

# LA SÛRETÉ DE LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

À LA RECHERCHE DE SOLUTIONS INTERNATIONALEMENT ACCEPTABLES

ABEL J. GONZÁLEZ

*Telles des empreintes digitales révélatrices, les déchets que nous laissons derrière nous caractérisent notre civilisation. Ils montrent la façon dont nous vivons et comment nous nous soucions du monde qui nous entoure.*

*Au siècle dernier, les déchets radioactifs sont devenus un dérivé inévitable, détectable et à certains égards controversé des techniques nucléaires et radiologiques. Au crédit des sociétés modernes, les déchets radioactifs provenant d'applications pacifiques de l'énergie nucléaire ont été généralement soumis à des contrôles bien plus rigoureux que ceux appliqués à d'autres types de déchets. Les principes de sûreté et techniques sont uniques – au lieu d'être dilués et dispersés dans l'environnement, les déchets hautement radioactifs sont confinés, conditionnés et isolés. Cette méthode distincte explique le bon bilan de sûreté associé aux déchets radioactifs issus des applications pacifiques du nucléaire.*

*Néanmoins, il reste à résoudre des problèmes et des défis principalement liés aux incertitudes qui entourent les pratiques passées et les futurs plans d'évacuation. D'une part, il existe des incertitudes liées au traitement des déchets radioactifs issus des activités militaires menées pendant la guerre froide. Les cas signalés ont été graves et coûteux et ont donné à penser qu'il existait peut-être des problèmes plus importants. Ils ont indéniablement jeté une ombre sur tous les types d'entreposage et d'évacuation des déchets radio-actifs et ont malheureusement déformé la réalité quant au bilan de sûreté de la gestion des déchets issus des activités civiles.*

*D'autre part, il existe des incertitudes quant à l'évacuation définitive des déchets radioactifs de très haute activité, qui devront être isolés pendant des milliers d'années. Pour diverses raisons, les gouvernements n'ont pas été capables de prendre des décisions définitives concernant l'évacuation ultime des déchets de haute activité alors qu'il existe des solutions techniques jugées maîtrisées et des installations pilotes montrant la voie à suivre. Cette situation a influé sur les perceptions et les attitudes du public quant à la poursuite du développement de l'énergie nucléaire.*

*Au niveau international, j'espère, un nouveau consensus se dessine sur la façon d'aller de l'avant. Des voix se font entendre pour exiger une démonstration plus visible de solutions d'évacuation des déchets radioactifs et une amélioration du cadre international garantissant la sûreté de gestion de tous les types de déchets radioactifs. Ce cadre doit être plus sensible aux besoins et aux exigences du public, des responsables politiques et de tous les parties intéressées ("acteurs") pour ce qui est de la résolution des questions complexes de gestion des déchets radioactifs.*

*Aujourd'hui, l'AIEA se trouve au premier plan de cet environnement changeant et stimulant. Au moyen de divers programmes, l'Agence et ses États Membres s'efforcent de susciter une coopération internationale plus efficace. Le présent article passe en revue de récentes évolutions qui façonnent cette période déterminante pour la sûreté de la gestion des déchets radioactifs et pour le futur développement du nucléaire.*

**A**vant même que la Conférence décisive des Nations Unies sur l'environnement et le développement ne produise, en 1992, la formule de "développement durable", les questions d'environnement commençaient à dominer l'ordre du jour international. La Conférence de Rio, cependant, a annoncé un bouleversement, un engagement nouveau et des attentes croissantes de la part du public en ce qui concerne les mesures à prendre.

À Rio, les gouvernements ont adopté, pour gérer les ressources terrestres, un plan d'action pour le XXI<sup>e</sup> siècle, appelé Action 21, qui prend racine dans les interconnexions dynamiques qui existent entre les aspects sociaux, économiques et environnementaux du développement. Ce programme engage au même titre les gouvernements, les individus et les organisations à trouver des solutions durables aux problèmes communs.

Le programme Action 21 a des conséquences considérables, surtout pour ce qui est du devoir qu'ont les sociétés de veiller à ce que leurs déchets ne polluent pas l'air, ne s'infiltrent pas dans les rivières, les réservoirs et les mers, et ne contaminent pas les terres fertiles au détriment des générations à venir. Parmi la quarantaine de questions retenues en vue d'une action prioritaire, trois sont liées à la gestion des

---

*M. González est directeur de la Division de la sûreté radiologique et de la sûreté des déchets de l'AIEA.*

## SOURCES NATURELLES DE DÉCHETS RADIOACTIFS

De nombreuses personnes sont surprises d'apprendre que l'un des grands producteurs de déchets radioactifs est la nature elle-même. Un énorme réservoir de matières radioactives primitives gît à la surface et en dessous de la croûte terrestre. Des processus naturels – éruptions volcaniques, sources d'eau minérale, érosion et déplacements de sable – peuvent introduire des fractions de cet énorme inventaire radioactif dans l'habitat humain.

À Oklo, au Gabon, il y a 1,8 milliard d'années, une fission spontanée survenue dans un dépôt riche en uranium a produit le même type de déchets radioactifs que les centrales nucléaires.

**Extraction, traitement et transformation des matières radioactives naturelles.** Les processus naturels s'accompagnent d'activités industrielles telles que la production de minerais, dans laquelle on extrait de la terre des matières radioactives primitives, dont une partie est utilisée et le reste rejeté sous forme de résidus radioactifs. L'extraction, le traitement et l'exploitation industrielle des matières radioactives naturelles recouvrent tout un ensemble de ressources minérales et d'activités industrielles. Parmi les principales industries, on peut citer la production de phosphore élémentaire; la production d'acide phosphorique; la production d'engrais; la production primaire de fer et d'acier; la production de goudron; la production de coke; la production d'électricité au moyen de centrales à charbon et à gaz; l'extraction de charbon, de tourbe, de pétrole et de gaz; la production de ciment; la production de céramique; la production de sable minéral;

la production de pigment de titane; et l'extraction d'uranium et de thorium. Dans certains de ces procédés, la concentration de matières radioactives dans le produit et dans le déchet peut être nettement plus élevée que dans le minerai (*voir encadré pages 38 et 39*).

L'inventaire mondial cumulé de déchets radioactifs produits par les processus naturels et par la transformation industrielle de matières radioactives naturelles est largement inconnu. Le volume connu de ces déchets radioactifs naturels est pourtant formidable, et il n'a pas suscité le même intérêt que les déchets radioactifs provenant d'activités humaines. C'est le cas alors même que les niveaux d'exposition du public aux rayonnements imputables à certains déchets naturels atteignent parfois le double des limites fixées par les normes de sûreté internationales applicables aux déchets radioactifs provenant d'activités humaines.

Dans de nombreuses parties du monde, des barrières naturelles ont isolé des matières radioactives naturelles pendant des périodes remarquablement longues. Dans la mine d'uranium de Cigar Lake (Canada), par exemple, le confinement a été si efficace qu'on ne note à la surface aucune indication – ni chimique ni radiologique – du gisement de minerai. Dans la mine d'Alligator Rivers (Australie), l'uranium et ses produits de décroissance ne se sont déplacés que de quelques dizaines de mètres par rapport au gisement, alors qu'il est situé dans des formations géologiques caractérisées par un écoulement relativement rapide des eaux souterraines.

6

déchets dangereux. Dans le domaine des déchets radioactifs, l'AIEA est perçue comme étant, au plan international, le principal interlocuteur.

Malgré le bilan de sûreté positif qu'on peut dresser en matière de gestion des déchets radioactifs issus d'activités nucléaires pacifiques, il faut davantage s'efforcer de répondre aux attentes et aux exigences accrues qui se font jour à l'aube du siècle nouveau – et communiquer plus clairement sur le travail accompli depuis la découverte de la radioactivité il y a plus de 100 ans.

Le principal défi, aujourd'hui, consiste à renforcer le régime international de sûreté de la gestion des déchets radioactifs qui s'élabore sous l'égide de l'AIEA. Pour ce faire, il faudra coopérer davantage

pour définir des moyens d'échanger des données d'expérience et des informations spécialisées; améliorer la coordination des activités d'application de solutions; et élargir le dialogue pour conserver la confiance et le soutien du public.

Cette initiative constitue une réponse opportune dans le contexte des événements internationaux et de l'amplification des questions liées à la gestion et à l'évacuation des déchets radioactifs.

