

# La gestion des déchets radioactifs dans le monde

*Progrès réalisés, problèmes à résoudre*

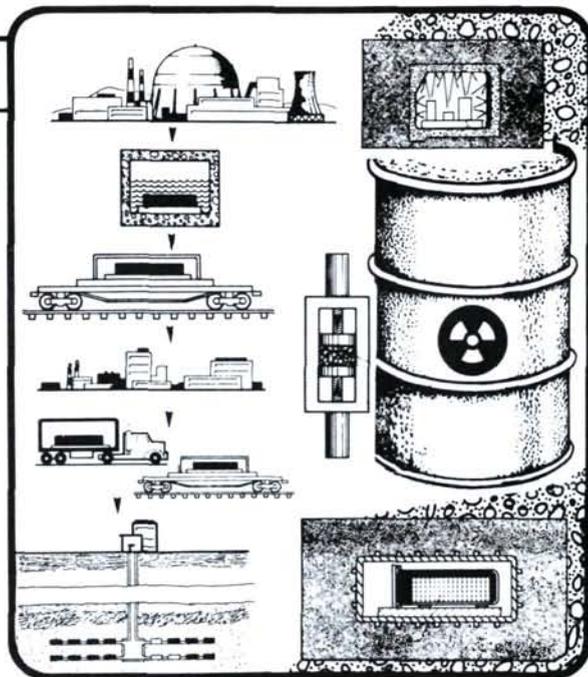
par Donald E. Saire

L'atome est au service de l'humanité depuis plus de 40 ans, et l'on peut dire aujourd'hui que la technique de son emploi arrive à maturité. Mais ses bienfaits, comme ceux de tant d'autres techniques, ne sont pas sans poser des problèmes. Il y a des déchets radioactifs qui proviennent non seulement de l'exploitation des centrales nucléaires et d'autres activités du cycle du combustible, mais aussi de l'emploi des radioisotopes dans la médecine, l'industrie et la recherche, ainsi que d'opérations qu'on ne saurait qualifier de nucléaires, tel le traitement des phosphates et l'extraction de l'or.

Presque tous les 112 pays Membres de l'AIEA produisent ainsi un certain volume de déchets radioactifs qu'il faut recueillir, traiter et stocker sans danger. Toutes choses qui doivent être faites en pensant à protéger les générations présentes et futures contre les effets nuisibles que peut avoir leur exposition aux rayonnements ionisants.

Certes, le volume des déchets qu'engendre l'énergie nucléaire est faible par rapport à ceux que produisent d'autres techniques et d'autres industries (par exemple les centrales chauffées au charbon), mais les déchets radioactifs, eux, risquent de menacer l'homme et son environnement pendant très longtemps, et c'est là un sujet essentiel de préoccupation. C'est pourquoi l'on tient aujourd'hui à faire en sorte que les problèmes en question soient résolus en temps utile. Car si l'on veut que le nucléaire, et plus précisément l'énergie d'origine nucléaire poursuive sa croissance et apporte le maximum possible de bienfaits à l'humanité, il faut que le problème de la gestion des déchets reçoive une solution qui satisfasse à la fois les milieux scientifiques et l'ensemble du public.

M. Saire est membre de la Section de la gestion des déchets de la Division du cycle du combustible nucléaire à l'Agence. Les opinions qu'il exprime dans cet article ne sont pas nécessairement celles de l'Agence.



Le présent article passe brièvement en revue les activités entreprises par les Etats Membres de l'Agence pour assurer la bonne gestion des déchets radioactifs et examine quelques-uns des principaux problèmes qui se posent à ce sujet.\*

### Activités et pratiques des Etats Membres

Dans les premières années de la mise en œuvre des techniques nucléaires, les déchets radioactifs ont souvent été considérés comme posant un problème plutôt périphérique et l'on s'est peu soucié de les traiter et de les conditionner convenablement. Les travaux de recherche et développement (R&D) ont relativement moins porté sur la gestion des déchets que sur les autres activités du cycle du combustible, et l'on s'est contenté de mesures provisoires assez simples. Les déchets d'activité basse et intermédiaire ont d'ordinaire été enfouis à faible profondeur, sans guère être traités ni conditionnés, et certains pays les ont déchargés en mer. Les déchets émetteurs alpha (également dénommés transuraniens, matières contaminées par le plutonium ou simplement «déchets alpha») ont normalement été stockés dans l'attente d'un traitement ultérieur. Les déchets liquides de haute activité ont été recueillis dans de vastes cuves en acier au carbone ou inoxydable, au niveau du sol ou immédiatement au-dessous.

