

La gestion du combustible irradié provenant des réacteurs de puissance et des réacteurs de recherche: situation internationale et tendances

Les installations de stockage se multiplient du fait que la plupart des pays remettent à plus tard leur décision concernant le choix entre évacuation finale et retraitement

par F. Takáts,
A. Grigoriev et
I.G. Ritchie

La gestion du combustible irradié a toujours été l'une des étapes les plus importantes du cycle du combustible nucléaire et pose l'un des problèmes les plus fondamentaux auxquels sont confrontés tous les pays ayant des réacteurs nucléaires.

Elle commence par le déchargement du combustible irradié des réacteurs de puissance ou de recherche et se termine par le traitement final de ce combustible, soit par stockage direct, soit par retraitement. Il existe actuellement deux options: celle du cycle ouvert à passage unique, avec évacuation directe du combustible irradié, et celle du cycle fermé, avec retraitement du combustible irradié et recyclage du plutonium et de l'uranium dans de nouveaux combustibles à oxydes mixtes.

L'évacuation directe consiste à placer le combustible irradié en un endroit et dans des conditions qui ne permettent pas de le récupérer, tandis que le retraitement sépare le plutonium et l'uranium fissiles des déchets pour les réutiliser dans de nouveaux combustibles. Le choix d'une stratégie pour le combustible irradié est une procédure complexe dans laquelle il faut prendre en compte de nombreux facteurs: des considérations politiques et économiques, des considérations de sûreté et de protection de l'environnement. Etant donné le faible niveau actuel des prix de l'uranium, il revient plus cher de recycler l'uranium et le plutonium que d'extraire de l'uranium.

Les retards dans la mise en œuvre de l'option «retraitement» dans certains pays, son abandon total dans d'autres, et les retards dans la mise en place d'installations d'évacuation finale du combustible irradié dans presque tous ont entraîné un allongement des durées de stockage intermédiaire. Cette attitude attentiste laisse plus de temps et de liberté pour évaluer les options existantes et choisir la technologie qui convient le mieux. Le problème de

la gestion du combustible irradié a donc pris une importance croissante dans de nombreux pays.

On distingue actuellement trois approches principales:

- Un cycle du combustible à passage unique sans retraitement avec stockage intermédiaire suivi de l'évacuation du combustible;
- L'option du retraitement pour les centrales en exploitation ou en construction, ou lorsque les contrats de retraitement ont été conclus à l'étranger, et/ou qu'une partie ou la totalité du combustible est renvoyée dans le pays d'origine;
- L'option «attentiste» dans laquelle les programmes de gestion du combustible irradié sont encore en cours d'évaluation.

Le combustible irradié stocké

Centrales. En 1992, le combustible irradié provenant des réacteurs de tous types, dans les centrales nucléaires, représentait environ 10 000 tonnes de métal lourd (tML), soit un total cumulé estimé à plus de 135 000 tML. Sur ce chiffre, environ 90 000 tML sont actuellement stockées.

La quantité de combustible irradié accumulée est plus de 20 fois supérieure à la capacité annuelle totale de retraitement. D'après les projections, elle dépassera 11 000 tML par an en l'an 2000, d'où un total cumulé de 225 000 tML (voir le graphique). Si l'on suppose qu'une partie sera retraitée, il restera à stocker environ 150 000 tML. Comme les premiers grands sites de stockage définitif ne seront probablement pas en service avant 2010, le stockage «intermédiaire» sera la principale option au cours des 20 prochaines années.

Réacteurs de recherche. En ce qui concerne les réacteurs de recherche, l'Agence n'a pas de base de données complète sur la quantité de combustible irradié actuellement stockée. C'est pourquoi elle a envoyé récemment un questionnaire aux exploitants de réacteurs de recherche et d'essai et est en train

MM. Takáts, Grigoriev et Ritchie sont membres de la Division du cycle du combustible nucléaire et de la gestion des déchets, à l'AIEA.

d'évaluer les réponses reçues jusqu'à présent. Les Etats-Unis ont exporté plus de 25 000 kilogrammes d'uranium fortement enrichi, dont environ 17 500 kg sont actuellement utilisés ou stockés comme combustible irradié dans 51 pays. La majeure partie de ces exportations était destinée aux 12 pays membres d'Euratom (85%), et le reste à 39 autres pays.

