la gestion des déchets radioactifs

Il est indispensable de disposer d'un système efficace de gestion des déchets radioactifs chaque fois que l'on utilise des radioéléments. Cet article a été écrit par
M. Emil Wallauschek, Chef de la Division de la santé,
de la sécurité et de la gestion des déchets de l'Agence européenne pour l'énergie nucléaire de l'OCDE.

La plupart des activités industrielles et domestiques produisent des déchets et l'industrie de l'énergie nucléaire ne fait pas exception. Des déchets radioactifs sont produits chaque fois que l'on traite ou utilise des matières contenant des radioéléments. Les déchets peuvent être sous forme gazeuse, sous forme liquide, sous forme de boue, ou sous forme solide; leur nature, leur frome physique et chimique, leur volume et leur activité sont étroitement liés au processus nucléaire dont ils proviennent.

A cause de la toxicité inhérente de beaucoup de matières radioactives, ces déchets doivent être soit débarrassés par un traitement approprié de la plupart des contaminants avant d'être évacués dans l'environnement, soit dilués à tel point que leur concentration en contaminants soit inférieure aux limites admises. Lorsque des contaminants radioactifs sont retirés des courants de déchets, ils deviennent normalement plus concentrés et nécessitent un traitement et des procédés de manutention spéciale, et il convient de les stocker ou de les évacuer en les isolant de la biosphère.

