

Les activités de l'Agence dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs

par D.K. Richter*

L'emploi de l'énergie nucléaire entraîne la formation de déchets radioactifs qu'il faut gérer de manière à protéger l'homme et son environnement contre le danger radiologique potentiel qu'ils présentent aujourd'hui et présenteront dans l'avenir. Si l'on veut poursuivre le développement industriel de l'énergie nucléaire et la faire accepter, il faut désormais fournir l'assurance qu'il existe des systèmes permettant de gérer et de stocker sans danger les déchets radioactifs de toute nature.

Les pays qui emploient l'énergie nucléaire doivent choisir les techniques et désigner les autorités responsables en ce qui concerne:

- la manutention et le stockage des déchets de faible et moyenne activité provenant des centrales nucléaires et des installations du cycle du combustible qui s'y rattachent;
- la manutention, le stockage provisoire et définitif des déchets de haute activité et des déchets contenant des actinides qui résultent de la gestion du combustible épuisé.

La plupart des pays qui emploient l'énergie nucléaire ont mis en œuvre de vastes programmes d'élaboration et d'application de mesures en vue de la gestion et du stockage à long terme de leurs déchets radioactifs, notamment en ce qui concerne les déchets de haute activité et les déchets contenant des actinides. En plus de trente années d'exploitation de l'énergie nucléaire on a accumulé une vaste expérience de la gestion des déchets radioactifs. Bien qu'à long terme on se préoccupe surtout du conditionnement et du stockage définitif des déchets de haute activité, le problème des déchets de faible et moyenne activité se pose à nouveau et présente aujourd'hui tout autant d'importance. Ce sont en effet ces déchets qui présentent le plus gros volume et la plus grande diversité, et la technique et la réglementation qui les concernent sont en pleine évolution. Ces déchets proviennent de centrales nucléaires, de la décontamination et de la mise hors service d'installations nucléaires (y compris les mesures d'épuration prises après incidents) et du traitement des minerais d'uranium.

La coopération internationale en matière de gestion des déchets radioactifs comporte les échanges d'informations sur l'expérience acquise, la recherche et les méthodes des programmes nationaux; l'élaboration de directives et de recommandations internationales à l'usage des autorités nationales; l'insertion de la gestion des déchets dans le contexte des installations régionales ou internationales du cycle du combustible nucléaire;

* M. Richter dirige la Section de la gestion des déchets à la Division du cycle du combustible nucléaire. Le présent article est l'adaptation d'une communication présentée par lui à la séance "Politique mondiale de la gestion des déchets" de la 26ème réunion de l'American Nuclear Society, tenue à Las Vegas (Etats-Unis) du 8 au 12 juin 1980.

la définition et l'application de règles de droit international pour la protection de l'environnement. L'Agence internationale de l'énergie atomique exerce ses activités dans tous ces domaines depuis sa fondation.

Etendue du programme de l'AIEA

Le programme de l'Agence en matière de gestion des déchets radioactifs vise à appuyer les programmes nationaux et à aider la communauté internationale à assurer à l'homme et à son environnement une protection suffisante contre les déchets et effluents radioactifs. A cet effet, l'Agence renseigne les Etats Membres sur les techniques et les règlements nécessaires pour la manutention, le traitement et le stockage sans danger des déchets radioactifs.

Ce programme porte à la fois sur les techniques de traitement et les questions d'environnement; il ne se limite pas aux déchets et effluents radioactifs provenant des centrales nucléaires mais englobe aussi ceux des autres installations du cycle du combustible, y compris l'extraction et le traitement des minerais d'uranium ainsi que le retraitement du combustible épuisé. Les questions suivantes ont déjà été abordées: traitement, stockage et élimination des déchets et effluents radioactifs solides, liquides et gazeux; l'énergie nucléaire et son impact sur l'environnement, y compris la question du rejet de déchets radioactifs en mer et la protection du milieu marin; la mise hors service d'installations nucléaires. L'Agence poursuit ses activités dans ces domaines mais désormais elle met l'accent sur les questions suivantes:

- manipulation et traitement des déchets et effluents radioactifs dans les installations nucléaires;
- stockage souterrain des déchets radioactifs;
- cycle du combustible nucléaire et environnement.

