Flux associés à la gestion actuelle

Après la montée en puissance de ses équipements (réacteurs de production et usines du « cycle » du combustible), le parc nucléaire français connaît depuis la fin des années quatre-vingt-dix une relative situation d'équilibre. Les flux annuels, du point de vue de la gestion des déchets à vie longue et des matières valorisables, sont pour le combustible du parc nucléaire français dominés par une option globale de retraitement et réutilisation des matières, dont la mise en œuvre n'est cependant que partielle.

EDF exploite un parc de 58 réacteurs totalisant une puissance installée de 63 000 MWe environ, répartis en 32 réacteurs de 900 MWe, 22 réacteurs de 1 300 MWe et 4 réacteurs de 1 450 MWe. Ce parc est alimenté chaque année par 1 150 tonnes environ de combustible, dont 1 050 tonnes de combustible à l'oxyde d'uranium (UOX) et de l'ordre de 100 tonnes de MOX utilisant du plutonium issu du retraitement. Le combustible MOX est utilisé, à raison de 30 % et 70 % d'UOX, dans 20 réacteurs du palier 900 MWe (les seuls spécifiquement autorisés sur 28 aptes à en recevoir).

La production du combustible UOX, enrichi en moyenne à 3,7 % en ^{235}U à partir d'uranium naturel à 0,7 %, génère environ 7 000 tonnes d'uranium appauvri à 0,25 % environ d'^{235}U. La production de combustible MOX, outre le plutonium séparé (voir plus loin), permet la réutilisation de faibles quantités d'uranium appauvri (moins de 100 tonnes par an). Cette production engendre d'importantes quantités de rebuts, dont seule une partie limitée peut être réintroduite dans la chaîne de fabrication. La production annuelle de rebuts MOX, qui n'est pas publique, a fortement diminué, voire est nulle aujourd'hui : plus de 30 tonnes sont accumulées à La Hague mais il semble que ce stock n'augmente plus ces dernières années.

Le combustible séjourne, selon le niveau de taux de combustion autorisé dans les différents types de réacteurs, entre 3 et 4 ans dans le réacteur. Chaque année, une quantité de combustible irradié équivalente à la quantité de combustible chargé est déchargée des cœurs : 1 050 tonnes environ d'UOX usé et 100 tonnes de MOX usé.

Le combustible irradié est d'abord « refroidi » sur place, dans les piscines dont sont équipées chacune des centrales d'EDF, pendant 2 à 3 ans. Il est ensuite transporté à La Hague en vue de son retraitement. Sur 1 150 tonnes, environ 850 tonnes sont retraitées pour EDF chaque année, en moyenne après 9 ou 10 années de refroidissement (contre un délai théorique de 5 ans). Il s'agit aujourd'hui uniquement de combustible UOX, ce qui correspond à l'accumulation annuelle de 200 tonnes d'UOX et 100 tonnes de MOX « en attente » de retraitement différé.

Ces 850 tonnes produisent 8 à 9 tonnes de plutonium séparé et 800 tonnes d'uranium de retraitement. Un petit tiers de cet uranium de retraitement, après ré-enrichissement effectué en Russie (où le produit appauvri correspondant est abandonné), est utilisé sous forme d'un combustible appelé URE (uranium ré-enrichi) dans un à deux réacteurs d'EDF. Le plutonium entre pour 7 % dans la composition du MOX : 100 tonnes consomment donc 7 tonnes, le différentiel est selon les années comblé par légère augmentation du tonnage de MOX utilisé, par perte dans les rebuts ou par augmentation du stock de plutonium séparé « en attente ».

Le retraitement de 850 tonnes de combustible UOX génère de l'ordre de 90 m^3 de déchets vitrifiés chaque année. Il produit également, à raison de 0,14 m^3 et 0,55 m^3 par tonne d'uranium respectivement, environ 110 m^3 de déchets de coques et embouts compactés et 440 m^3 de déchets de procédés, soit un total annuel de 550 m^3 de déchets moyenne activité à vie longue.

Les flux annuels de matières valorisables et déchets à vie longue en France comportent également une partie non négligeable (que nous ne détaillerons pas ici) de produits liés d'une part aux activités de recherche et développement (réacteurs et ateliers), d'autre part aux activités de traitement en France de combustibles et matières nucléaires étrangers.

Les principales étapes du « cycle » du combustible en France

- L'extraction du minerai d'uranium ne se pratique plus en France.
- De même les usines de traitement du minerai pour le transformer en « yellow cake » ont toutes cessé leur activité. C'est sous cette forme que l'uranium correspondant aux besoins du parc français est aujourd'hui importé.
- La conversion de l'uranium consiste en deux opérations successives : la transformation du « yellow cake » en UF_4 (solide) par extraction chimique puis sa transformation en UF_6 (gazeux) par fluoration. Ces opérations sont réalisées par Comurhex respectivement dans ses usines de Malvési et Pierrelatte.

L'usine de Pierrelatte a produit en 2004 au total 129 t d'UF^4 et 170 t d'U_3O_8.

- L'enrichissement de l'uranium, par diffusion gazeuse, est réalisé dans l'usine Georges Besse d'Eurodif au Tricastin.
- La déconversion de l'uranium appauvri, transformé d'UF_6 en U_3O_8, composé solide stable, est réalisée par Cogema à Pierrelatte.
- Le stock tampon d'UF_6 pour les procédés de conversion, d'enrichissement et de déconversion est en permanence de l'ordre de 3 100 t d'uranium. Il pourrait tomber à 40 t seulement dans le cadre du projet de remplacement de l'usine Eurodif par une usine d'enrichissement utilisant la centrifugation.
- Après transformation de l'uranium enrichi sous forme d'UF_6 en poudre d'oxyde UO_2, le compactage de cette poudre en pastilles et la réalisation d'assemblages combustibles de type UOX sont réalisés dans l'usine FBFC de Romans.
- Les 58 réacteurs exploités par EDF utilisent, selon leur puissance, entre 75 t et 100 t de combustible chargé en permanence, renouvelé tous les 12 ou 18 mois par tiers ou quart de cœur – ce qui correspond à un besoin global de l'ordre de 1 150 t de combustible neuf par an, et autant de combustible déchargé.
- Ces réacteurs sont répartis sur 19 sites dont partent et où arrivent donc les transports liés à l'approvisionnement en combustible depuis les usines de fabrication (Romans, Marcoule) et à l'évacuation du combustible après refroidissement de quelques années en piscines vers l'usine de retraitement de La Hague.
- Les réacteurs contiennent à tout moment un total de l'ordre de 5 000 t, auquel s'ajoutent environ 3 000 t de combustible présent dans les piscines des centrales.
- Le combustible irradié est entreposé dans les piscines de refroidissement sur le site des usines de retraitement Cogema de La Hague (anciennement UP2-400, aujourd'hui UP2-800 et UP3). Celles-ci retraitent aujourd'hui une partie seulement du combustible UOX irradié, dont elles séparent l'uranium de retraitement et le plutonium, conditionnés sous forme de poudre d'oxyde UO_2 et PuO_2, et les déchets dits « ultimes ».
- La fabrication de combustible MOX, par compactage en pastilles d'une poudre mélangée d'oxydes UO_2 et PuO_2, et assemblage des pastilles en crayons combustibles, est réalisée depuis 1995 par l'usine Cogema MELOX à Marcoule. Elle était également assurée, jusqu'en 2003, par l'ATPu à Cadarache.