De nombreux exploitants de réacteurs de recherche se trouvent eux-mêmes dans une situation de crise en raison des problèmes que pose la gestion du combustible irradié. C'est le cas notamment dans plusieurs pays d'Europe occidentale où la prolongation des licences d'exploitation est liée à la solution qui sera apportée à ces problèmes. La crise a été précipitée par le fait que les pays dans lesquels le combustible était enrichi au départ (principalement les Etats-Unis et la Russie) ont cessé de le reprendre après son utilisation dans les réacteurs de recherche. Elle a été aggravée par le programme de réduction de l'enrichissement pour les réacteurs de recherche et d'essai, en conséquence duquel de nombreuses piscines sur les sites de réacteurs de recherche se trouvent remplies d'uranium fortement enrichi et qui fait davantage appel à du combustible plus faiblement enrichi. Certains signes encourageants permettent de penser que les Etats-Unis et la Russie vont de nouveau reprendre les combustibles des réacteurs de recherche mais, s'ils tardent trop à le faire, d'importantes installations de recherche pourraient être contraintes de fermer.

Installations de stockage du combustible irradié.

Le stockage du combustible irradié comprend toutes les activités nécessaires jusqu'à ce qu'il y ait retraitement ou évacuation définitive. Les installations peuvent être situées sur le site du réacteur ou bien en dehors du site, auquel cas elles peuvent servir d'installation centralisée pour plusieurs réacteurs. On distingue deux types de stockage, le stockage par immersion et le stockage à sec. Dans le premier cas, le combustible irradié est placé dans des piscines, sur des grilles, dans des conteneurs immergés, ou bien les deux. Le stockage à sec s'effectue en milieu gazeux (gaz inerte ou air). Le combustible se trouve dans des châteaux ou dans des voûtes d'isolement. Un château est un conteneur massif, éventuellement conçu pour être facilement transportable. Les voûtes d'isolement sont des constructions en béton armé sur le sol ou souterraines contenant des réseaux de cavités de stockage prévues pour une ou plusieurs unités de combustible.

La nécessité d'un stockage intermédiaire du combustible irradié dépend d'un certain nombre de considérations liées à l'option choisie pour la gestion. Dans l'option du cycle fermé, on peut avoir besoin d'une capacité de stockage supplémentaire pour que les quantités de combustible irradié correspondent à la capacité de l'usine de retraitement. Pour le cycle sans retraitement, il faut un stockage jusqu'à ce que le dépôt définitif ait été

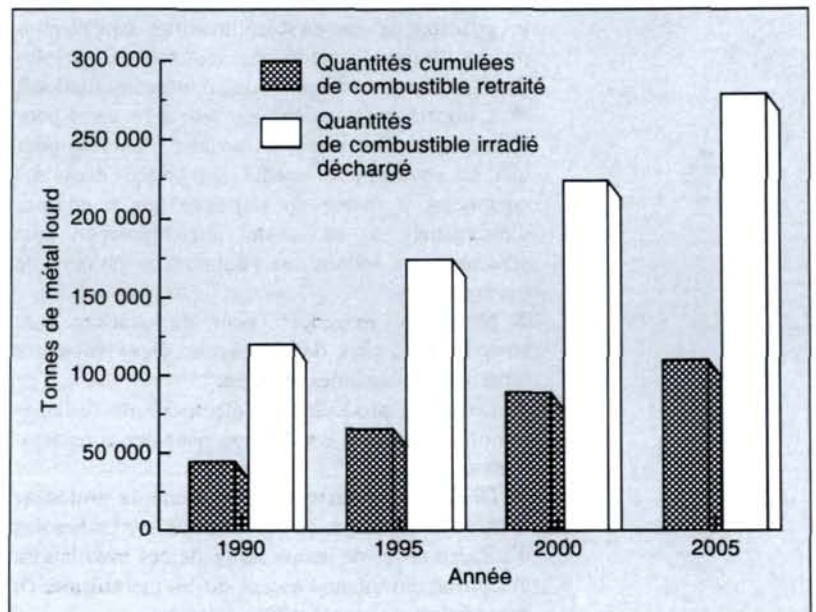
construit et mis en service. Il va de soi que, dans le cas de décisions différées, l'existence d'un système de stockage intermédiaire adéquat est également un élément fondamental.