Le programme de gestion des déchets radioactifs de l'Agence est étroitement lié à ses autres programmes, notamment à ceux qui portent sur la sûreté radiologique et nucléaire et sur le cycle du combustible. Il s'est élargi et a comporté toute une série de colloques, de réunions de comités techniques et de groupes consultatifs, et de programmes de recherche coordonnée. Ces activités ont donné ou donneront bientôt lieu à la publication de comptes rendus, de rapports techniques, de documents de la Collection Sécurité ou d'autres documents techniques. Les paragraphes ci-après éclairent les points principaux de certaines des grandes activités.

Manutention et traitement des déchets dans les installations nucléaires

Cette partie du programme de l'Agence vise à recueillir des informations et à fournir des directives sur la technologie de la gestion des déchets et effluents,



Prototype de conteneur de déchets nucléaires vitrifiés; on distingue à l'intérieur le verre borosilicaté.

sur la réduction de leur volume et sur leur conditionnement en vue de leur stockage provisoire ou définitif. Il s'agit: des déchets de l'extraction et du traitement des minerais radioactifs; des déchets solides d'activité faible et moyenne; des déchets et effluents liquides et gazeux; des déchets de haute activité et émetteurs alpha; des déchets provenant des centrales nucléaires ainsi que de la décontamination et de la mise hors service des installations nucléaires. L'information sur l'état de la technique et les principes des diverses méthodes de gestion des déchets et effluents est tenue à jour depuis cinq ans.

Les déchets de haute activité et émetteurs alpha ont fait l'objet de plusieurs réunions d'un comité technique créé en 1974, lors desquelles les Etats Membres intéressés au retraitement ont pu échanger directement des informations. Un colloque organisé par l'AIEA et la Commission des Communautés européennes en juin 1980 a permis d'examiner les techniques de stockage et de solidification des déchets liquides de haute activité provenant du retraitement par voie humide ainsi que la manipulation des déchets émetteurs alpha. Un programme de recherche coordonnée est consacré à l'évaluation des caractéristiques des déchets de haute activité solidifiés, domaine qui doit son importance particulière à la relation existant entre formes de déchet, techniques de conditionnement et environnements de stockage possibles. Un autre programme de recherche coordonnée consacré à l'extraction des éléments transuraniens des déchets de haute activité, suivie soit d'une transmutation soit d'un stockage séparé (programme exécuté de 1976 à 1980), a permis de conclure que cette technique n'avait qu'une valeur limitée*. A l'avenir, on s'intéres-

* Voir l'article de H.A.C. McKay dans le présent numéro du Bulletin.

sera surtout au conditionnement de ces déchets en vue de leur stockage ainsi que de la manutention et du stockage des déchets de haute activité conditionnés.

Le traitement des *déchets et effluents gazeux* a présenté et présente toujours une importance particulière pour la protection de l'environnement contre les rejets de radionucléides dans l'atmosphère par les installations nucléaires en marche normale ou en cas d'accident. Plusieurs réunions d'experts et un colloque AIEA/AEN (Agence pour l'énergie nucléaire) tenu en février 1980 ont été consacrés aux techniques de rétention et d'élimination des gaz nobles, du tritium, de l'iode, des particules et d'autres radionucléides rejetés dans l'atmosphère par les usines de retraitement et les centrales nucléaires. A l'avenir, on s'occupera surtout d'essais, du contrôle des rejets à l'intérieur des installations et des conditions de fonctionnement des systèmes d'épuration des gaz rejetés, et notamment du filtrage des particules.

Des progrès considérables ont été réalisés dans le domaine du traitement et du conditionnement des *déchets de faible et moyenne activité*, liquides ou solides. L'AIEA met en conséquence à jour ses publications antérieures sur ces sujets afin de pouvoir fournir des documents sur les trois principales questions: traitement des déchets solides, traitement des déchets liquides et conditionnement des concentrés de déchets. Les déchets émetteurs alpha seront aussi pris en compte. On s'intéressera également à la manutention des résines échangeuses d'ions usées, des déchets tritiés, et de certains déchets spéciaux d'activité moyenne.