### DES DIMENSIONS DIFFICILES À DÉFINIR

En fonction de l'endroit où nous vivons, nous marchons potentiellement sur un sol que l'on pourrait qualifier de "déchet radioactif". En fait, toutes les substances contiennent des éléments radioactifs d'origine

naturelle. Les niveaux de cette radioactivité naturelle présente dans l'environnement varient dans le monde et peuvent, par endroits, être très élevés.

La radioactivité naturelle de la Terre n'est généralement pas considérée comme faisant partie du problème des déchets mondiaux. En fixant un point de référence, cependant, la radioactivité naturelle joue un rôle important dans le tableau plus général de la gestion des risques et de la façon dont les déchets radioactifs devraient être réglementés pour protéger la santé publique, la sûreté et l'environnement (*voir encadrés ci-contre et page suivante*).

La nature a toujours été un producteur de déchets radioactifs de première importance. On

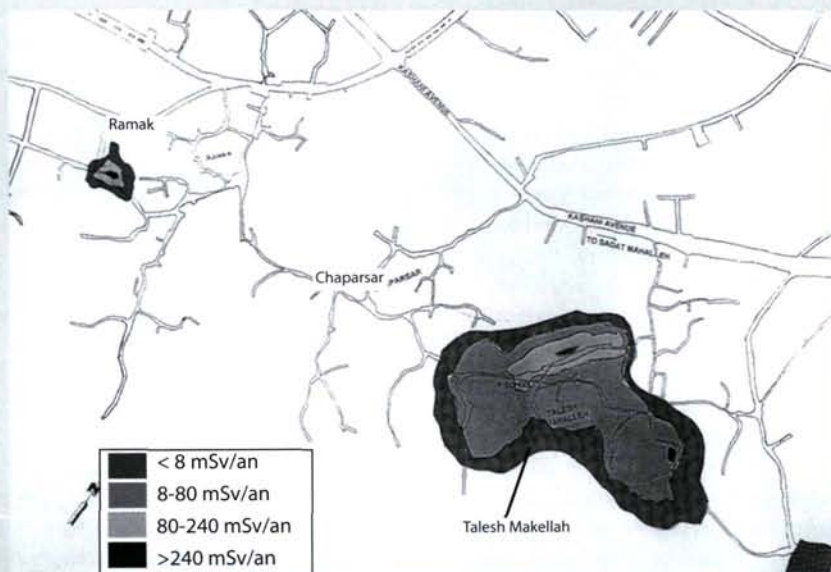
## LES MATIÈRES RADIOACTIVES DANS LA NATURE

■ **Radium 226** provenant d'eaux naturelles. La carte montre des zones de la mer Caspienne proches de la ville de Ramsar (République islamique d'Iran), où des eaux de source riches en radium 226 émergent et déposent des résidus de précipités; ces résidus présentent des niveaux de radioactivité capables d'entraîner une importante radioexposition des habitants. Ces niveaux peuvent être plus de 100 fois supérieurs à la limite internationale d'exposition applicable à l'évacuation des déchets radioactifs (actuellement d'un millisievert par an). (Source: 5ème Conférence internationale sur les niveaux élevés de rayonnement naturel, Munich, 2000)

■ **Sables à monazite** dans des zones côtières. Certains gisements de sable, dans les États de Rio de Janeiro et d'Espírito Santo (Brésil), peuvent entraîner des radioexpositions en moyenne 3,6 fois et, parfois, plus de 30 fois supérieures à la limite internationale. Le même type de gisement, au Kerala et au Tamil Nadu (Inde), peut entraîner des radioexpositions en moyenne 9 fois et, parfois, plus de 30 fois supérieures à la limite internationale.

■ **Gisements volcaniques.** Certains gisements volcaniques, dans les régions de Minas, Gerais et Goiás (Brésil) peuvent entraîner des radioexpositions en moyenne 13 fois et, parfois, plus de 80 fois supérieures à la limite internationale. Le même type de gisement, sur l'île de Niue, peut entraîner des radioexpositions plus de 5 fois supérieures à la limite.

■ **Carbonalyte thorifère.** Des gisements de Mombasa (Kenya) entraînent des radioexpositions pouvant dépasser de plus de 30 fois la limite.



estime, par exemple, que le niveau de radioactivité naturelle des océans est de l'ordre de 10 000 exabecquerels (EBq). Il s'agit là d'un nombre élevé : exprimé en unité internationale de radioactivité ou becquerel (Bq), ce nombre contient 22 chiffres. Un Bq représente un niveau extrêmement faible de radioactivité; c'est pourquoi l'on recourt à des nombres élevés pour exprimer des niveaux importants. Les déchets radioactifs naturels produits dans le temps – et plus récemment par les industries de transformation des matières radioactives naturelles – sont simplement impossibles à quantifier (au Tadjikistan, dans les seules régions de Tchkalovsk et de Taborcha, par exemple, on a estimé les résidus provenant

d'activités passées d'extraction et de traitement à environ 50 millions de tonnes, ce qui représente un niveau total de radioactivité à longue période atteignant parfois 0,001 EBq). Des milliers de ces résidus existent dans d'autres régions de la planète.

Les préoccupations du public portent principalement sur les déchets provenant de sources de radioactivité "artificielles", c'est-à-dire d'activités humaines. Les activités nucléaires civiles, y compris la production mondiale d'énergie nucléaire, ne produisent qu'une partie des déchets radioactifs mondiaux. Une partie importante des déchets radioactifs mondiaux provient des programmes nucléaires militaires, notamment des essais atmosphériques d'armes nucléaires

effectués pendant la guerre froide. De graves problèmes sont apparus du fait de pratiques de gestion passées qui commencent seulement à attirer l'attention de la communauté internationale (voir encadré pages 8 et 9, et *Bulletin de l'AIEA, Vol. 40, n° 4, 1998*).

D'après le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR), les essais d'armes nucléaires effectués pendant la guerre froide ont entraîné la libération directe, dans l'atmosphère, de plus de 1000 EBq de déchets radioactifs; si la plupart de ces déchets étaient de courte période, environ 1% d'entre eux étaient de relativement longue période. Qui plus est, dans un seul État doté d'armes nucléaires, les activités militaires

## DÉCHETS RADIOACTIFS : L'HÉRITAGE DE LA GUERRE FROIDE

Au cours de la décennie écoulée, les dimensions militaires de la gestion des déchets radioactifs ont retenu de plus en plus l'attention. D'importantes quantités de déchets radioactifs relevant des autorités militaires se sont accumulées pendant la guerre froide en de nombreux endroits de la planète, en particulier aux États-Unis et dans l'ex-Union soviétique. Des rapports et des études ont analysé les problèmes posés par les pratiques de gestion des déchets militaires, et des mesures sont prises actuellement pour y remédier.

D'importantes quantités de déchets radioactifs provenant d'activités militaires ont pénétré l'environnement du fait de la production d'armes nucléaires et de leurs essais atmosphériques et souterrains, d'accidents de grande ampleur ayant entraîné des rayonnements, et de l'évacuation de déchets radioactifs dans les océans. Au début de ces activités, surtout, il s'est produit plusieurs incidents qui ont entraîné des rejets de déchets radioactifs dans l'environnement. Dans l'ex-Union soviétique, des matières radioactives se sont déversées dans la rivière Techa, puis dans le lac Karatchaï et dans d'autres réservoirs d'eau ouverts de la région de Tchéliabinsk; dans le fleuve Iénisseï, près de Krasnoïarsk; et dans le fleuve Tom, près de Tomsk. À la rubrique des accidents, on peut citer l'explosion d'un réservoir de déchets radioactifs sur le site Mayak et une dispersion, par le vent, de poussière radioactive provenant des rives du lac Karatchaï, tous deux dans la région de Tchéliabinsk, en 1957 et 1967, respectivement, et l'explosion d'une usine de retraitement à Tomsk en 1993.

*Le programme américain.* Aux États-Unis, d'importantes ressources financières sont affectées à la gestion des déchets radioactifs provenant d'activités militaires. Le Programme de gestion de l'environnement du Département américain de l'énergie (DOE) est chargé de gérer l'héritage écologique du développement, de la production et des essais d'armes nucléaires ainsi que des activités de recherche nucléaire et fondamentale financées par le DOE (*voir encadré page suivante*). Ces activités ont collectivement produit d'importants volumes de matières nucléaires, de combustible nucléaire irradié, de déchets radioactifs et de déchets dangereux, qui ont contaminé les installations, le sol et les eaux souterraines sur 113 sites répartis dans le pays.