Divers types d'installations de stockage par immersion et à sec sont exploités ou envisagés par les Etats. Un programme de recherche coordonné de l'AIEA, appelé BEFAST, portant sur le comportement des assemblages irradiés pendant un stockage prolongé, a démontré que le combustible irradié pouvait être stocké en toute sécurité pour de longues périodes — il y a du combustible irradié stocké depuis plus de 30 ans. Presque tous les pays exploitant des centrales nucléaires ont accru leur capacité de stockage sur site en réaménageant les bâtis de stockage, en utilisant des matériaux absorbant les neutrons entre les assemblages ou en consolidant les barres, ou bien encore simplement en répartissant mieux le combustible dans les piscines.

Il en est résulté un doublement au moins de la capacité de stockage, que l'on pourrait encore accroître en invoquant le «crédit taux de combustion» dans les calculs de la criticité des combustibles irradiés.

Dans de nombreux cas, pourtant, ces modifications n'ont pas suffi, et il a fallu construire des installations de stockage distinctes à distance du réacteur. Bien qu'il s'agisse surtout de stockage par immersion (comme en France, au Royaume-Uni, en Russie et en Suède), beaucoup de pays ayant de grandes quantités de combustible irradié ont choisi ou sont en train de choisir le stockage à sec (cas du Canada, de l'Allemagne, de l'Ecosse et des Etats-Unis, et aussi de la Russie, qui s'y intéresse pour le combustible des réacteurs de type RBMK). Le stockage à distance du réacteur présente de nombreux avantages, notamment la possibilité d'un refroidissement passif, une maintenance minimale ou nulle et un environnement non corrosif.

Quantités cumulées projetées de combustible irradié provenant de centrales nucléaires



	En service	En construction	Prévues	A l'arrêt/ En sommeil
Allemagne	2 150		700	1 500
Argentine	365			
Belgique				370
Bulgarie	600			
Canada	475	200	12 600	
Chine			500	
Espagne			5 500	
Etats-Unis	900		15 000	
Finlande	1 270			
France	15 000			
Hongrie			600	
Inde	523			
Japon	140		3 000	
République de Corée			3 000	
République slovaque	600			
République tchèque			600	
Royaume-Uni	10 350		1 200	
Russie	10 100	1 900	3 000	
Suède	3 000	2 000	4 000	
Ukraine	1 900			
Total	47 373	4 100	49 700	1 870

Notes: Quantités en tonnes de métal lourd. Un certain nombre de réacteurs des Etats-Unis ont en outre des installations de stockage à sec autorisées.

Source: Données communiquées à l'AIEA.

Installations de stockage à distance du réacteur à la fin de 1992

En 1992, la capacité opérationnelle de stockage à distance du réacteur était de 47 373 tonnes de métal lourd, dont 44 833 tonnes pour le stockage par immersion et 2540 tonnes pour le stockage à sec. (Voir le tableau.) La capacité de stockage en piscine des installations de retraitement est incluse dans ces chiffres.

Les technologies de stockage en dehors du site étant parvenues à maturité, il est peu probable que les principes de base en soient modifiés dans l'avenir proche. Certains facteurs sont toutefois susceptibles d'influer sur la conception des futures installations:

- L'impact des solutions qui seront retenues pour l'évacuation. Des pressions peuvent s'exercer pour que le combustible irradié soit placé dans des conteneurs à même de satisfaire aux conditions d'évacuation à un stade aussi précoce que possible pour réduire au minimum le nombre de manipulations.