La gestion des déchets de centrales nucléaires présente dans de nombreux pays un intérêt particulier. Un rapport technique a récapitulé les pratiques actuellement suivies dans divers types de centrales. Ce sujet a également été discuté lors d'un colloque AEN/AIEA en 1979 et le sera de nouveau lors d'un séminaire de l'AIEA en octobre 1981. L'expérience acquise permet d'envisager la rédaction d'un code de bonne pratique.

Un code de bonne pratique de l'AIEA, publié en 1976, décrit la *gestion des déchets provenant de l'extraction et du traitement des minerais d'uranium et de thorium*. Les activités d'extraction et de traitement des minerais uranifères étant destinées à se développer à mesure que se répand l'usage de l'énergie nucléaire, le programme futur accordera aux problèmes de la gestion des déchets produits par ces activités l'attention qu'ils méritent et le code de bonne pratique sera révisé.

La mise hors service des installations nucléaires est un des domaines qui ont suscité un grand intérêt dans le passé et qui a en conséquence fait l'objet d'un chapitre séparé dans le programme de gestion des déchets de l'AIEA. Un colloque AIEA/AEN a été tenu à ce sujet en 1978. Les activités entreprises à ce sujet ont donné lieu à deux publications, l'une consacrée aux facteurs intervenant dans la mise hors service des réacteurs nucléaires terrestres, l'autre à la décontamination des centrales nucléaires en service. La décontamination et la mise hors service des installations nucléaires continueront à figurer au programme de l'Agence.

Stockage souterrain des déchets

Dans l'état présent de la technique, on considère que le procédé de stockage des déchets radioactifs le plus sûr est celui qui consiste à les placer dans le sous-sol. Dans divers pays, les déchets de faible et moyenne activité font l'objet, depuis des années déjà, d'un enfouissement à faible profondeur, d'un stockage dans des mines abandonnées, d'une injection dans des puits profonds ou dans le sous-sol par fracturation hydraulique. De nombreux pays étudient actuellement la possibilité d'utiliser les formations géologiques de leur sous-sol pour le dépôt des déchets de faible, moyenne et haute activité ainsi que des déchets contenant des actinides. Un colloque AIEA/AEN s'est tenu à ce sujet en juillet 1979.

En 1977, l'Agence a entrepris un programme intégré en vue de la diffusion à l'échelle internationale d'une série de documents donnant des directives sur le stockage souterrain sans danger des déchets radioactifs. On envisage de loger les déchets solides dans des formations géologiques profondes (dépôts spécialement creusés) ou dans des cavités rocheuses (pour les déchets d'activité faible ou moyenne) ou de les enfouir à faible profondeur (pour ces mêmes déchets). On s'intéresse également à l'injection sous forme liquide dans des formations profondes perméables, et à l'injection sous forme fluide dans des formations imperméables fracturées par voie hydraulique. La documentation en cours de rédaction dans le cadre de ce programme porte sur cinq grands sujets: activités d'ordre général et de réglementation et évaluations de la sûreté; étude et choix de sites de dépôt; critères d'admissibilité des déchets; conception et construction des dépôts; exploitation, fermeture et surveillance des dépôts. Au cours des prochaines années, on s'occupera avant tout du stockage des déchets d'activité faible et moyenne par enfouissement à faible profondeur et dans des cavités rocheuses, pour lequel le besoin se fait concrètement sentir dans de nombreux pays. A la suite des réactions d'un grand nombre de gouvernements à une enquête de l'AIEA faite en 1977, l'un des principaux objectifs du programme est d'aboutir à la rédaction de codes et de guides acceptables pour tous les pays. Il paraît toutefois préférable, dans un premier temps qui pourra durer 6 ans, de commencer par établir une série de rapports techniques et de documents de la collection Sécurité, qui seront ensuite réexaminés à la lumière de l'expérience acquise de manière à pouvoir servir de base aux codes et guides en question lorsque l'étude du sujet aura été suffisamment poussée dans tous les domaines. Les activités du programme sont bien avancées. Quatre documents sont déjà publiés et trois autres vont l'être prochainement; ils contiennent des directives générales sur le stockage en sous-sol; des directives particulières pour le stockage à faible profondeur; la procédure administrative à appliquer au stockage géologique en profondeur; des considérations générales sur l'évaluation de la sûreté; des facteurs de sélection des sites pour le stockage définitif de déchets de haute activité et émetteurs alpha; des études de sites propres au stockage géologique et à l'enfouissement à faible profondeur. D'autres documents en préparation portent sur les critères fondamentaux, l'évaluation de la sûreté du stockage