Le Programme de gestion de l'environnement gère certaines des activités les plus difficiles et les plus complexes, sur le plan technique, qu'ont à mettre en œuvre les programmes de gestion de l'environnement dans le monde. Malgré la complexité et l'ampleur de sa mission, le Programme a déjà mené à bien la dépollution active de 69 des 113 sites. Depuis 1997, le Programme met en œuvre un projet de fermeture de sites visant à améliorer les activités de gestion, à accélérer et à achever la dépollution, et à fermer autant de sites ou parties de sites que possible d'ici à 2006. Le coût de cette importante opération est énorme et avoisinera probablement plusieurs centaines de milliards de dollars. Le coût estimatif du cycle de vie comprend environ 35 milliards de dollars engagés par le Programme depuis son commencement en 1989 jusqu'à l'exercice 1996. Le

Programme doit encore s'acquitter d'énormes tâches dont le coût s'élèvera probablement de 168 à 212 milliards de dollars.

*Programme russe et programmes de coopération.* De l'autre côté de l'Atlantique, l'Institut international d'analyse des systèmes appliqués (IIASA) a mis sur pied le projet de Radioprotection de la biosphère (RAD) chargé d'effectuer une série d'études sur les problèmes posés par les déchets radioactifs dans l'ancienne URSS. En Russie, les problèmes posés par les déchets radioactifs sont gérés dans le cadre du programme fédéral russe de "Gestion des déchets radioactifs et des matières nucléaires irradiées, de leur utilisation et de leur évacuation pendant la période 1996-2005". Un projet du Centre international des sciences et techniques, baptisé Radleg, apporte une contribution importante à ce programme. L'IIASA est l'un des initiateurs de ce projet et son principal client. Les résultats du projet Radleg doivent contribuer de façon importante à l'avancement du projet RAD.

En outre, un Groupe de contact a été institué en 1995 pour mettre en place une coopération internationale en matière de gestion des déchets radioactifs dans la Fédération de Russie. On achève actuellement la rédaction d'un document relatif à une Stratégie globale de gestion des déchets radioactifs et du combustible usé dans la Fédération de Russie destinée à faciliter le financement de projets hautement prioritaires. Des dispositions financières ont déjà été prises pour ce qui concerne certaines activités prioritaires d'entreposage du combustible usé et de traitement des déchets (*voir article page 64*).

Dans l'ancienne URSS, la structure du complexe nucléaire incluait des réacteurs de production de plutonium et de tritium; la fabrication de combustible nucléaire destiné aux réacteurs; la production d'uranium hautement enrichi; le retraitement du combustible usé provenant des réacteurs de production en vue de récupérer le plutonium; la production d'éléments d'armes nucléaires à partir d'uranium hautement enrichi métallique et de plutonium; des usines et instituts concevant et fabriquant des ogives nucléaires et des dispositifs connexes; des installations de production de combustible nucléaire destiné aux réacteurs de propulsion de navires et installations de retraitement du combustible usé; des réacteurs de production d'électricité, des réacteurs de recherche, des réacteurs de propulsion de navires civils, des usines de production de combustible nucléaire et des usines de retraitement du combustible usé; des installations de production de radio-isotopes et de sources de rayonnements ionisant destinés à l'économie nationale; et des entreprises de traitement et d'évacuation de déchets radioactifs (entreprises spéciales Radon). La production de matières nucléaires primaires destinées aux secteurs tant militaire que civil avait lieu, en règle générale, dans des installations industrielles communes. Les principales installations du complexe nucléaire soviétique étaient l'Association industrielle Mayak (région de Tchéliabinsk); le Combinat chimique sibérien (région de Tomsk); et le Combinat minier et chimique de Krasnoïarsk. La Fédération de Russie a hérité de plus de 80 % du potentiel

## QUANTITÉS DE DÉCHETS RADIOACTIFS ET DE COMBUSTIBLE USÉ PROVENANT D'ACTIVITÉS MILITAIRES AUX ÉTATS-UNIS

Aux États-Unis, la gestion des déchets radioactifs provenant d'activités militaires englobe :

- la dépollution de près de 10 trillions de litres d'eaux souterraines contaminées, ce qui équivaut à environ quatre fois la consommation quotidienne d'eau aux États-Unis;
- la dépollution de 40 millions de mètres cubes de sols et de débris contaminés, ce qui permettrait de remplir environ 17 stades professionnels;
- le stockage sous surveillance de plus de 18 tonnes de plutonium de qualité militaire – quantité permettant de fabriquer des milliers d'armes nucléaires;
- la gestion de plus de 2000 tonnes de combustible usé de haute activité;
- le stockage, le traitement et l'évacuation de déchets radioactifs et dangereux, dont plus de 160 000 mètres cubes actuellement stockés et plus d'un demi-milliard de litres de déchets radioactifs liquides de haute activité;
- la mise hors fonction et/ou le déclassement d'environ 4000 installations qui ne sont plus nécessaires pour soutenir des missions opérationnelles;
- la mise en œuvre, aux fins de la non-prolifération nucléaire, de programmes critiques d'acceptation et de gestion de combustible usé provenant de réacteurs de recherche étrangers contenant de l'uranium hautement enrichi de qualité militaire;
- l'offre de services durables de soins et de surveillance – ou de conseils – pendant potentiellement des centaines d'années sur un nombre estimatif de 109 sites après dépollution.

## QUANTITÉS DE DÉCHETS RADIOACTIFS ET DE COMBUSTIBLE USÉ ACCUMULÉES DANS LA FÉDÉRATION DE RUSSIE

Ministères, départements, et organisations	Liquides		Solides		Combustible usé	
	m <sup>3</sup>	Bq	m <sup>3</sup>	Bq	Tonnes	Bq
<b>Ministère de l'énergie atomique de la Fédération de Russie (Minatom)</b> Extraction et traitement du minerai d'uranium, enrichissement de l'uranium, fabrication de combustible nucléaire, production d'électricité d'origine nucléaire, retraitement du combustible usé, et production de matières destinées aux armes nucléaires	4,0 10 <sup>8</sup>	6,3 10 <sup>19</sup>	2,2 10 <sup>8</sup>	8,14 10 <sup>18</sup>	8700	17,02 10 <sup>19</sup>
<b>Ministère de la défense de la Fédération de Russie (Marine)</b> Exploitation et déploiement de navires et de sous-marins nucléaires	1,4 10 <sup>4</sup>	4,44 10 <sup>12</sup>	1,3 10 <sup>4</sup>	29,6 10 <sup>12</sup>	30	5,55 10 <sup>17</sup>
<b>Ministère de l'économie de la Fédération de Russie (Département de l'industrie militaire)</b> Construction, réparation et déploiement de navires et de sous-marins nucléaires	3,2 10 <sup>3</sup>	18,5 10 <sup>10</sup>	1,5 10 <sup>3</sup>	3,7 10 <sup>12</sup>	*	*
<b>Ministère des transports de la Fédération de Russie</b> Exploitation et déploiement de brise-glace nucléaires	4,4 10 <sup>2</sup>	5,5 10 <sup>13</sup>	7,3 10 <sup>2</sup>	3,7 10 <sup>16</sup>	10	17,39 10 <sup>17</sup>
<b>Entreprises spéciales Radon</b> Traitement et évacuation de matières radioactives utilisées en médecine, dans la recherche scientifique, dans l'industrie, etc.	-	-	2,0 10 <sup>5</sup>	7,77 10 <sup>16</sup>	-	-
<b>Total</b>	<b>4,0 10<sup>8</sup></b>	<b>6,29 10<sup>19</sup></b>	<b>2,2 10<sup>8</sup></b>	<b>8,51 10<sup>18</sup></b>	<b>8740</b>	<b>17,39 10<sup>19</sup></b>

\*Plus de 100 sous-marins à propulsion nucléaire et leur combustible usé sont en attente de déclassement.

industriel nucléaire de l'ancienne URSS et, partant, de ses déchets radioactifs. On estime à plus de 600 millions de mètres cubes et 8700 tonnes les volumes totaux de déchets radioactifs et de combustible usé en attente d'évacuation définitive accumulés sur le territoire de la Fédération de Russie (voir

tableau), auxquels s'ajoutent d'importantes quantités de déchets résiduels provenant de l'extraction et du traitement de l'uranium. D'après l'IIASA, ces déchets radioactifs "sont gérés d'une façon qui ne répond pas complètement aux normes internationales modernes de radioprotection".

de production de matières destinées à l'armement ont légué environ 1000 EBq de déchets résiduels au confinement souvent précaire. De surcroît, entre 1946 et 1993, dans le cadre d'opérations "normales" de rejet, environ 0,1 EBq de déchets radioactifs ont été immergés dans les océans Atlantique Nord, Pacifique et Arctique. Des quantités bien plus importantes ont été immergées *de facto* dans les océans de la planète suite à des "accidents et pertes", y compris de nombreux sous-marins naufragés (le dernier en date étant *le Kursk*, en août 2000), voire suite à la retombée sur Terre de satellites à propulsion nucléaire.