- Nouvelles exigences pour le stockage du combustible à taux de combustion élevé et/ou des types de combustibles avancés.

- Désir des producteurs d'électricité de réclamer des crédits taux de combustion pour des considérations de criticité.

- Désir des producteurs d'électricité de prolonger la durée du stockage, ce qui influencerait sur les besoins d'inspections et de maintenance de ces installations et mettrait davantage l'accent sur les mécanismes de dégradation du combustible.

Les changements de la situation politique et des relations commerciales des pays d'Europe orientale ont des répercussions sur leur politique de gestion du combustible irradié. Par exemple, la Russie demande maintenant que ses services lui soient rémunérés en devises fortes au prix du marché mondial. Le transport du combustible qu'elle exporte et qu'elle retraite ensuite pose également quelques problèmes juridiques.

Une solution temporaire parfois adoptée consiste à construire une installation de stockage intermédiaire, ce qui laisse le temps de choisir entre le retraitement et l'évacuation directe. C'est ainsi qu'en 1992 la Hongrie a décidé de construire une installation de stockage à distance du réacteur pour sa centrale de Paks. Un groupe d'experts indépendants, réunis par l'AIEA, a aidé les responsables à évaluer les diverses technologies, et l'exploitant a finalement opté pour le stockage à sec dans des voûtes d'isolement, dont la construction devrait être achevée au printemps de 1995. En République tchèque, les experts ont décidé de construire, sur le site de Dukovany, une installation de stockage à sec en châteaux. D'autres exploitants de réacteurs à eau sous pression de conception soviétique (les VVER) étudient également les options dont ils disposent pour accroître la durée de stockage du combustible irradié. (Voir le tableau pour un inventaire du combustible irradié dans les pays d'Europe orientale.)

Besoins mondiaux et services de l'AIEA

Dans le plan à moyen terme de l'AIEA, résumé en 1991, la gestion du combustible irradié est considérée comme une activité hautement prioritaire. Pour améliorer encore la performance des installations de stockage existantes, et en particulier fournir des conseils aux pays qui envisagent actuellement de construire de nouvelles installations, l'Agence a lancé les programmes suivants:

- Etablissement d'une série de documents de la Collection Sécurité ayant valeur de principes directeurs internationaux pour la sûreté du stockage du combustible irradié.

- Programmes consultatifs sur tous les aspects de la gestion du combustible irradié.

Documents de la Collection Sécurité sur le stockage du combustible irradié. Trois documents sont actuellement en préparation sur le stockage du combustible irradié provenant des réacteurs de puissance. Le premier est un guide de sûreté sur la conception des installations de stockage du combustible irradié, le deuxième un guide de sûreté sur l'exploitation de ces installations, et le troisième un document de la catégorie des rapports de sûreté concernant le stockage du combustible irradié.

Ces documents sont établis par des spécialistes de renommée mondiale qui tiennent à cette fin une série de réunions. Ils ne sont publiés qu'après avoir été

soumis à plusieurs reprises au Comité d'examen de la Collection Sécurité de l'Agence. D'après le calendrier actuel, leur publication est prévue pour 1994, et ils devraient aider les Etats Membres à créer leurs normes nationales. Des travaux préparatoires ont également commencé en vue de la rédaction d'un nouveau guide de sûreté sur la conception, l'exploitation et l'autorisation des installations de stockage du combustible irradié provenant des réacteurs de recherche et d'essai.

Programme consultatif pour la gestion du combustible irradié. Ainsi qu'on l'a vu, le combustible irradié provenant des réacteurs de recherche et des réacteurs industriels se trouve stocké pour de plus longues périodes et en plus grandes quantités qu'on ne l'avait initialement prévu. Bien qu'un petit nombre de pays industrialisés aient mis au point des méthodes permettant d'accroître la capacité de stockage existante et de construire des installations supplémentaires conformément aux normes modernes, il n'est pas toujours facile, hors du pays d'origine, d'avoir accès aux informations nécessaires.