Les bassins de stockage du combustible irradié à l'usine de retraitement de la Hague.

géologique et de l'enfouissement à faible profondeur et des directives générales concernant le stockage en cavités rocheuses. L'Agence a créé un comité technique chargé de donner des conseils sur le programme et d'étudier les documents avant leur publication. Elle entretient dans ce domaine un dialogue permanent avec ses Etats Membres.

L'idée des *dépôts régionaux de déchets*, notamment en ce qui concerne les déchets de haute activité et les déchets contenant des actinides, a retenu l'attention parce qu'elle offre le moyen de répondre aux besoins des pays qui ont de petits programmes nucléaires et de ceux qui ne disposent pas des sites géologiques et des conditions hydrologiques nécessaires. Ces installations sont considérées comme étant du ressort de la planification régionale ou internationale du cycle du combustible nucléaire (regroupement des dépôts de déchets et des usines régionales de retraitement) dans l'étude sur les Centres régionaux du cycle du combustible publiée par l'AIEA en 1977 ainsi que dans le rapport du Groupe de travail 7 de l'INFCE. La question de la coopération internationale dans ces domaines continue à se poser. Il est évident qu'un pays producteur de déchets radioactifs devra commencer par envisager le stockage sur son propre territoire avant de faire appel à des solutions internationales. L'établissement de directives sur le stockage en sous-sol acceptables pour tous les pays pourra donc contribuer puissamment à passer des projets nationaux aux projets internationaux.

Le cycle du combustible nucléaire et l'environnement

Le développement de l'industrie nucléo-énergétique a soulevé des questions quant aux effets à long terme sur l'environnement résultant: des rejets radioactifs

effectifs ou éventuels dans l'atmosphère et dans les eaux de surface, qui peuvent avoir un caractère local, régional ou global; du rejet en mer de déchets solides de faible activité; du stockage à terre des déchets radioactifs; de l'extraction et du traitement des minerais uranifères. La plupart de ces questions présentent surtout un intérêt local et sont du ressort des autorités nationales compétentes. Elles ne deviennent véritablement internationales que lorsqu'il s'agit d'effets qui franchissent les frontières ou peuvent s'exercer dans les eaux internationales. L'action envisagée dans ces domaines s'appuie sur les principes et les méthodes de la limitation des rejets de matières radioactives dans l'environnement recommandés par la CIPR et établis dans le cadre du programme de sûreté radiologique de l'Agence. Cette partie du programme de gestion des déchets est destinée à remplir la tâche qui incombe à l'Agence en matière de protection de l'environnement marin, à étudier la dispersion dans l'environnement des effluents rejetés par les installations nucléaires et les voies de contamination qui en résultent, à instituer des méthodes d'évaluation des conséquences qu'ont pour l'environnement ces installations.