Les déchets provenant d'applications pacifiques de l'énergie nucléaire tendent à attirer l'essentiel de l'attention du public, même lorsqu'ils sont correctement gérés, confinés et présentent des niveaux de radioactivité comparables à ceux d'autres sources moins bien gérées. Le niveau de radioactivité des déchets issus de la production nucléaire d'électricité dans le monde au cours du demi-siècle écoulé est également de l'ordre de 1000 EBq; cet inventaire croît à un rythme d'environ 100 EBq par an.

Le volume de déchets radioactifs civils n'est pas non plus très important. Tous les déchets de haute activité accumulés à ce jour, même s'ils sont hautement radioactifs, pourraient tenir dans un grand magasin d'environ un hectare, ou dans un immeuble urbain. Tel est le résultat du rendement du combustible nucléaire et de la stratégie rigoureuse de concentration et de confinement des déchets appliquée par l'industrie nucléaire civile. L'exploitation d'une centrale nucléaire de 1000 MWe nécessite environ 27 tonnes de combustible par an. Une centrale équivalente à combustible fossile consommerait par an environ 2,6 millions de tonnes de charbon (soit 5 trains de

1400 tonnes chacun par jour) ou 2 millions de tonnes de pétrole (soit 10 superpétroliers par an). Il n'est pas étonnant que ces différences se retrouvent dans les déchets produits. La centrale nucléaire produira environ 27 tonnes de déchets radioactifs de haute activité, 310 tonnes de moyenne activité et 460 tonnes de faible activité, tandis que la centrale au charbon équivalente rejettera dans l'environnement 6 millions de tonnes de gaz à effet de serre, 244 000 tonnes d'oxydes de soufre, 222 000 tonnes d'oxydes d'azote et 320 000 tonnes de cendres contenant 400 tonnes de métaux lourds toxiques. Ces cendres contiennent d'importantes quantités de matières radioactives naturelles concentrées qui peuvent exposer la population humaine à des doses collectives supérieures à celles imputables aux déchets rejetés dans l'environnement par des centrales nucléaires produisant la même quantité d'électricité.

Les procédés naturels proprement dits et l'héritage radiologique de la bombe ont, c'est certain, compliqué le tableau de la gestion des déchets radioactifs. Ils soulèvent invariablement des questions quant à la façon dont sont manipulés les déchets issus de l'électronucléaire et d'autres applications pacifiques du nucléaire, et quant à l'ampleur de la coopération internationale qui s'est mise en place dans ce domaine au cours des quatre dernières décennies. Ces questions ne cesseront probablement – dans l'esprit du public, l'origine des déchets radioactifs importe bien moins que la sûreté de leur manipulation et de leur évacuation – que lorsque les problèmes auront été résolus globalement et de façon acceptable avec le soutien de tous.

**Gestion des déchets radioactifs.** Ce concept est généralement

utilisé pour décrire une séquence d'opérations commençant par la production de déchets radioactifs, y compris leur entreposage (rétention temporaire des déchets) et leur évacuation (mise au rebut des déchets sans intention de les reprendre). Pour l'énergie nucléaire, le processus englobe la gestion du combustible usé provenant des réacteurs nucléaires et se termine par l'évacuation sûre des substances radioactives inutilisables. Parmi ces dernières figurent des sources de rayonnements mises au rebut qui, en tant que dérivés de l'énergie nucléaire, servent à des applications médicales, industrielles et autres. Après l'interruption d'activités faisant appel à des matières radioactives, certains déchets radioactifs demeurent parfois sur le site ou à proximité : on les qualifie généralement de *résidus radioactifs*. Les rejets d'effluents radioactifs dans l'environnement sont généralement qualifiés de *rejets radioactifs*.

Les dimensions internationales de la gestion des déchets radioactifs sont à l'image de ces activités à multiples facettes. Plusieurs questions importantes font l'objet d'une attention particulière :

- la gestion du combustible usé provenant de réacteurs nucléaires;
- l'évacuation de déchets hautement radioactifs;
- la gestion et l'évacuation de sources de rayonnements;
- le consensus éventuel pour ce qui est de la recherche de solutions internationales en matière de sûreté de la gestion et de l'évacuation des déchets radioactifs.

**Gestion du combustible usé.** Certains pays considèrent le combustible usé provenant des réacteurs nucléaires comme un déchet radioactif de haute activité; d'autres le considèrent comme un atout car les matières utilisables

peuvent être *retraitées* en un nouveau combustible utilisable dans des réacteurs, les déchets étant séparés et concentrés en verre stable et durable.

D'après les estimations de l'AIEA, quelque 10 000 tonnes de combustible usé sont rejetées chaque année par les 433 centrales électronucléaires en activité dans le monde. Au cours des quatre décennies écoulées, la quantité cumulée de combustible usé rejetée dans le monde s'élevait à environ 220 000 tonnes à la fin de 1999. Environ 145 000 tonnes étaient conservées dans des installations d'entreposage sûres, tandis qu'environ 75 000 tonnes étaient retraitées. D'ici à 2015, la quantité cumulée de combustible usé devrait dépasser 340 000 tonnes (*voir graphique ci-contre*).

L'augmentation prévue des problèmes, car les sites d'entreposage de certains pays approchent déjà de leur capacité maximale. Dans le monde, cependant, on dispose ou l'on prévoit de créer une capacité d'entreposage suffisante pour satisfaire les besoins projetés des réacteurs. Dans certains pays, il est prévu de créer des dépôts géologiques qui accueilleront le combustible usé.

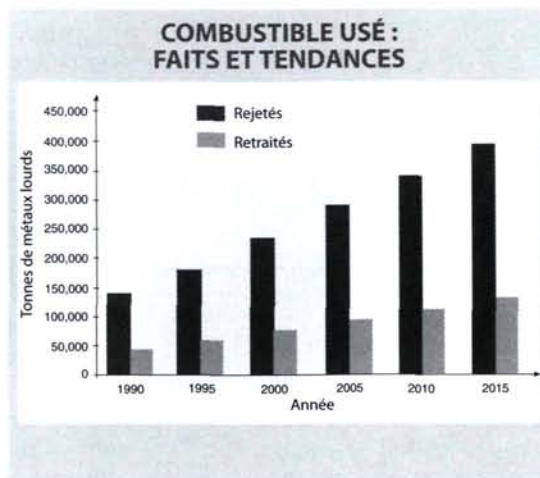
Du combustible usé est également produit par les réacteurs de recherche. D'après les données de l'AIEA, 58 pays, dont 40 pays en développement, exploitent 293 réacteurs de recherche et 15 autres sont en construction. Nombre des éléments de combustible usé demeurent sur le site, certains y étant déjà entreposés depuis plus de 30 ans. On estime en gros leur nombre à 63 000 (en entreposage) et 23 000 (dans le cœur de réacteurs). Sur les éléments entreposés, quelque 46 000 se trouvent dans des pays industrialisés et 17 000 dans des pays en développement. Une question essentielle est l'évacuation définitive des éléments de

combustible usé dans les pays en développement qui ont, dans un premier temps, importé le combustible nucléaire. Les accords d'importation prévoyaient le retour du combustible usé dans le pays fournisseur, mais souvent, des arrangements précis restent à négocier.

D'autres sources de combustible usé sont les réacteurs utilisés pour produire des matières destinées aux armes nucléaires ainsi qu'aux navires civils et militaires à propulsion nucléaire. La gestion du combustible usé militaire suscite des préoccupations croissantes.

**Évacuation des déchets radioactifs.** Les applications nucléaires produisent différents types de déchets radioactifs. En termes de volume, la plupart d'entre eux sont des "déchets radioactifs de faible activité", qui sont évacués dans des installations situées juste sous la surface de la Terre. Plus de 100 de ces installations d'évacuation à faible profondeur ont été construites et plus de 30 sont en construction dans le monde. Elles reçoivent des déchets de faible activité provenant de centrales électronucléaires et de réacteurs de recherche ainsi que d'activités médicales, industrielles et scientifiques.