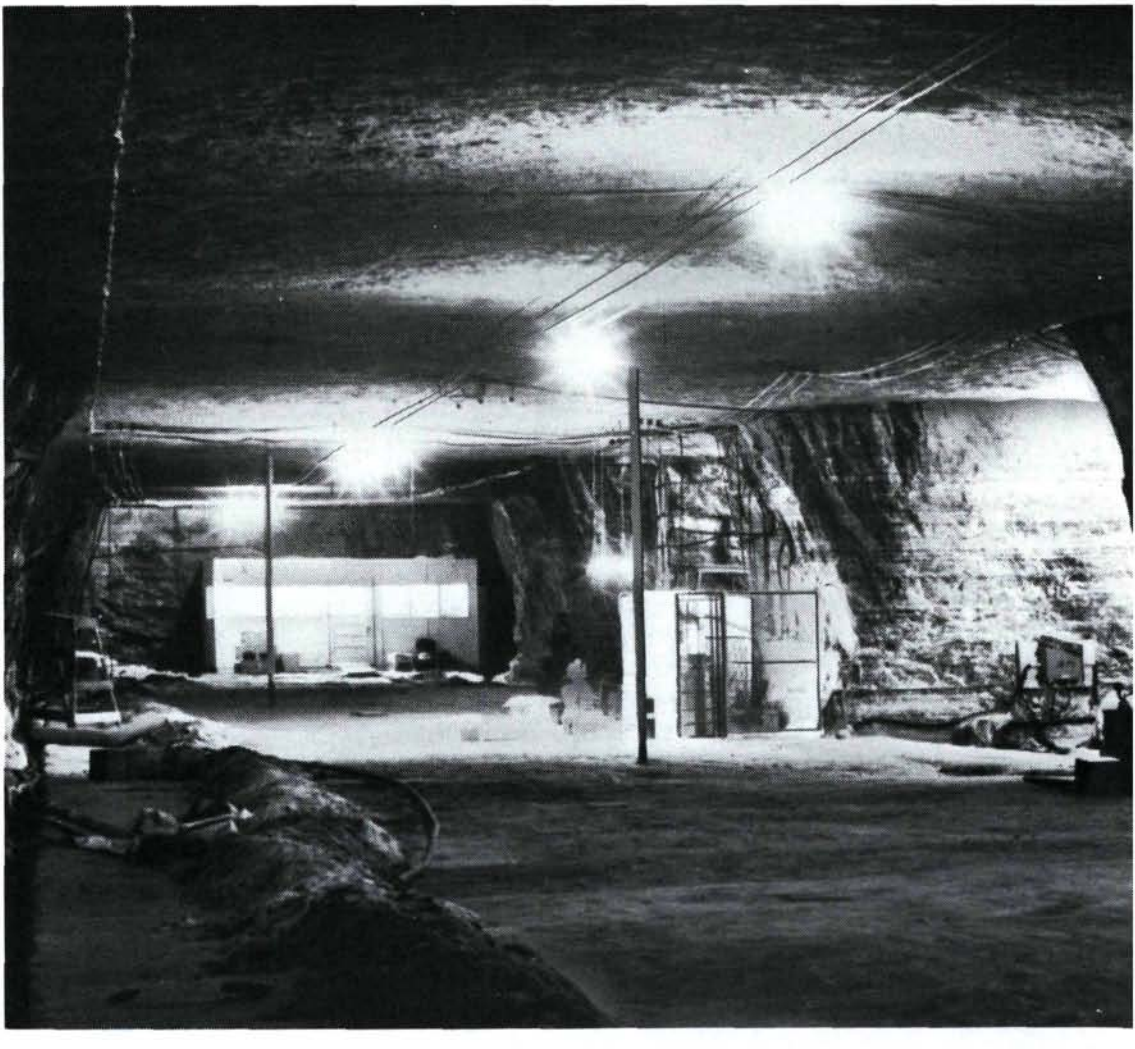
L'intérêt public croissant pour les problèmes de pollution de l'environnement en provenance de toutes les sources fait que l'on devient de plus en plus conscient des conséquences du développement de l'énergie nucléaire, notamment pour ce qui est de la gestion des déchets radioactifs. En raison de la complexité des questions scientifiques et techniques qui interviennent, la plupart de ceux qui connaissent mal les questions nucléaires considèrent le problème des déchets radioactifs comme un seul sujet. En fait, il s'agit d'un ensemble très hétérogène de produits, qui se présentent sous différentes formes physiques et chimiques et, bien que les mêmes considérations fondamentales s'appliquent à leur gestion, les déchets provenant de différentes sources (réacteurs nucléaires, centres de recherche, usines de retraitement du combustible) ou des emplois généralisés des radioisotopes, peuvent être traités de différentes manières à cuase notamment de facteurs locaux et régionaux. C'est là un sujet complexe et, vu l'intérêt croissant qu'il suscite, il devient urgent de mieux en informer le public en général et de le rassurer en lui montrant que les problèmes d'environnement résultant du développement de l'énergie nucléaire et des opérations d'évacuation des déchets sont sérieusement étudiés,