Les préoccupations accrues qu'ont suscitées les questions radiologiques et environnementales au début des années 1970 ont amené de nombreux pays à s'intéresser davantage à la gestion des déchets radioactifs et d'importants travaux de R&D ont été entrepris. Ils ont d'abord principalement porté sur le traitement et le stockage des déchets de haute activité qui contiennent une importante fraction de l'activité totale, mais l'import-

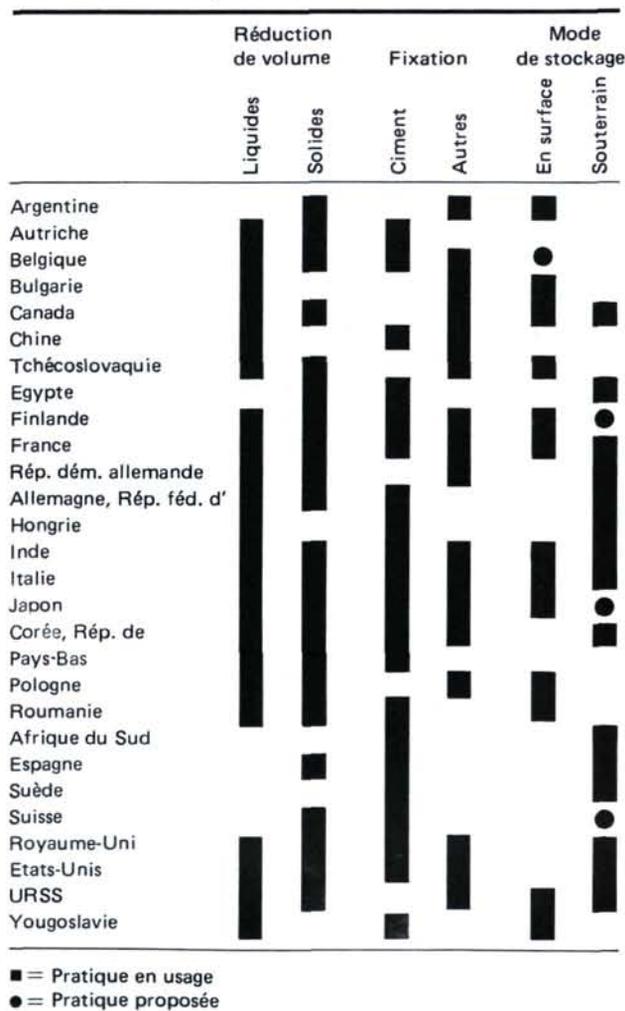
\* On trouvera un examen général plus complet de ces questions dans la brochure de l'AIEA, *Radioactive Waste Management: A Status Report* (août 1985) (actuellement en anglais seulement).

tance du volume des déchets liquides et solides de faible activité produits par les centrales nucléaires et les installations autres que celles du cycle du combustible a, elle aussi, entraîné un développement rapide de la recherche.

Quand on observe l'état présent des activités concernant le traitement (réduction du volume), le conditionnement (fixation) et le stockage des déchets de faible activité, on voit nettement l'importance qui leur est actuellement accordée. (Voir le tableau joint des activités en cours ou envisagées dans plusieurs pays Membres). On s'est surtout intéressé à réduire le volume des déchets de faible activité, non seulement pour en faciliter la manutention et le traitement ultérieur, mais aussi pour économiser l'espace de stockage définitif.

Quant aux déchets liquides de faible activité, on a emprunté à d'autres industries les techniques classiques d'évaporation, d'échange d'ions et de précipitation chimique, en les adaptant. Ces procédés sont actuellement employés dans de nombreux pays; il s'agit d'une technique simple qui permet, efficacement et sans danger, de réduire de facteurs de 10 à 100 le volume primitif.