La situation est différente pour les déchets de haute activité – combustible usé ou déchets retraités – qui doivent être isolés en toute sûreté pendant des millénaires. Les chercheurs et techniciens s'accordent généralement à penser que l'évacuation de ces déchets de relativement faible volume mais de haute activité peut s'effectuer dans des formations géologiques stables telles que d'anciennes mines de sel ou des tunnels de granit situés à plusieurs centaines de mètres de profondeur. De multiples barrières naturelles et artificielles les protégeraient contre toute

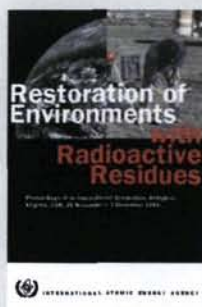


intrusion humaine et assureraient leur confinement à long terme. Cependant, aucun concept d'évacuation à long terme de déchets commerciaux de haute activité n'a encore été approuvé dans aucun pays.

L'an dernier, une évaluation internationale des progrès accomplis en matière d'évacuation dans des formations géologiques a été publiée par l'Agence pour l'énergie atomique de l'Organisation de coopération et de développement économiques. Ce rapport souligne que l'évacuation dans des formations géologiques est techniquement sûre, et qu'il faudrait autoriser et ouvrir des installations pour démontrer de façon convaincante sa faisabilité.

Un pas important vers la démonstration de ce concept d'évacuation a été l'ouverture, en mars 1999, aux États-Unis, d'une usine pilote d'isolement des déchets. Située à 700 mètres de profondeur dans une formation saline, cette usine est le premier dépôt géologique du monde certifié pour l'évacuation de déchets radioactifs à longue période. Le site est homologué pour recevoir des déchets provenant d'activités militaires américaines, mais n'est pas autorisé à abriter des déchets de haute activité.

## RÉSIDUS RADIOACTIFS : L'ACCENT PLACÉ SUR LA REMISE EN ÉTAT DE L'ENVIRONNEMENT



Le Colloque international sur la restauration de milieux où sont présents des résidus radioactifs, organisé à Arlington (Virginie, États-Unis) du 29 novembre au 3 décembre 1999, s'est penché sur les problèmes relatifs aux résidus radioactifs provenant aussi bien d'activités humaines que de sources naturelles. Les experts y ont montré que les problèmes liés aux activités humaines sont importants et que ceux liés aux résidus radioactifs provenant de sources naturelles sont encore plus importants et peut-être plus répandus. Ils ont notamment conclu à la nécessité absolue d'harmoniser la caractérisation des résidus aussi bien naturels qu'artificiels pour pouvoir aborder, sur une base commune, tant la gestion des risques que la remise en état des sites. Les participants ont en outre souligné la nécessité de mieux faire comprendre les problèmes au public et d'associer les différents acteurs à la planification des mesures de remise en état. Les actes du colloque sont disponibles auprès de l'AIEA.

Des progrès dans l'étude et la planification de l'évacuation de déchets de haute activité dans des formations géologiques sont notés sur plusieurs fronts aux États-Unis, en Finlande, en France, en Suède et dans d'autres pays. On se heurte souvent, cependant, à d'importants obstacles liés principalement à des questions d'acceptation par le public, d'implantation et de démonstration de sûreté.

Les progrès réalisés dans le domaine du cycle du combustible nucléaire aideront peut-être à lever certaines inquiétudes. À la centrale de retraitement de la Hague (France), par exemple, de nouvelles techniques de réduction des volumes permettent de convertir les déchets de combustible usé en déchets solides de haute activité vitrifiés. Si l'on pouvait retraiter la production annuelle mondiale de combustible usé en procédant à des réductions de volume équivalentes, on obtiendrait en gros quelque 1000 mètres cubes de solides vitrifiés, soit un cube d'environ 10 mètres

de côté par an pour la production mondiale d'électricité d'origine nucléaire.

**Évacuation des sources de rayonnements inutilisées.** Un nouveau problème de gestion des déchets a trait aux sources de rayonnements utilisées en médecine, dans l'agriculture, dans l'industrie et dans d'autres secteurs d'activité. Lorsque ces sources ne sont plus utilisables, elles doivent être évacuées en toute sûreté. Cependant, nombre de ces sources "inutilisées" n'ont pas été correctement gérées; on les qualifie parfois d'"orphelines" lorsqu'elles ont échappé à tout contrôle réglementaire. Des incidents graves sont survenus dans plusieurs pays, où des sources perdues et abandonnées ont entraîné des décès et des blessures avant d'être récupérées. Pour faire face à ces problèmes, l'AIEA a lancé un Plan d'action qui vise à aider les pays à améliorer leurs moyens de contrôle et d'évacuation des sources de rayonnements (voir article page 60 et Bulletin de l'AIEA, Vol. 42, n° 3, septembre 1999).

## VERS UN CONSENSUS QUANT À LA VOIE À SUIVRE

Le cadre international de sûreté de la gestion des déchets radioactifs. La recherche d'un consensus international en matière de sûreté de la gestion des déchets radioactifs représente un formidable défi. Elle soulève en effet des questions scientifiques, techniques et éthiques complexes sur lesquelles l'avis des professionnels ne coïncide pas toujours. L'initiative visant à renforcer le cadre international est fondamentalement liée à la nécessité d'harmoniser les conceptions et de poser les fondements d'une meilleure acceptation par le public des solutions de gestion des déchets.

Certaines des questions soulevées sont les suivantes :

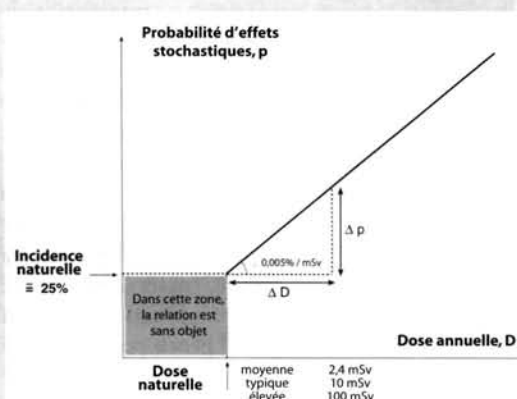
- Les déchets radioactifs provenant de sources naturelles devraient-ils être contrôlés de façon aussi rigoureuse que ceux provenant d'activités humaines ?
- Quels principes éthiques devraient guider les décisions relatives à la sûreté de l'évacuation des déchets, compte tenu du fait que les futures générations pourraient être exposées à des rayonnements nocifs émanant des déchets laissés par notre génération ?
- Quels effets sur la santé peut-on imputer à la faible radioexposition que l'on peut attendre de déchets radioactifs bien gérés (voir encadré page 13) ?
- Les décisions relatives à la gestion des déchets devraient-elles dépendre de nouveaux progrès techniques ou se fonder sur les meilleures techniques disponibles aujourd'hui ? Par extension, vaut-il mieux procéder à l'évacuation définitive des déchets radioactifs à ce stade ou attendre pour voir comment la technique évoluera ?
- La sûreté de l'évacuation des déchets devrait-elle relever



## RÉGLEMENTATION DES DÉCHETS RADIOACTIFS : PROBLÈMES RÉELS ET PERÇUS

Lorsqu'ils sont correctement gérés, les déchets radioactifs entraînent pour la population des niveaux extrêmement faibles de radioexposition. Cependant, il se peut qu'un débat professionnel confus concernant les hypothèses qui sous-tendent la réglementation des faibles doses de rayonnement influe de façon négative sur les perceptions du public. La controverse scientifique porte sur ce qu'on appelle le "non-seuil linéaire" (NSL), hypothèse qui exprime le consensus international prédominant (y compris aux Nations Unies) concernant les incidences sanitaires de la radioexposition. Le non-seuil linéaire est généralement formulé de manière simpliste comme suit : la probabilité que quelqu'un développe un cancer lié à une radioexposition est proportionnelle au niveau de dose de rayonnement, sans qu'il existe un seuil sûr de dose de rayonnement à quelque dose que ce soit, aussi faible soit-elle. La formulation internationale, cependant, est plus subtile. Elle peut être exprimée comme suit : au-dessus des niveaux variables de rayonnement naturel préexistant (qui sont en moyenne de 2,4 millisieverts (mSv), avec des niveaux généralement élevés d'environ 10 mSv pouvant atteindre 100 mSv), une augmentation de la radioexposition entraînera vraisemblablement une augmentation proportionnelle de l'incidence de cancers au-dessus du niveau d'incidence préexistant (dont on sait qu'il est extrêmement élevé – dans les pays occidentaux, environ 25% des habitants meurent d'un cancer). Le graphique ci-contre présente la situation.