que les risques encourus sont bien connus et contrôlés par des services conscients de leurs responsabilités et que les pratiques de gestion adoptées prévoient toujours de larges marges de sécurité pour protéger la santé publique.

La radioactivité dans l'environnement humain

Les rayonnements et la radioactivité ont toujours été présents dans l'environnement de l'homme: la radioactivité naturelle nous entoure depuis le commencement des temps. La vie humaine n'a ainsi jamais été exempte d'exposition à des rayonnements ionisants provenant de la terre elle-même (plus de 60 radioéléments sont présents naturellement dans le milieu terrestre) et du bombardement de l'enveloppe gazeuse de la terre par les rayons cosmiques provenant de l'espace. On ne doit pas oublier que l'énergie nécessaire pour maintenir la vie sur la terre, qui est fournie par le soleil sous forme de lumière et de chaleur, est fondée sur des processus de fusion atomique. La radioactivité et le rayonnement dans notre environnement n'est donc pas un problème nouveau.

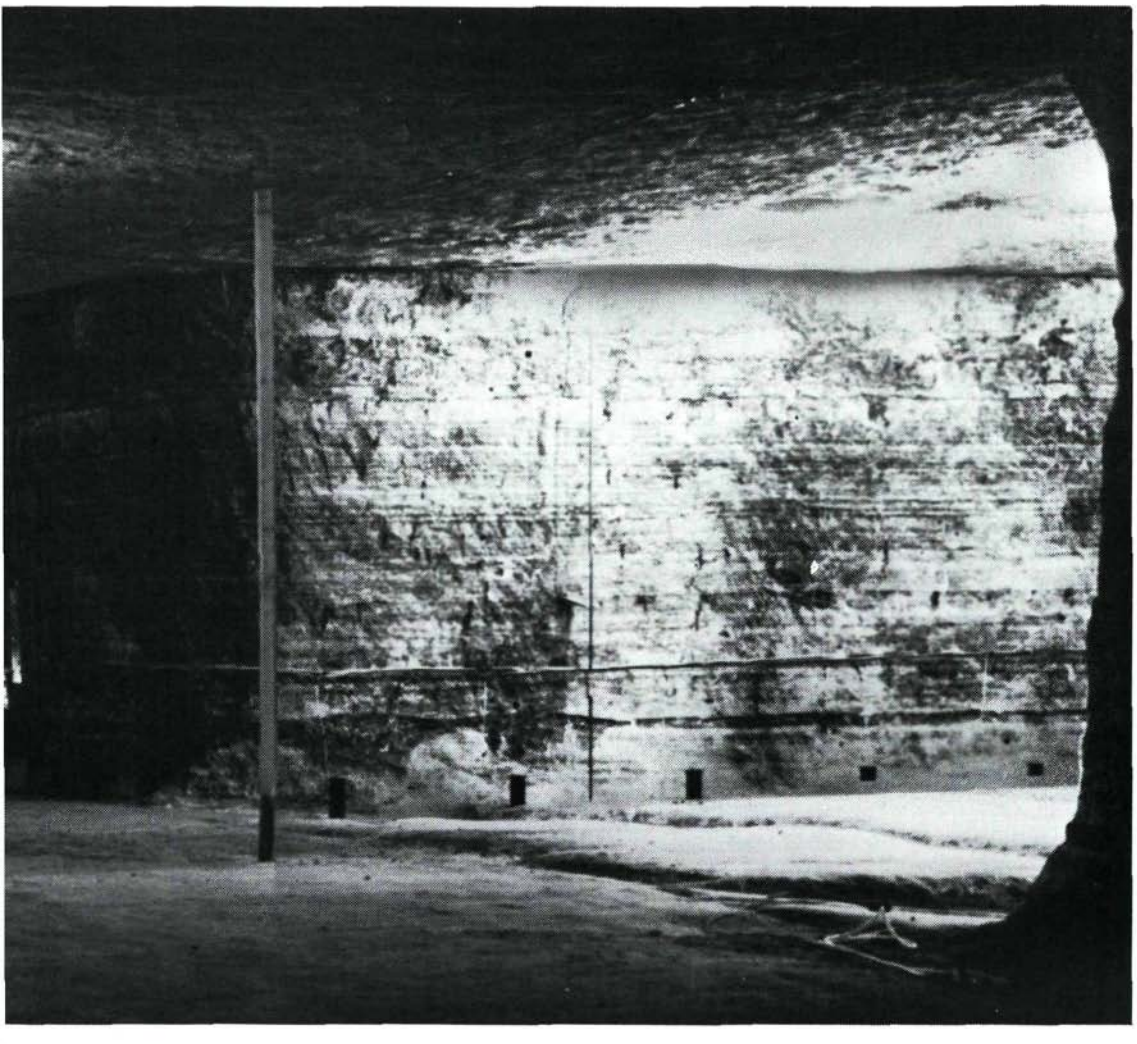
Au Kansas, mine de sel abandonnée et utilisée par la Commission de l'énergie atomique des Etats-Unis pour étudier le stockage de longue durée de déchets de haute activité. Photo : USAEC/Oak Ridge National Laboratory



Le Comité scientifique des Nations Unies sur les effets des radiations ionisantes a calculé que les doses actuelles de rayonnements naturels reçues par l'homme sont généralement de l'ordre de 100 à 300 millirems par an ; dans certaines régions elles peuvent dépasser 1 000 millirems par an. Sur ce total, quelque 20 millirems par an proviennent de matières radioactives naturelles qui se trouvent dans l'organisme humain.