Activités nationales: Déchets de faible et moyenne activité (de courte période)



Source: Extrait de la brochure de l'AIEA *Radioactive Waste Management: A Status Report* (août 1985).

Le tableau joint montre les efforts en cours pour le traitement des déchets de faible activité solides. On a recours à l'heure actuelle soit au compactage, soit à l'incinération, voire dans certains cas à une combinaison des deux procédés, selon le caractère de ces déchets solides, le volume produit et la méthode de stockage définitif adoptée par le pays intéressé.

Les facteurs de réduction du volume par compactage sont ordinairement de 5 à 10. L'incinération donne des réductions beaucoup plus fortes (supérieures à 20) mais n'est d'ordinaire employée que dans les pays qui produisent de grandes quantités de déchets solides de faible activité et combustibles. La fixation des déchets de faible activité est pratiquée dans la plupart des pays qui ont de grands centres de recherche ou des centrales nucléaires. Cette fixation des déchets liquides et solides est d'ordinaire précédée d'une réduction du volume. L'enrobage dans du ciment, technique bien connue, est en usage depuis des années, mais plusieurs pays ont adopté d'autres matrices tels le bitume ou les polymères qui font l'objet d'études poussées.

Tous les procédés de fixation des déchets de faible activité utilisent une matrice étudiée pour empêcher les radionucléides de s'échapper rapidement dans l'environnement une fois que les déchets solidifiés ont été stockés dans des installations spécialement aménagées. Le stockage des déchets de faible activité traités ou fixés dépend de l'existence de terrains ou de formations géologiques s'y prêtant ainsi que de l'hydrologie du pays.

Dans les premières années du nucléaire, l'immersion des déchets en mer était considérée comme un bon procédé dont les conséquences radiologiques étaient acceptables. Les réactions de l'opinion publique et la mauvaise gestion ont toutefois barré la route à cette solution dans l'immédiat. La plupart des pays Membres de l'Agence stockent aujourd'hui leurs déchets de faible activité dans des installations construites en surface ou à faible profondeur, munies de barrières artificielles appropriées. Quelques pays ont recours au stockage géologique dans d'anciennes mines ou dans des puits profonds (roches fragmentées par voie hydraulique). (C'est le cas, par exemple, en République démocratique allemande, en République fédérale d'Allemagne et aux Etats-Unis entre autres).

Stratégies concernant les déchets de haute activité et émetteurs alpha

Les stratégies nationales de gestion des déchets de haute activité sont d'ordinaire dictées par la décision que prend le pays intéressé soit de retraiter soit de stocker le combustible irradié. Il en va dans une certaine mesure de même en ce qui concerne les déchets émetteurs alpha, encore que certains d'entre eux puissent provenir d'activités de recherche (voir le tableau, page 7, récapitulant la situation actuelle de la gestion des déchets de haute activité et émetteurs alpha dans plusieurs pays Membres).

De nombreux pays mettent au point et pratiquent des techniques de traitement des déchets émetteurs alpha. Au nombre des procédés de réduction de volume en usage depuis plusieurs années, il faut citer la digestion par les acides, l'incinération et la pyrolyse. On s'est particulièrement intéressé à l'incinération des

## Gestion des déchets radioactifs

### Activités nationales: déchets émetteurs alpha et de haute activité

	Alpha		Haute activité	Stockage	
	Réduction de volume	Fixation	Fixation	Alpha/haute activité provisoire	géologique
Argentine			R&D		
Autriche			CPP		
Belgique	■	■	R&D		●
Canada			R&D		
Chine			R&D		
France	■	■	HF(o)		●
Allemagne, Rép. féd. d'	■	■	HF(o)		●
Inde	●		HF(o)		●
Italie	●	■	CPP		●
Japon	●		HF(c)		●
Royaume-Uni	●	■	HF(c)		●
Etats-Unis	■	●	HF(c)		●
URSS	■	■	CPP		●

Légende: ■ = méthode actuelle  
● = méthode proposée  
R&D = recherche et développement

CPP = installation pilote inactive  
HF (o) = installation active en service  
HF (c) = installation active en construction

Source: Brochure de l'AIEA, *Radioactive Waste Management: A Status Report* (août 1985).

déchets alpha combustibles et de nouvelles installations d'incinération spécialement conçues à leur intention sont actuellement en service aux Etats-Unis et dans d'autres pays.