La forme de la relation, pour les niveaux de rayonnement inférieurs au niveau naturel, pose un problème scientifique intéressant, mais n'a pas d'incidence réglementaire. L'organisme de réglementation doit prendre en compte la plausibilité d'effets sanitaires de doses de rayonnement supérieures au fond inévitable; en outre, en raison de l'omniprésence des rayonnements, il faudrait probablement que ces considérations se fondent sur les niveaux naturels généralement les plus



élevés (et non les plus faibles). On notera que, même dans ces conditions, la probabilité de développer un cancer imputable à une augmentation de la radioexposition est extrêmement faible. Actuellement, le Comité des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants estime qu'elle est de 0,005% par mSv de radioexposition; l'exposition escomptée du public à des déchets radioactifs bien gérés représente une faible fraction de mSv.

Au fil des années, la controverse liée au NSL a gagné des radiobiologistes, des organismes de réglementation et d'autres acteurs, certains adoptant des positions relativement extrêmes en ce qui concerne les risques liés à l'exposition à de faibles doses de rayonnement. Ce différend a compliqué les problèmes posés par la réglementation des déchets radioactifs et par leurs faibles doses de rayonnement, et a, malheureusement, davantage troublé le public qu'il ne l'a éclairé. Autre conséquence malheureuse : la réglementation incohérente des déchets radioactifs de faible activité. À maintes reprises, la réglementation a gravement pénalisé la société et involontairement freiné l'utilisation d'applications nucléaires et radiologiques bénéfiques.

purement des autorités nationales ou être gérée au niveau international compte tenu des dimensions transfrontalières potentielles des problèmes et des solutions ?

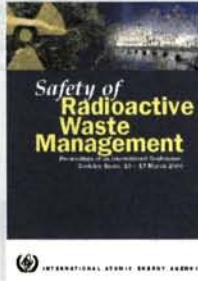
Il n'existe pas de réponses faciles à ces questions. L'important est qu'elles soient soulevées et examinées grâce à des échanges de vues dans le cadre de conférences internationales, d'organismes professionnels et d'initiatives mises

en œuvre dans le cadre de propres programmes de l'AIEA relatifs à la sûreté de la gestion des déchets radioactifs. Plusieurs évolutions internationales récentes aident à définir la voie à suivre.

La Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a récemment publié de nouvelles recommandations concernant la gestion des déchets radioactifs. Il s'agit des publications suivantes : Publication 77 de la CIPR,

*Radiological Protection Policy for the Disposal of Radioactive Waste*, Publication 81 de la CIPR, *Radiological Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-Lived Solid Radioactive Waste*, et Publication 82 de la CIPR, *Protection of the Public in Situations of Prolonged Radiation Exposure* (voir article page 21). En outre, le Groupe consultatif international pour la sûreté nucléaire (INSAG) a publié

## LA CONFÉRENCE DE CORDOUE



Les résultats d'une importante conférence internationale organisée au début de l'année influencent fortement le nouveau programme de gestion des déchets radioactifs. La Conférence internationale sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs, qui s'est tenue à Cordoue (Espagne) du 13 au 17 mars 2000, a été organisée par l'AIEA en coopération avec la Commission européenne, l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques et l'Organisation mondiale de la santé, à l'invitation du Gouvernement espagnol. Plus de 300 hauts fonctionnaires et chercheurs originaires de 55 États Membres et de six organisations internationales y ont participé.

La Conférence avait principalement pour objet de favoriser le dialogue entre les membres de la communauté scientifique, les représentants d'installations qui produisent des déchets radioactifs, les responsables d'organismes de gestion de déchets radioactifs et de réglementation nucléaire, et les représentants de groupes d'intérêt. La rencontre a offert aux responsables politiques et aux décideurs un cadre d'action et s'est révélée décisive dans la recherche du consensus international indispensable à une gestion satisfaisante des déchets radioactifs.

Les participants ont conclu – puisque les déchets radioactifs existaient déjà et qu'il était inconcevable de ne rien faire – que la génération actuelle ne devait pas imposer aux générations futures un fardeau injustifiable, et qu'elle devait concevoir et mettre en œuvre des solutions viables et sûres de gestion – et d'évacuation – de ces déchets. Dans chaque pays, c'est au parlement et au gouvernement qu'il incombe d'établir le cadre législatif et de prendre les décisions politiques nécessaires à la mise en œuvre d'une politique nationale de gestion des déchets radioactifs.

Les participants ont recommandé qu'une politique nationale de gestion des déchets radioactifs prenne en compte les points suivants :

■ C'est aux producteurs de déchets radioactifs qu'il incombe en premier lieu d'en assurer la gestion en toute sûreté, et ce sont eux qui devraient proposer des solutions appropriées et obtenir les moyens économiques nécessaires pour s'acquitter de cette tâche.

■ La gestion des déchets radioactifs devrait s'effectuer de façon "holistique" de sorte à ne pas prendre de mesures qui, tout en résolvant des problèmes immédiats, risqueraient d'entraver la prise de décisions à l'avenir.

■ Compte tenu des incertitudes – non seulement scientifiques et techniques, mais également juridiques et politiques – inhérentes aux différentes méthodes de gestion des déchets radioactifs, il importe d'adopter des méthodes adaptables qui pourront convenir à un grand nombre de situations éventuelles.

■ Les questions de sûreté devraient être abordées de façon distincte pour garantir le respect de règles et de critères officiellement définis qui pourront devoir être révisés périodiquement afin de tenir compte des progrès scientifiques et techniques.

■ La mise en œuvre efficace de solutions d'évacuation passe par la définition claire, au niveau national, d'une méthode progressive et transparente permettant aux différentes parties intéressées, y compris le public et le secteur institutionnel, de participer à la prise de décisions.

Dans la quasi-totalité des réunions techniques, on a évoqué la nécessité d'associer tous les acteurs intéressés à la prise de décisions concernant la gestion des déchets radioactifs. À cet égard, une initiative de l'AIEA visant à instituer un forum international *ad hoc* a été accueillie favorablement.

La Conférence a abordé un grand nombre de sujets et a ouvert la voie à un renforcement du consensus international dans certains domaines clés de la gestion des déchets radioactifs. Les actes sont disponibles auprès de la Division des publications de l'AIEA.

un nouveau rapport intitulé *The Safe Management of Sources of Radiation: Principles and Strategies* (voir article page 19).

Des experts, des responsables politiques, des spécialistes de la sûreté et d'autres "acteurs" se sont réunis lors d'importantes manifestations internationales

organisées récemment par l'AIEA. L'une de ces manifestations a été le Colloque international sur la restauration de milieux où sont présents des résidus radioactifs, qui a presque abouti à un accord sur la question délicate de la remise en état d'habitats humains contaminés par des déchets

radioactifs résiduels (voir encadré page 12). La réunion la plus récente et la plus importante a été la Conférence internationale sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs, qui s'est tenue à Cordoue (Espagne) du 13 au 17 mars 2000 (voir encadré ci-contre).

## CORDOUE : UN NOUVEAU PROGRAMME

Les participants à la Conférence de Cordoue sont parvenus, dans un grand nombre de domaines, à d'importantes conclusions ayant une incidence sur la future action internationale. Dans leurs observations, conclusions et recommandations techniques, ils ont souligné plusieurs points essentiels :

■ **Implantation des installations de gestion des déchets radioactifs.** Les participants ont souligné la nécessité de gagner la confiance du public, élément essentiel pour réaliser des progrès en matière d'implantation de dépôts de déchets radioactifs. Une procédure d'implantation offrant aux parties intéressées la possibilité de participer tôt à un processus bien défini et transparent aura de plus grandes chances de réussir.

Il est essentiel de communiquer efficacement avec le public si l'on veut établir et maintenir la confiance, et encourager une participation constructive au processus de prise de décisions. Les techniciens doivent évoquer les problèmes complexes de gestion des déchets en termes clairs et compréhensibles par toutes les parties intéressées. Les médias peuvent faciliter cette communication; les participants ont admis, toutefois, que les journalistes ont leurs propres contraintes.

■ **Évacuation des déchets radioactifs de faible activité.** Les participants ont noté que des dépôts d'évacuation, à proximité de la surface, de déchets radioactifs de faible ou moyenne activité provenant de centrales nucléaires sont utilisés dans de nombreux pays, où ils ont été acceptés aussi bien par les responsables politiques que par le public. Dans ce cas, on peut raisonnablement compter sur le

contrôle institutionnel pour prévenir toute intrusion pendant la période limitée de décroissance radioactive presque totale des déchets.