Depuis le début du siècle, et en particulier pendant les deux dernières décennies, l'homme a introduit de nombreuses autres sources de rayonnements dans le monde, qui toutes contribuent à l'irradiation totale qu'il reçoit. Il s'agit notamment du traitement médical, des retombées (à la suite des essais d'armes nucléaires), des sources de rayonnements utilisées pour la recherche et dans les procédés industriels, et d'une variété de substances utilisées ou produites par l'exploitation des centrales nucléaires. C'est cette dernière catégorie qui est principalement responsable du problème des déchets.

La plupart de ces activités ont eu pour conséquence la libération d'une certaine radioactivité dans l'environnement. Par exemple, on a estimé que la quantité de radioactivité dégagée dans l'environnement marin de notre planète à la suite des explosions nucléaires s'élève à quelques centaines de mégacuries, tandis que quelques centaines de kilocuries par an sont imputables aux autres opérations nucléaires. Si l'on compare ces chiffres avec l'activité totale naturelle



du milieu marin, soit 500 000 mégacuries d'après les estimations on peut se faire une idée, un peu simplifiée, de l'importance relative des composantes de la radioactivité de l'environnement. La contribution de l'énergie d'origine nucléaire, même si l'on tient compte des opérations d'évacuation des déchets, constitue en fait une fraction insignifiante de la quantité totale mondiale.

Cependant, les incidences sur la santé publique sont beaucoup plus complexes : elles doivent être examinées à l'échelon local et régional (et dans les cas particuliers comme celui du krypton-85, elles devront être étudiées à l'échelle mondiale dans l'avenir) et on doit également tenir compte de l'importance biologique relative des différentes matières radioactives évacuées.

Considérations fondamentales intervenant dans la gestion des déchets

L'impératif de toute opération de gestion des déchets est d'assurer une protection suffisante contre les dangers de la radioactivité. Les critères de sécurité sont fondés sur des normes de radioprotection bien établies et reconnues sur le plan international [dont il est question dans un autre article de ce bulletin] et toutes les opérations doivent comporter le contrôle des risques causés par les rayonnements, non seulement pendant la manutention et le traitement des déchets, mais aussi après qu'ils ont été stockés ou rejetés dans l'environnement. Les risques inacceptables pour les travailleurs qui manipulent les déchets ou pour d'autres personnes, y compris le public en général, doivent être exclus. Toutes les autres considérations – possibilité de faire subir divers traitements aux déchets, méthodes de stockage et d'évacuation, et autres facteurs mésologiques et économiques viennent après la sécurité des êtres humains.

Les normes de radioprotection reconnues sur le plan international sur lesquelles se fondent les critères de sécurité appliqués à la gestion des déchets (et les critères de sécurité pour toutes les opérations impliquant une radioactivité artificielle), sont celles de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR). Cette commission, dans son rapport No 9, énonce les deux principaux objectifs des mesures à prendre en matière de radioprotection : la prévention absolue des effets aigus et immédiats et la limitation à un niveau acceptable du risque d'effets différés et génétiques. Ces objectifs ont été fixés après une étude scientifique détaillée des effets immédiats de l'exposition aux rayonnements et compte tenu du fait que l'homme peut recevoir de petites doses de rayonnements sans courir un risque important de lésions somatiques ou génétiques. Cependant, comme la connaissance des effets à long terme des rayonnements est actuellement incomplète, un autre principe des recommandations de la CIPR est que l'exposition doit être maintenue à un niveau aussi faible que possible en tenant compte des considérations économiques et sociales.

Ce dernier principe introduit le concept du rapport entre les risques et les avantages. L'énergie nucléaire présente incontestablement des avantages. En les acceptant, nous devons aussi accepter certains risques et l'analyse détaillée de tous les facteurs sera nécessaire pour établir un équilibre approprié dans l'intérêt de la société.

Dans la gestion des déchets radioactifs, tous les travailleurs s'occupant directement de la manutention et du traitement des déchets sont soumis à des mesures éprouvées de contrôle radiologique fondées sur les principes de la CIPR. Les principes fondamentaux de radioprotection sont aussi appliqués pour la protection du public en général, bien que le problème soit beaucoup plus complexe. Pour les travailleurs, on peut mesurer directement les doses reçues, mais pour le public on doit avoir recours à des méthodes indirectes.