La fixation des déchets émetteurs alpha est en grande partie obtenue en les incorporant à du ciment ou du bitume. Le stockage de ces déchets dépend de leur degré d'activité et des normes nationales qui régissent cette opération. La plupart des Etats Membres ont adopté le stockage provisoire surveillé des déchets émetteurs alpha traités ou conditionnés, dans des installations construites en surface ou à faible profondeur. On pense qu'à l'avenir ceux de ces déchets dont l'activité ne permet pas l'enfouissement près de la surface seront déposés dans des formations géologiques profondes semblables à celles du WIPP, installation pilote d'isolation des déchets actuellement en construction aux Etats-Unis.

Le programme de gestion des déchets de haute activité des pays qui ont opté pour le retraitement du combustible repose sur l'immobilisation des déchets sous forme de monolithes. D'importantes recherches sur les formes possibles de déchets de haute activité ont été entreprises à la fin des années 1970 et au début des années 1980 et l'on a envisagé des matrices telles que minéraux calcinés dénitrifiés, verre et céramiques cristallines.

Depuis quelques années, de nombreux pays s'accordent à penser que le verre offre la meilleure solution si l'on considère la forme du produit, sa grande facilité de fabrication et la longue expérience pratique que l'on a de ce matériau. Les travaux de recherche et développement sur la vitrification cristalline des déchets se poursuivent dans de nombreux pays, et c'est le verre au borosilicate qui est internationalement reconnu comme la meilleure matrice pour les déchets de haute activité.

Quant à l'étendue de la base technique sur laquelle repose la fixation des déchets de haute activité dans du verre au borosilicate ou d'autres substances, signalons que plusieurs Etats Membres ont entrepris des travaux de R&D à froid allant même jusqu'à la construction d'installations complètes de vitrification (voir tableau, page 8).

#### Conditionnement du combustible irradié

Cependant que la plupart des pays concernés par le cycle du combustible nucléaire projettent de retraiter le combustible irradié, plusieurs autres adoptent le cycle à passage unique et considèrent le combustible irradié conditionné comme une forme définitive de déchet de haute activité. Cette notion est à l'étude dans au moins six pays Membres de l'Agence: le Canada, l'Espagne, les Etats-Unis, la Finlande, la Suède et la Suisse.

Tenant compte de ce choix, l'Agence a récemment élargi la portée d'un nouveau programme de recherche coordonnée sur l'évaluation des formes solidifiées de déchets de haute activité et des barrières artificielles dans les dépôts en y faisant figurer le combustible irradié. L'idée de considérer le combustible irradié conditionné comme la forme définitive du déchet de haute activité ne manquera pas de retenir davantage l'attention car les avantages économiques du recyclage s'amenuisent de plus en plus et les Etats Membres supputent les avantages et les inconvénients des complications techniques supplémentaires et des manutentions nécessaires pour incorporer un déchet de haute activité dans une matrice solidifiée.

Bien que les déchets de haute activité provenant des usines de vitrification et le combustible irradié conditionné soient candidats au stockage permanent dans des formations géologiques, peu de sites nationaux sont actuellement en cours d'aménagement. On a cependant

## Gestion des déchets radioactifs

### Principales installations de stockage de déchets de haute activité et de combustible épuisé

Le tableau ci-dessous récapitule les programmes actuels de plusieurs Etats Membres de l'Agence concernant la construction et l'exploitation d'installations de stockage des déchets de haute activité (DHA) et de combustible irradié. La plupart des installations projetées sont prévues pour la vitrification des DHA et leur stockage sous cette forme.