La protection de l'environnement marin: Aux termes de la Convention de Londres sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets et autres matières, l'AIEA est chargée de définir les déchets radioactifs de haute activité qui ne se prêtent pas à l'immersion et de faire des recommandations quant à ceux qui peuvent être rejetés dans les grands fonds marins. L'Agence a également un rôle à jouer en ce qui concerne la protection de mers régionales telles que la Méditerranée (Convention de Barcelone). Elle a rédigé des "Définitions et recommandations" provisoires en 1974 et les a révisées de 1975 à 1977. Sous cette forme, elles sont en vigueur depuis 1978 en vertu de la Convention de Londres. Elles définissent les conditions du choix et de l'évaluation des sites, du conditionnement des déchets, et du contrôle des opérations d'immersion, conditions auxquelles les autorités nationales doivent subordonner l'octroi d'une autorisation spéciale d'immersion de déchets radioactifs. Il appartient aux gouvernements nationaux de veiller à l'observation des dispositions de la Convention de Londres*. Il faut préciser que les "Recommandations" de l'Agence ne sauraient être interprétées comme un encouragement à déverser en mer des déchets radioactifs. L'Agence n'a pas davantage pour mandat de s'assurer que les prescriptions en question sont observées lors de toutes les opérations d'immersion. L'Agence tient à jour ses "Définitions et recommandations" et les complètera par des directives sur le choix, la surveillance et l'évaluation environnementale des sites d'immersion. L'Agence doit aussi publier une définition des quantités de *minimis* de radioactivité qui peuvent, tout comme les déchets non-nocifs, être immergés en vertu d'une autorisation générale. La révision de la définition des déchets radioactifs impropres à l'immersion en eau profonde a

* Le Conseil de l'OCDE a créé en 1977 un mécanisme multilatéral de consultation et de surveillance sur l'immersion des déchets radioactifs afin d'assurer la coopération à l'échelon régional et de favoriser la réalisation des objectifs de la Convention de Londres. Le texte complet de cette dernière est reproduit dans le document INF/CIRC/205 de l'AIEA.

montré qu'il était nécessaire de perfectionner les modèles océanographiques sur lesquels cette définition se fonde. Cette question est examinée au sein du Groupe d'experts des Nations Unies sur les aspects scientifiques de la pollution marine (GESAMP). L'Agence procède aussi à des recherches d'appoint sur le comportement des radionucléides en milieu marin dans son laboratoire de Monaco.** L'impact des rejets de radionucléides dans l'environnement marin a fait l'objet d'un colloque AIEA/AEN en 1980.

Voies de contamination: Pour pouvoir évaluer les conséquences radiologiques des rejets radioactifs, il faut connaître les voies par lesquelles les radionucléides risquent d'arriver jusqu'à l'homme. L'Agence a étudié à cet égard des modèles de dispersion atmosphérique et aquatique à faible rayon dans le cadre de son programme de normes de sûreté nucléaire (NUSS) portant sur le choix des emplacements de centrales nucléaires thermiques.*** Elle a récemment examiné des modèles génériques et des paramètres relatifs au transfert des radionucléides à l'homme par le milieu en vue d'évaluations préliminaires générales non liées à un site particulier. L'Agence a également encouragé l'étude du comportement dans l'environnement de certains nucléides présentant un intérêt radiologique particulier. Le comportement du tritium dans l'environnement a fait l'objet d'un colloque en 1978 et d'un programme de recherche coordonnée de 1974 à 1978. D'autres programmes de recherche portent sur le comportement du radium dans les nappes aquifères et les cours d'eau, sur la migration dans l'environnement terrestre des radionucléides provenant des dépôts de déchets radioactifs, sur le devenir des transuraniens en milieu marin et sur le carbone 14 provenant des installations nucléaires. Un prochain colloque sera consacré à la migration dans l'environnement terrestre des radionucléides à période longue.

Evaluation des incidences sur l'environnement: Un programme de recherche réalisé de 1973 à 1978 a permis d'étudier les effets sur l'environnement des systèmes de refroidissement et des rejets thermiques des centrales nucléaires. Divers services de l'AIEA ont participé avec le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) à la rédaction d'un rapport sur les incidences de l'énergie nucléaire sur l'environnement† et sur l'évaluation comparative des effets sur l'environnement de différentes sources d'énergie. L'apport des substances radioactives à la pollution de l'air et de l'eau à grande distance, par delà les frontières, est à l'heure actuelle insignifiant par comparaison avec celui des autres sources polluantes, mais il peut s'aggraver dans certaines régions à mesure que se développe l'emploi de l'énergie nucléaire. Le programme futur de l'Agence s'intéressera aux effets du rejet

** A Walton, *Travaux du laboratoire international de radioactivité marine*, Bulletin de l'AIEA, Vol. 23, N° 1 (1981) p. 24.