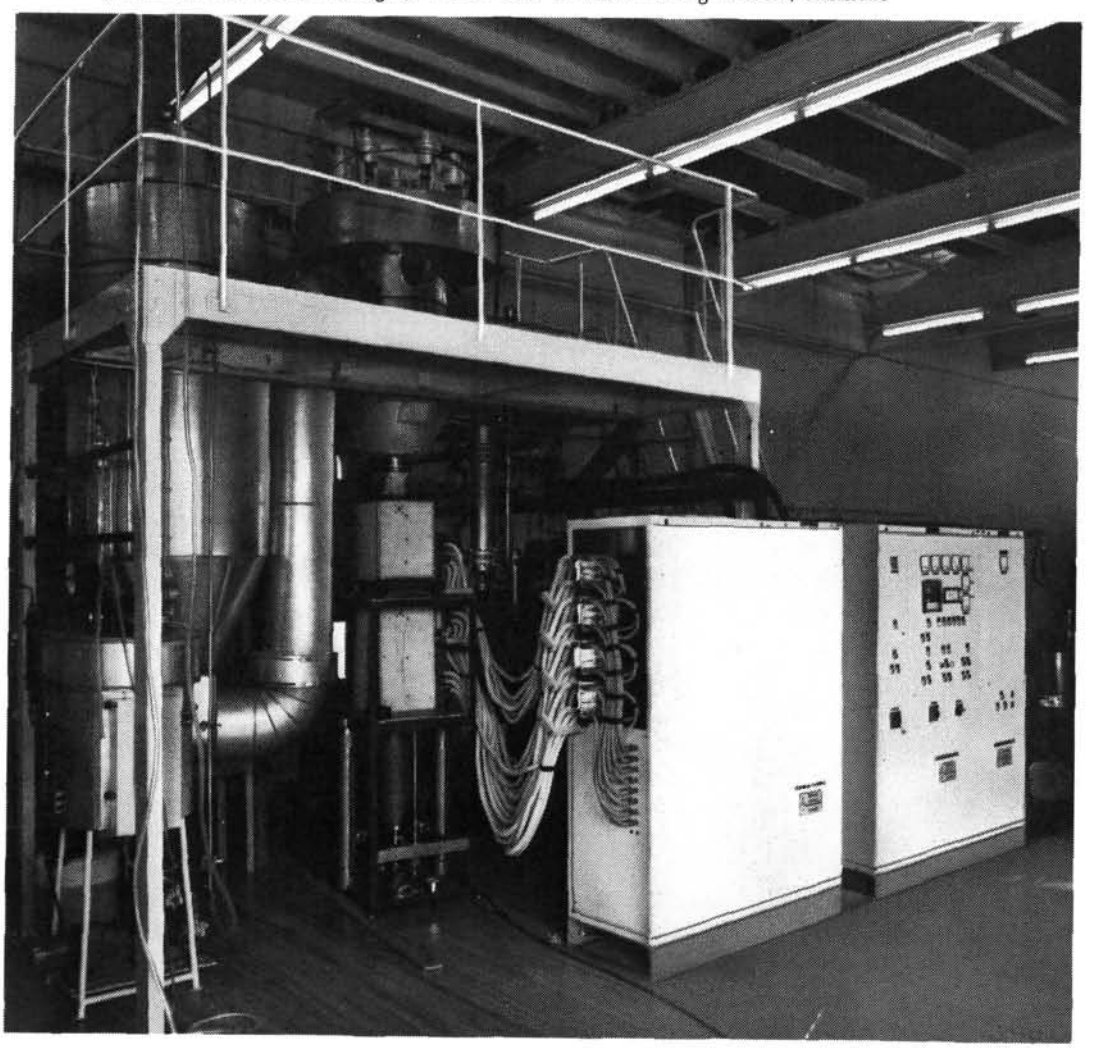
Choix des méthodes de gestion des déchets

On soutient fréquemment que pour la gestion des déchets radioactifs on doit choisir entre deux conceptions fondamentales : la première consiste à diluer et à disperser dans l'environne-

ment et la deuxième à concentrer, contenir et isoler. La première ne peut être utilisée que pour les déchets ne comportant que de faibles risques, lorsque la radioactivité peut être réduite à des niveaux acceptables par dilution dans l'environnement (c'est-à-dire l'air ou l'eau). Comme cette méthode peut aboutir à une certaine augmentation de la radioexposition du public, elle ne peut être appliquée qu'après une évaluation judicieuse des risques, en tenant compte de facteurs tels que les mécanismes de dispersion, la concentration possible par des processus chimiques ou physiques et les voies possibles par lesquels la radioactivité pourrait revenir à l'homme.