Pays	Installation	Situation*	Pays	Installation	Situation*
Argentine	● Dépot de DHA vitrifiés	1984**	Inde	● WIP, usine de Tarapur: fixation des DHA et autres déchets de retraitement	1983
Belgique	● Dépôt de déchets alpha	milieu des années 90 approbation du projet incertaine	Japon	● Vitrification des DHA dans les ateliers de Tokai	1991
	● Usine de vitrification AVB pour les DHA liquides existants d'Eurochemic			● Stockage des DHA vitrifiés à Tokai	1992
Canada	● Dépôt de combustible irradié	2010 ou plus tard	Espagne	● Usine de vitrification de DHA	1997
Finlande	● Dépôt de DHA ou de combustible irradié	2020		● Dépôt de DHA vitrifiés	2020
France	● Usine de vitrification AVH (La Hague)	1987/89	Suède	● Dépôt de combustible irradié	2005/10
			Suisse	● Installation de stockage CLAB AFR pour combustible irradié et DHA vitrifiés	1985
Allemagne, Rép. féd. d'	● Entrepôt AFR pour combustible irradié (Gorleben)	1984		● Dépôt de DHA et de combustible irradié	2020
	● Dépôt de déchets (Gorleben)	1995	● Installation de stockage AFR pour combustible irradié, DHA vitrifiés et autres déchets de retraitement		1992
			Royaume-Uni	● Dépôt géologique pour DHA ou combustible irradié	après 2020
			Etats-Unis	● Usine de vitrification des DHA de Windscale, à Sellafied	1988
				● Vitrification des DHA de West Valley	1988
				● Vitrification des DHA de Savannah River	1989
				● Premier dépôt de DHA ou de combustible irradié	1998
				● WIPP (dépôt de démonstration pour déchets alpha militaires)	1989

\* Dates de mise en service, sauf indication contraire.

\*\* Définition complète du site.

commencé à élaborer des plans et des programmes. Comme les déchets de haute activité et le combustible irradié peuvent être stockés sans danger pendant des dizaines d'années dans des installations de surface, il est peu probable que leur stockage exige des dépôts permanents avant la première partie du XXIème siècle.

#### Problèmes à considérer

Quand on examine la situation de la gestion des déchets radioactifs, on ne saurait omettre d'évoquer, ne fût ce que brièvement, certains problèmes et certaines questions encore en suspens. L'Agence et d'autres organismes nationaux et internationaux ont maintes fois déclaré qu'aucun obstacle technique ne s'oppose à ce que l'humanité gère les déchets nucléaires sans risques pour la génération actuelle et les suivantes.

En fait, une des principales conclusions de la Conférence internationale sur la gestion des déchets radioactifs organisée par l'Agence en mai 1983 a été que la technique appropriée existe et que l'on peut choisir les formations géologiques profondes nécessaires à l'isolation prolongée

sans danger des déchets radioactifs\*. Bien que la plupart des personnalités connues dans ce domaine puissent souscrire à cette déclaration, il y a encore certains secteurs assez délicats où les organes nationaux et internationaux responsables devront agir de façon avisée et prudente avant que nous puissions aborder les derniers stades de l'ouvrage. Certains problèmes, que nous décrivons plus loin, exigent des mesures et des modes d'activité qui ne sont pas ordinairement ceux du spécialiste de la technique.

#### La politique des gouvernements et l'opinion publique

La question des déchets, outre qu'elle intéresse au plus haut point les milieux scientifiques et en anime les débats, retient aussi l'attention de nombreux organismes nationaux et locaux. Alors que l'on a mis au point la

\* D'après des observations faites par M. Hans Blix, Directeur général de l'AIEA, à la Conférence internationale sur la gestion des déchets radioactifs réunie à Seattle (Etat de Washington) du 16 au 20 mai 1983. On trouvera un rapport sur cette Conférence dans le *Bulletin de l'AIEA*, Vol. 25, n° 4 (décembre 1983).

technique nécessaire et largement démontré qu'on pouvait gérer les déchets radioactifs sans danger tant aujourd'hui que dans l'avenir, les plans d'élimination sont actuellement déterminés, dans nombre de pays, non par des considérations techniques, mais par les attitudes du grand public et des autorités locales. Comme ces attitudes sont fonction de l'activité et des pratiques de l'industrie nucléaire, la communauté nucléaire internationale a le devoir de fonder effectivement ses plans de gestion des déchets sur une technologie solide qui tienne vraiment compte de la sûreté de l'homme et de l'environnement, avant de passer à l'action.