En raison des volumes très importants de déchets radioactifs naturels provenant de l'extraction et du traitement de l'uranium (ainsi que d'autres industries transformant des matières radioactives naturelles), la seule méthode d'évacuation économiquement réalisable est l'entreposage à la surface ou à proximité de la surface. Bien que les concentrations de radioactivité soient faibles, les radionucléides présents dans les déchets d'extraction et de traitement ont une période extrêmement longue; aussi les installations d'entreposage de ces déchets à proximité de la surface devraient-elles faire l'objet d'un contrôle institutionnel "à perpétuité" afin de prévenir toute intrusion humaine.

Dans la plupart des méthodes d'évacuation des déchets, le contrôle institutionnel n'est que l'un des éléments d'un système de défense en profondeur; en cas d'évacuation dans des formations géologiques, en effet, sa principale vocation consiste davantage à rassurer qu'à garantir la sûreté. Pour les déchets d'extraction et de traitement, il se peut que cette méthode soit, à l'avenir, la seule ligne de défense réalisable. Les problèmes de ce type dépassent largement le stade purement technique; ils doivent être examinés de façon plus approfondie avec un public bien plus vaste afin de concevoir des solutions réalistes capables d'obtenir un large soutien.

■ **Évacuation dans des formations géologiques.** Les participants se sont notamment penchés sur la question de l'évacuation à grande profondeur de déchets radioactifs de haute activité dans des formations géologiques, admettant que cette

méthode pose plusieurs problèmes de sûreté et d'éthique. Elle doit être gérée en toute sûreté aujourd'hui et à l'avenir, la génération actuelle devant garder à l'esprit les besoins et la sûreté des générations futures. Les questions clés à prendre en compte sont notamment : la démonstration de la sûreté de l'évacuation à grande profondeur de déchets radioactifs de haute activité dans des formations géologiques, et l'obtention de la confiance et de l'adhésion du public; la sûreté et la viabilité d'un entreposage durable en surface; les incidences en matière de sûreté d'un entreposage souterrain avec possibilité de reprise en attente d'évacuation; et l'intérêt d'installations internationales ou régionales d'évacuation ayant pour vocation d'aider les petits pays et de limiter le nombre de sites d'entreposage.

L'implantation de dépôts revêt des dimensions locales, nationales et internationales. Il faudra expliquer, aux niveaux tant local que national, les besoins en matière d'évacuation ainsi que les critères et besoins techniques connexes. Dans toute implantation de dépôt d'évacuation, il importe de gagner la confiance de la population locale.

Un aspect essentiel pris en compte pour l'autorisation de dépôts est le degré d'étanchéité attendu des conteneurs, c'est-à-dire ce qui constitue l'"assurance raisonnable" que le dépôt satisfera durablement aux critères de sûreté. Actuellement, il n'existe apparemment aucun substitut à l'exercice du jugement.

Les participants ont admis que d'importants progrès ont été accomplis en matière de recherche-développement, y compris en matière de laboratoires géologiques, et que la génération actuelle dispose de connaissances techniques suffisantes pour gérer

et évacuer en toute sûreté des déchets radioactifs; cependant, peu de progrès ont été accomplis au plan international pour ce qui est de la construction effective de dépôts géologiques. Les cas où l'on a noté des progrès ont montré l'intérêt d'une participation du public tout au long du processus de prise de décisions. L'intérêt d'une communication efficace et d'une participation du public est maintenant pleinement admis.

Il manque toujours un consensus international quant aux normes et critères de sûreté applicables à l'évacuation dans des formations géologiques. Ce consensus devra être recherché parallèlement au processus de consultation.

■ **Entreposage permanent.** Les participants ont souligné que l'entreposage permanent de déchets radioactifs ne constitue pas une pratique viable et ne représente pas une solution d'avenir; il s'agit au contraire d'une phase intermédiaire de la gestion intégrée des déchets radioactifs. Bien qu'il soit possible d'assurer un entreposage contrôlé, avec possibilité de reprise et assorti de dispositifs de sûreté passive pendant des décennies, l'objectif ultime doit être l'évacuation des déchets.

L'entreposage ne doit pas être considéré comme une solution d'attente ouverte; il est toujours possible d'escompter des progrès, et l'incitation et la détermination à tendre vers l'évacuation pourraient se perdre, ce qui, sans contrôle efficace, pourrait entraîner une dégradation de la sûreté et de l'environnement. Les participants ont également noté qu'un entreposage durable n'est ni simple ni économique, et qu'il devra être contrôlé par un organisme disposant des connaissances, des compétences et des moyens financiers nécessaires. Les études ont montré qu'il est possible d'entreposer des déchets en toute

sûreté pendant de nombreuses décennies à condition d'assurer un contrôle. Cependant, même si les progrès techniques permettaient à l'avenir d'entreposer durablement des déchets en toute sûreté, le problème du maintien du contrôle institutionnel pourrait limiter le recours à cette méthode.

■ **Possibilité de reprise des déchets évacués.** Les participants ont examiné de façon approfondie la question controversée de la possibilité de reprise des déchets radioactifs évacués. Une possibilité de reprise des déchets plus ou moins explicitement prévue dans la conception et la mise en œuvre des dépôts géologiques est aujourd'hui largement admise comme étant un moyen important de convaincre le public de l'aptitude à assurer la garde des déchets radioactifs et à éviter des solutions excluant les futures générations.

Cela doit se faire, cependant, sans compromettre la sûreté à long terme du dépôt et sans oublier d'évaluer sa sûreté et son adéquation à long terme avant que ne commence la mise en place des déchets. Il importe de reconnaître qu'aussi longtemps que la possibilité de reprise est maintenue, un contrôle institutionnel sera nécessaire pour protéger le public et l'environnement. Ces contrôles doivent garantir l'application des garanties nucléaires requises aux dépôts contenant du combustible usé ou d'autres matières fissiles.

■ **Dépôts internationaux.** Des dépôts internationaux pourraient au bout de compte offrir une possibilité de dépôt géologique aux pays qui ne disposent pas, sur leur propre territoire, de formations géologiques adéquates. Ils pourraient également permettre aux pays qui disposent de faibles quantités de déchets de mettre en commun leurs moyens économiques et techniques plutôt

que d'entreprendre chacun leur propre programme de dépôt; cette coopération aiderait en outre à parvenir à un plus large consensus sur les questions de sûreté des déchets.

Les participants ont toutefois conclu qu'il était peu probable que de tels projets soient acceptés par le public tant que des dépôts géologiques nationaux n'auraient pas fait la preuve de leur efficacité. En outre, il pourrait être contre-productif d'adopter ce concept au stade actuel, car cela risquerait de compromettre les programmes de dépôts nationaux.

■ **Gestion sûre des sources de rayonnements.** Les participants ont recommandé que l'évacuation sûre des sources de rayonnements inutilisées incombe, pour l'essentiel, aux autorités nationales. L'entreposage de ces sources pendant de longues périodes de temps risque d'augmenter la probabilité d'un relâchement du contrôle. Le prix d'achat des sources devrait peut-être prendre en compte le coût final d'évacuation.

Pour les pays qui ne disposent pas d'installations d'évacuation, une évacuation sûre reviendra le plus souvent à transférer les sources vers un autre pays – en général le pays du fournisseur – qui dispose de l'infrastructure nécessaire pour les évacuer en toute sûreté. Une autre solution serait de concevoir des méthodes économiques d'évacuation sûre des sources. L'une de ces solutions, à l'étude, est le concept dit "de stockage en puits".

Pour ce qui est de la possibilité de retourner les sources aux fournisseurs, les participants ont souligné que souvent, le fournisseur n'est pas le fabricant initial. Certains fournisseurs se voient interdire par le système juridique de leur pays d'accepter des sources retournées ou hésitent à s'engager à le faire. Ce problème pourrait être en partie résolu en

prêtant attention aux sources qui présentent le plus grand risque, c'est-à-dire en classant ces sources et en demandant aux fournisseurs d'accepter au moins le retour de ces dernières. Lorsque les fournisseurs cessent leur activité, les États doivent se substituer à eux pour veiller à ce que les sources n'échappent pas à tout contrôle.

Les participants ont exprimé leur soutien au *Plan d'action pour la sûreté des sources de rayonnements et la sécurité des matières radioactives* élaboré par l'Agence ainsi que leur intérêt pour l'élaboration en cours d'un *Code de conduite* international dans ce domaine.

