacteurs à eau légère. D'ici à 2010, quelque 20 réacteurs devraient fonctionner au MOX.
Allemagne	En Allemagne, des essais d'utilisation de MOX dans les centrales nucléaires ont été menés dès les années septante déjà. Actuellement, onze des douze centrales accréditées brûlent du combustible MOX. Une tentative de l'Etat allemand de se soustraire aux contrats de retraitement en vigueur s'est heurtée au refus de la France et de l'Angleterre. Dès 2005 toutefois, l'Allemagne renoncera à exporter son combustible irradié à l'étranger en vue d'un retraitement. Le Bundestag a approuvé le 14 décembre 2001 la loi sur l'abandon du nucléaire. Selon toute probabilité, les 19 centrales allemandes disparaîtront donc progressivement du réseau.
Suisse	Sur les cinq réacteurs du pays, trois fonctionnent au combustible MOX (Beznau I+II et Gösgen). Fin 2000, on recensait les quantités de plutonium "suisse" suivantes: <ul style="list-style-type: none"> - 0,6 tonne dans des crayons de MOX non irradiés; - 8 tonnes dans les crayons combustibles irradiés des réacteurs; - 3 tonnes dans du combustible irradié expédié vers l'étranger en vue d'un retraitement. <p>Le projet de la (future?) loi sur l'énergie nucléaire contient une interdiction de tout retraitement. En décembre 2001, le Conseil des Etats (premier Conseil) a assoupli cette interdiction en un moratoire de dix ans. En juin 2002, le Conseil national s'est prononcé pour le maintien du retraitement, soumis néanmoins à des contraintes sévères. Probablement fin 2003, le peuple suisse sera appelé à se prononcer sur la loi sur l'énergie nucléaire (alors définitivement mise au point par les deux Conseils) ainsi que sur deux initiatives en faveur d'un moratoire.</p>

7. En résumé

Du point de vue strictement financier, aucun argument ne parle en faveur du retraitement et du recyclage du combustible irradié. Quant à la diminution des quantités de plutonium dans les déchets, les résultats sont tout aussi décevants. L'abondance des stocks d'uranium rend ce métal très avantageux. Et comme l'exploitation des surgénérateurs semble bel et bien compromise pour plusieurs dizaines d'années, pourquoi s'évertuer à isoler le plutonium? Certes le risque de détournement de plutonium séparé à des fins malveillantes reste faible, mais il augmente proportionnellement aux quantités produites et à la fréquence des transports entre usines de retraitement, sites d'entreposage, usines de MOX et réacteurs.

En admettant l'arrêt immédiat de tout retraitement, il faudrait malgré tout des décennies encore pour que l'ensemble du plutonium — avec les moyens actuels et les dispositions futures — réponde enfin au "critère du combustible irradié".

L'auteur: Dr. Christoph Wirz