Avec la méthode qui consiste «à concentrer, contenir et isoler», il n'y a actuellement aucune radioexposition du public en général. Cette méthode est utilisée principalement pour les déchets solides de toute nature, mais aussi pour les déchets liquides des hautes activités provenant du retraitement chimique des combustibles nucléaires irradiés. Un confinement approprié on un site de stockage convenable sont évidemment nécessaires pour exclure toute possibilité d'interaction des matières radioactives avec la biosphère, tout au moins jusqu'à ce que la décroissance radioactive ait réduit l'activité à des niveaux insignifiants.

Matériel utilisé dans la recherche sur la solidification des déchets de haute activité au Centre de recherche de Karlsruhe (République fédérale d' Allemagne). Photo : Ges. für Kernforschung m. b. H., Karlsruhe



Dans certains cas, par exemple lorsqu'on évacue des déchets de faible activité solide dans la mer, on peut choisir une combinaison des deux méthodes. Dans d'autres cas, on adopte une troisième méthode qui constitue à laisser decroître la radioactivité. Les déchets sont alors stockés (ce qui signifie qu'on a l'intention et la possibilité de les récupérer plus tard) pendant un certain temps pour permettre leur «refroidissement» par désintégration. Après quoi ils sont finalement évacués de telle manière qu'ils deviennent pratiquement irrécupérables.

Une considération importante pour fixer les règles d'évacuation des déchets est que les opérations actuelles ne doivent pas laisser de problèmes non résolus pour les générations futures. On admet que la génération qui produit les déchets est responsable des mesures à prendre pour que ces déchets soient évacués définitivement en toute sécurité. Le «stockage temporaire» ne doit donc pas avoir pour seul objet de transmettre des problèmes aux générations futures.

Traitement des déchets

Pour certaines catégories de déchets, comme les matières solides légèrement contaminées ou les déchets sous forme gazeuse ou liquide dont la teneur radioactive est très faible comparée avec la capacité de l'environnement à en recevoir, il n'est souvent pas justifié de les traiter avant évacuation. Les traitements, quand ils sont nécessaires, peuvent avoir pour objet:

— de séparer les déchets de différents degrés d'activité, afin de permettre l'évacuation de la composante de faible activité dans l'environnement;
— de donner aux déchets une forme physique qui permet leur manutention, leur stockage et leur évacuation d'une façon plus sûre, plus pratique ou plus économique;
— de réduire le volume des déchets afin de diminuer les coûts de transport ou de stockage.

Ces traitements comportent, outre la ségrégation, des procédés comme l'incinération, le compactage et l'emballage mécaniques, ou l'incorporation à du béton ou du bitume, pour les solides; des processus chimiques de précipitation, d'échange ionique, de réduction du volume par évaporation et autres, pour les liquides; et divers procédés d'épuration et de filtrage, pour les gaz.

Utilisation de l'environnement

Un problème capital en matière de gestion des déchets est de décider quelles fractions des déchets peuvent être évacuées dans l'environnement sans attendre et quelles fractions doivent d'abord être traitées ou stockées, soit temporairement soit indéfiniment. Il est donc important que les divers types de déchets soient séparés selon le traitement ultérieur auquel ils se prêtent, selon leur degré d'activité ou autres critères relatifs à leur gestion. A ce sujet, l'aptitude de l'environnement à assimiler les déchets de certaines manières constitue un facteur important.