Etant donné la diversité des types de combustibles utilisés, en particulier dans les réacteurs de recherche, l'évaluation impartiale des concepts technologiques, de l'expérience acquise en matière d'exploitation, de la sûreté et des aspects réglementaires de la gestion du combustible irradié ne peut qu'être bénéfique avant que soient prises des décisions importantes concernant des solutions à long terme. De telles informations sont également des plus utiles pour les pays qui ont beaucoup exploité des réacteurs de recherche au cours des 40 dernières années.

Pour répondre à ces besoins, l'AIEA a lancé le Programme consultatif pour la gestion du combustible irradié, dont l'objectif est de fournir des conseils concernant spécifiquement le combustible irradié ainsi que l'élaboration de programmes nationaux dans les Etats Membres, en particulier les pays en développement, qui font appel à ses services.

En 1990, un groupe d'experts s'est rendu en Chine pour conseiller ce pays sur le stockage du combustible irradié provenant de sa centrale nucléaire. En 1992, comme on l'a vu, une équipe de l'AIEA a aidé la Hongrie à choisir une option de stockage intermédiaire du combustible irradié. En 1992 également ont eu lieu des discussions préliminaires entre l'Agence et des spécialistes d'Ukraine et de Thaïlande pour aider ces pays à élaborer des programmes de stockage du combustible irradié.

Autres activités connexes. Il a déjà été indiqué que l'Agence menait un programme de recherche coordonnée appelé BEFAST, qui s'intéresse au comportement du combustible irradié et des composants des installations de stockage pendant un stockage à long terme. Les deux premières phases de ce programme, entrepris en 1981, ont été achevées, et l'Agence a publié les résultats obtenus.

Inventaire du combustible irradié stocké en provenance des réacteurs de puissance dans les pays d'Europe orientale

	Sur le site du réacteur	En dehors du site	Total
Arménie	30		30
Bulgarie	320	120	440
Hongrie	300		300
Lituanie	800		800
République slovaque	140	440*	580
République tchèque	170	140	310
Russie	3900	4950	8850
Ukraine	830	1430	2260

* Dont 140 tonnes qu'il est prévu de retransférer à la République tchèque.

Note: Quantités en tonnes de métal lourd. Source: Données communiquées à l'AIEA.

Options choisies par certains pays en matière de gestion du combustible irradié

	Décision différée	Evacuation directe	Retraitement
Afrique du Sud	●		
Allemagne		●	●
Argentine	●		●
Belgique			●
Bésil			●
Bulgarie	●		●
Canada		●	
Chine			●
Corée, République de	●		
Espagne	●		●
Etats-Unis		●	
Finlande	●	●	●
France			●
Hongrie	●		●
Inde	●		●
Italie	●		●
Japon			●
Lituanie	●		
Mexique	●		
Pakistan	●		
Pays-Bas			●
République slovaque	●		●
République tchèque	●		●
Royaume-Uni	●		●
Russie			●
Slovénie	●		
Suède		●	
Suisse			●
Ukraine	●		●

Note: Certains pays ont choisi des options différentes selon le type de combustibles. Quelques pays appliquent actuellement une certaine option, mais sont en train d'évaluer pour l'avenir des options différentes. Source: Données communiquées à l'AIEA.

Vue aérienne
d'une installation
de stockage
de conteneurs
en béton
au Canada.
(Crédit: AECL)



La troisième phase a commencé en 1992. Elle comprend 15 accords ou contrats de recherche avec des instituts de 12 pays. L'expérience qu'acquerront ces derniers en matière de stockage du combustible irradié aidera à constituer une base de données internationale dans ce domaine. L'intérêt de ces données, pour tous les pays, mais surtout pour les pays en

développement, est qu'elles fourniront un bilan unique de la sûreté du stockage à long terme du combustible irradié. Elles seront particulièrement précieuses pour les pays qui conçoivent des installations de stockage intermédiaire ou délivrent des autorisations qui s'y rapportent.