Les rapports avec les instances qui représentent l'intérêt général ne peuvent être fructueux que si le programme visant à obtenir l'acceptation du public met au premier plan la responsabilité technique et le libre accès à l'information. Il vaut la peine de signaler qu'en Suède, le programme sur la sûreté du combustible nucléaire (KBS) a réussi à satisfaire aux exigences d'une loi qui, en l'absence de progrès dans les plans de gestion des déchets aurait pu empêcher le chargement du combustible dans les réacteurs nouvellement construits. L'exemple de la Suède en matière de liberté d'accès à l'information et de fiabilité des conceptions techniques est à retenir pour faire accepter par le public les plans de traitement et de stockage des déchets.

### Coopération internationale

Alors qu'on reconnaît que, dans une certaine mesure, les activités de gestion des déchets ne peuvent pas s'arrêter aux frontières des Etats, il semble que peu de progrès aient été faits en ce qui concerne les questions qui doivent être discutées et décidées par une instance internationale. Certes, l'AIEA et d'autres organismes internationaux qui s'occupent des utilisations pacifiques de l'atome jouent un rôle catalyseur pour certaines questions de gestion des déchets à l'échelon mondial, mais aucun progrès n'a été fait en ce qui concerne les installations internationales de stockage des déchets.

Il serait bon, notamment, de définir la responsabilité des nations et de la communauté internationale à l'égard des pays qui ont de petits programmes nucléaires ou qui ne disposent que de terrains limités ou contre-indiqués pour le stockage des déchets provenant de l'exploitation de centrales nucléaires. La vente de centrales nucléaires

à l'étranger est une bonne affaire pour les pays fournisseurs mais elle devrait aussi comporter l'obligation d'assurer le stockage définitif et sans danger des déchets provenant de ces centrales lorsque l'acheteur ne possède pas les techniques ou les formations géologiques nécessaires à cet effet. La communauté internationale devra très bientôt aborder cette question, car plusieurs pays qui exploitent ou projettent des centrales nucléaires auront à faire face à des problèmes de déchets qu'ils ne pourront résoudre à l'intérieur de leurs frontières.

### Evacuation des déchets dans des formations géologiques

La technique d'évacuation, en formations géologiques profondes, du combustible irradié ou des déchets de haute activité solidifiés ne cesse de progresser, mais il subsiste des domaines où des précisions s'imposent: comment démontrer avec certitude que la sûreté est assurée pour l'avenir et comment répartir équitablement la dose radiologique minimale entre la génération actuelle et les générations futures. Il faut aussi savoir en quel point s'établit l'équilibre pour l'ensemble du système de stockage des déchets, à savoir la matrice, le récipient, les barrières artificielles, le matériau de remblayage et la roche réceptrice.

Des arguments scientifiques et sociaux finiront par faire admettre l'idée qu'il n'est ni possible, ni même souhaitable, pour n'imposer aux générations présentes et futures que des risques radiologiques acceptables, d'optimiser au n-ième degré chacun des composants du système de confinement des déchets au moyen de barrières multiples. Il faudra plutôt convenir que la somme des barrières acceptables de chacun des composants assurera la sûreté globale du système.

Pour conclure, il est bon de rappeler les progrès réalisés dans la gestion des déchets radioactifs. Les techniques et les pratiques des pays qui utilisent l'atome sont sans danger et elles tiennent compte de la nécessité de protéger l'humanité et son environnement contre les risques radiologiques. Les techniques nécessaires au traitement et à l'isolation des déchets existent. N'est-il pas de notre devoir de grouper nos forces pour résoudre une fois pour toutes les problèmes de gestion des déchets radioactifs qui freinent notre progrès et empêchent l'humanité de tirer pleinement profit de l'atome?