■ **Déplacements transfrontaliers des déchets radioactifs.** Les participants se sont intéressés aux déplacements transfrontaliers des déchets radioactifs, c'est-à-dire au déplacement des déchets d'une juridiction – celle du pays d'origine – vers une autre juridiction – celle du pays de destination. Ces déplacements s'effectuent souvent à travers une ou plusieurs autres juridictions – celle ou celles du ou des pays de transit, ou par haute mer. Par nécessité, donc, des régimes juridiques différents s'appliquent aux différents stades du déplacement de ces matières, ce qui nécessite une importante harmonisation internationale dans ce domaine.

Dans le domaine nucléaire, cette harmonisation est relativement avancée, comme en témoignent des documents de consensus internationaux tels que le *Règlement de transport des matières radioactives* de l'AIEA. La responsabilité du respect de ces normes internationales de transport maritime de matières radioactives incombe à l'État du pavillon – même si l'Organisation maritime internationale (OMI) devrait bientôt rendre le respect de ces normes obligatoire.

Les participants ont noté qu'il n'existe aucune prescription de droit international concernant l'approbation, par les États côtiers, de transports de déchets radioactifs à travers leurs eaux territoriales, à condition que les précautions de sûreté nécessaires soient prises. Actuellement, la responsabilité est dans une large mesure régie par le droit international privé, avec toutes les incertitudes qui en découlent pour les victimes potentielles. Vu le rôle que ces incertitudes jouent dans l'opposition qui se manifeste au transport international de déchets radioactifs, un plus grand respect du régime international de responsabilité nucléaire permettrait de mieux faire accepter ce type de transport. Le bilan de sûreté du transport international de matières radioactives est excellent; il existe cependant, à cet égard, un très large fossé entre la perception du public et la réalité. Il est nécessaire d'instaurer un dialogue constructif et ouvert avec les différents acteurs pour expliquer le régime, certes parfois compliqué, de transport international de matières radioactives, y compris les déchets, et son bilan de sûreté.

■ **Régime international de sûreté de la gestion des déchets radioactifs.** L'un des principaux résultats de la Conférence a été le soutien apporté par les participants au régime international de sûreté de la gestion des déchets radioactifs de l'AIEA (*voir encadré page 18*), à savoir : a) la *Convention commune* sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs, qui est un instrument juridique d'incitation présupposant un degré élevé d'attachement des Parties contractantes à la gestion sûre des déchets radioactifs; b) les normes internationales de sûreté déjà en place; et c) les mécanismes

internationaux garantissant l'application de ces normes internationales de sûreté.

La Convention commune engage les États – respect contrôlé par examen collégial – à atteindre des objectifs de sûreté internationalement convenus et fournit ainsi un mécanisme visant à établir la confiance dans les programmes nationaux.

Les participants ont noté qu'il existe maintenant une base bien établie et entendue permettant d'élaborer des cadres législatifs et réglementaires nationaux de gestion sûre des déchets radioactifs. La mondialisation de l'économie a accru les avantages potentiels de normes de sûreté harmonisées au niveau international. Quoi qu'il en soit, les perspectives d'adoption de ces normes sont limitées, certains pays considérant que les adopter risquerait de porter atteinte à leur souveraineté nationale. Ce conflit perçu entre une harmonisation internationale et la souveraineté nationale est une question politique qu'il n'appartient pas aux techniciens de résoudre.

## LA PERSPECTIVE : DÉNOUER LE NOEUD

L'avenir de l'évacuation des déchets radioactifs et, par conséquent, celui de l'énergie nucléaire sont deux questions importantes que se pose la communauté internationale. L'AIEA pourrait faciliter la recherche d'un consensus longuement esquivé par ladite communauté.

Dans son discours d'orientation prononcé lors de la Conférence de Cordoue, le représentant résident des États-Unis auprès de l'AIEA, John B. Ritch III, a indiqué que dans le domaine de l'énergie nucléaire, nous devons élargir la discussion, et ce dans deux sens. Nous devons étendre la participation aux gouvernements, exploitants, industriels,

## RÉGIME INTERNATIONAL DE SÛRETÉ DE LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

*Un régime international de sûreté de la gestion des déchets radioactifs est promu sous l'égide de l'AIEA. Ce régime englobe trois aspects clés : respect par les États de conventions internationales juridiquement contraignantes; élaboration de normes internationales de sûreté des déchets; et application de ces normes.*

■ **Respect de conventions internationales relatives à la sûreté juridiquement contraignantes.** Depuis quelques années, l'engagement des États joue un rôle essentiel dans l'amélioration de la sûreté nucléaire, de la radioprotection et de la sûreté des déchets. L'AIEA participe à ce processus en facilitant la conclusion de tels accords et en assumant, une fois les accords entrés en vigueur, diverses fonctions pour les parties contractantes. À ce titre, l'Agence fait office de Secrétariat des Parties et leur propose, sur demande, des services ; pour ce qui est de la sûreté des déchets, l'un de ces accords est la *Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs*, que les États ont adoptée en 1997.

■ **Élaboration de normes internationales de sûreté des déchets.** L'AIEA a élaboré et publié, pour le compte de ses États Membres, plus de 200 normes sur la radioprotection et la sûreté nucléaire, y compris des normes sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs. Les premières normes de sûreté relatives aux déchets radioactifs ont été publiées dans les premières années

d'existence de l'AIEA. Dans les années 80, l'AIEA avait constitué un fameux corpus de normes spécialisées baptisé "Normes de sûreté pour les déchets radioactifs" (RADWASS). L'un des principaux documents de cette collection, intitulé *Principes de la gestion des déchets radioactifs*, a été publié en 1995 et a formé la base technique de la Convention commune (*voir article page 24*).

■ **Application des normes de sûreté.** La stratégie de l'AIEA, pour ce qui est de l'application des normes RADWASS, comprend cinq principaux domaines d'activité :

■ Facilitation de l'échange systématique d'informations sur la sûreté des déchets,

■ Promotion de l'éducation et de la formation à la sûreté des déchets,

■ Soutien et coordination des activités de recherche-développement liées à la sûreté,

■ Offre de programmes de coopération et d'assistance aux fins de l'application des normes de sûreté des déchets,

■ Offre, à la demande, de services pertinents aux États Membres.

Ce régime international peut être utilisé par la communauté internationale pour assurer en toute sûreté la gestion des déchets radioactifs et pour faciliter la résolution des problèmes connexes.

organismes de réglementation, organisations non gouvernementales, experts et groupes de citoyens – en fait tous ceux qui façonnent l'opinion publique. Nous devons aussi élargir le champ de la discussion pour étendre le dialogue public au-delà de la seule question controversée de savoir où et comment évacuer les déchets. Notre débat doit être holistique et comprendre une discussion complète et réaliste des différentes solutions énergétiques – afin, notamment, de définir un rôle raisonnable et acceptable pour l'énergie nucléaire et ses dérivés.

Il a utilisé une analogie appropriée pour décrire la situation, rappelant que, dans la mythologie grecque, un oracle déclarait que qui pouvait dénouer l'impossible nœud gordien

dominerait toute l'Asie. D'après la légende, Alexandre le Grand a simplement tranché le nœud avec son épée et a obtenu la gloire prédite. La métaphore qui consiste à trancher les problèmes grâce à des solutions rapides et habiles est tout à fait appropriée. Aujourd'hui, cependant, confrontés à la recherche d'un consensus pour sortir du débat controversé sur la gestion des déchets radioactifs et du développement pacifique du nucléaire, nous ne disposons pas de réponses aussi faciles.

Comme l'a conclu M. Ritch, si nous voulons prendre en main notre destinée et répondre de façon rationnelle à l'impératif urgent qu'est la production d'une énergie plus abondante et plus propre, nous ne le ferons pas en tranchant l'impasse actuelle. Les

obstacles ne peuvent être ni contournés, ni ignorés. Nous devons dénouer le nœud gordien, soigneusement et minutieusement, en utilisant sagement et à bon escient toutes nos ressources et institutions démocratiques.

L'AIEA peut offrir un cadre, ô combien nécessaire, permettant de rechercher un consensus associant toutes les parties intéressées – consensus qui permettra de trouver des solutions acceptables pour tous les types de déchets radioactifs et qui résistera à l'épreuve du temps.

– En septembre 2000, lors de la Conférence générale de l'AIEA, un forum scientifique sur la gestion des déchets radioactifs réunira des experts et des responsables de différentes organisations et des 130 États Membres de l'Agence. □