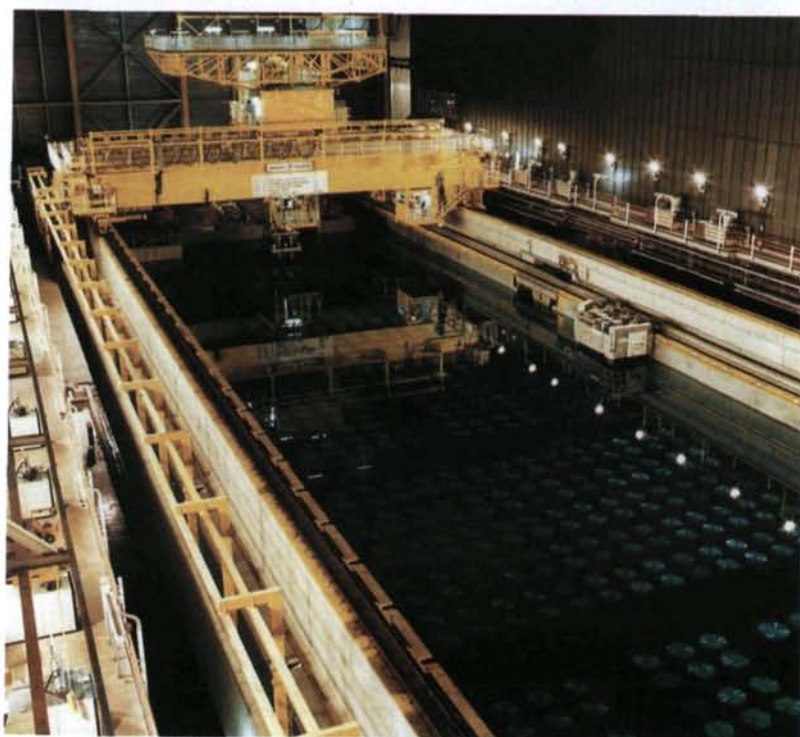
L'AIEA a également entrepris récemment un programme de recherche coordonnée pour étudier la dégradation éventuelle des matériaux utilisés dans les installations de stockage du combustible irradié. La question est importante en raison de la durée de vie de plus en plus longue de ces installations. On sait peu de choses sur les caractéristiques du vieillissement à long terme de nombreux matériaux de construction, en particulier lorsque les mécanismes de dégradation sont induits ou renforcés par l'irradiation.

Pour aider les spécialistes des pays en développement à mieux exploiter leurs installations de stockage, l'Agence organise aussi des cours de formation régionaux et interrégionaux. Des cours d'une durée de deux à trois semaines sont proposés en 1993 et d'autres sont prévus pour les années à venir. Il y aura des cours distincts pour les exploitants de centrales de puissance et de réacteurs de recherche.

Orientations futures

On pense qu'au cours des dix années à venir les exploitants de centrales nucléaires du monde entier opéreront de plus en plus pour le stockage à long terme du combustible irradié. Cette formule n'a pour le moment suscité aucun problème sérieux de sûreté, mais l'expérience acquise se limite à moins de 40 années alors que les périodes requises de stockage pourraient être plus de deux fois plus longues.

Il faudra peut être porter une plus grande attention à un certain nombre de questions, telles que le stockage des combustibles à taux de combustion élevé; le stockage de combustible endommagé ou défectueux; les aspects économiques du stockage à long terme; l'utilisation de techniques de stockage différentes et nouvelles; et l'amélioration de l'application des techniques existantes. Dans ces domaines et dans d'autres, l'AIEA reste prête à aider les pays à s'attaquer à leurs problèmes et y trouver des solutions.



Piscine de stockage
du combustible irradié
à l'usine THORP
de retraitement
de Sellafield
au Royaume-Uni.
(Crédit: BNFL)