*** *Dispersion atmosphérique dans le choix des sites des centrales nucléaires*, Collection Sécurité N° 50-SG-S3. *Dispersion hydrologique des matières radioactives en rapport avec le choix des sites de centrales nucléaires*. Collection Sécurité N° 50-SG-S6.

† Voir l'article de J.U. Ahmed et H.T. Daw, Bulletin de l'AIEA, Vol. 22, N° 2 (1980), p. 23.

dans l'environnement de certains radionucléides tels que ^3H , ^{85}Kr , ^{14}C , et ^{129}I et à leur importance radiologique sur les plans régional et mondial. On étudiera notamment les voies de contamination atmosphériques en vue de rédiger des recommandations concernant la limitation de tels rejets.

La coopération avec les autres organisations internationales

Le programme de gestion des déchets de l'Agence comporte, sur les plans de l'organisation de réunions, de l'échange d'informations et de la consultation, une coopération avec de nombreuses organisations intergouvernementales et non-gouvernementales tels que le PNUE, l'OMS, l'OMCI, l'UNESCO, l'UNSCEAR,

l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développements économiques (AEN/OCDE), la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE), la Commission des communautés européennes (CCE) et le Conseil d'assistance économique mutuelle (CAEM), ainsi que la CIPR, l'UNIPED et la CIUS.

La gestion des déchets radioactifs restera un chapitre important du programme de l'Agence relatif à l'énergie d'origine nucléaire et à son cycle du combustible. On prépare pour 1983 une conférence internationale sur la gestion des déchets radioactifs qui sera consacrée aux relations entre les divers éléments du système de gestion des déchets radioactifs, sous ses aspects technologiques, écologiques, réglementaires et politiques.

L'AIEA organise: conférences ...

Date	Sujet	Lieu
1981		
27-31 juillet	Colloque international AIEA/AEN/CCE sur les migrations dans l'environnement terrestre des radionucléides de longue période provenant du cycle du combustible nucléaire	Knoxville, Tennessee, (Etats-Unis)
28 septembre-2 octobre	Conférence internationale sur les applications industrielles de la technologie des radioisotopes et des rayonnements	Grenoble (France)
19-23 octobre	Colloque international AIEA/OMS/AEN/CIPR sur l'application du système de limitation des doses dans les installations du cycle du combustible nucléaire et dans d'autres domaines d'emploi des rayonnements	Madrid (Espagne)

... et séminaires

31 août-4 septembre	Séminaire sur les méthodes prospectives de radiothérapie dans les pays en développement	Kyoto (Japon)
14-18 septembre	Séminaire sur le fonctionnement et l'utilisation des réacteurs de recherche	Juliers (Rép.féd. d'Allemagne)
5-9 octobre	Séminaire sur la gestion des déchets radioactifs dans les centrales nucléaires	Karlsruhe (Rép.féd. d'Allemagne)
9-13 novembre	Séminaire FAO/AIEA sur l'irradiation des denrées alimentaires dans les pays en développement de l'Asie et du Pacifique	Takasaki (Japon)
16-27 novembre	Séminaire UNESCO/AIEA sur l'emploi des techniques isotopiques dans la mise en valeur des ressources hydrauliques dans les pays d'Asie et du Pacifique	Colombo (Sri Lanka)
23-27 novembre	Séminaire sur l'examen et l'inspection de la sûreté des centrales nucléaires	Vienne (Autriche)
30 novembre-11 décembre	Séminaire sur la capacité opérationnelle en cas de situation radiologique d'urgence - aspects sanitaires et médicaux - à l'intention des pays d'Asie et du Pacifique	Kalpakkam (Inde)

Pour tous renseignements complémentaires, s'adresser à l'AIEA ou à l'organisme compétent dans chaque Etat Membre: autorité chargée des questions nucléaires ou ministère des affaires étrangères.