En plus du problème immédiat de la radioprotection, une responsabilité particulière nous incombe à l'égard des générations futures. De l'air pur, de l'eau douce et des aliments convenables sont essentiels pour la vie de l'homme et pour la santé et le développement de la race humaine. Bien que l'environnement puisse absorber des déchets jusqu'à une certaine limite sans subir de dommages, sa capacité n'est pas illimitée. Une opération d'évacuation de déchets ne doit donc être entreprise qu' après une étude approfondie des effets nuisibles possibles, non seulement dans le présent, mais aussi dans l'avenir.

Plus de 99,9% de la radioactivité totale contenue dans les déchets actuellement produits, concentrée sous de faibles volumes, est stockée dans des lieux isolés de l'environnement vivant, et il est donc nécessaire de procéder à des contrôles pour assurer la ségrégation continue de ces déchets. Malheureusement, on ne dispose d'ancune moyen, tout au moins au stade actuel de la technique, pour accélérer la décroissance radioactive des substances naturelles ou artificielles.

Selon leurs caractéristiques physiques et chimiques, les radioisotopes évacués dans l'environnement se comportent de différentes manières. La dilution et la dispersion, la sédimentation, l'ingestion ou l'absorption, et la concentration dans des organismes vivants sont des processus extrêmement complexes qui diffèrent d'un élément chimique à un autre. En outre, on observe de grandes différences de comportement dans les différents milieux – air, eau de mer, eau douce et environnement agricole et souterrain. Ce sont des questions d'une importance fondamentale pour décider comment évacuer les déchets dans une situation donnée et, comme la considération essentielle doit toujours être la protection de la santé, il faut procéder à une évaluation détaillée du risque et se ménager une large marge de sécurité.

En cas d'évacuation dans l'environnement, la détermination des limites fait intervenir diverses considérations, notamment la forme, les quantités et l'activité des déchets en cause, les caractéristiques des différents radioisotopes considérés, leur comportement dans l'environnement, les conditions locales et régionales de l'environnement récepteur et de sa capacité d'absorption des déchets, et enfin, et non moins important, l'étude complète des voies par lesquelles ils pourraient revenir à l'homme. En outre, des facteurs sociaux, politiques et économiques peuvent aussi influencer la politique d'évacuation des déchets finalement adoptée.

Le problème de la gestion des déchets

Le problème posé par les déchets radioactifs provenant des travaux de recherche à l'aide de matières radioactives ne s'aggrave pas. Bien que l'utilisation des radioisotopes à des fins industrielles et autres augmente rapidement, la contribution à la production totale de déchets par la société est très faible et relativement facile à contrôler. Le problème le plus sérieux pour le présent et pour l'avenir, est celui que posent les phases industrielles du cycle du combustible nucléaire.

Bien entendu, ce n'est pas sur le site même des centrales nucléaires que se posent les problèmes de gestion des déchets qui ont une incidence sur l'environnement. Seules de petites quantités sont évacuées dans l'environnement à ce stade, et les produits de fission qui résultent de la combustion nucléiare sont retenus dans les éléments combustibles du réacteur. Mais d'importants problèmes surgissent au moment du retraitement du combustible lorsque l'on sépare les produits de fission. C'est alors que l'on doit traiter les nombreux déchets radioactifs produits et évacuer leurs composants de haute activité en veillant à les isoler de la biosphère. On y parvient aujourd'hui en toute sécurité. Des quantités substantielles de déchets de haute activité sont actuellement stockées, principalement sous forme liquide, mais l'accumulation de ces déchets posera certainement des problèmes graves pendant les décennies qui viennent et on essaie de mettre au point des méthodes de remplacement (solidification et évacuation définitive dans des formations géologiques appropriées). [La gestion des déchets radioactifs provenant des usines de traitement chimique du combustible sera étudiée à un colloque ENEA/AIEA qui se réunira à Paris en novembre prochain.]

Le passé, le présent et l'avenir

Pendant les premiers stades du développement de l'énergie nucléaire, les problèmes de gestion des déchets étaient limités à l'échelon du laboratoire et ne concernaient que les établissements relativement peu nombreux où travaillaient les chercheurs. Mais dès cette époque, il y a plus de 20 ans, les risques inhérents à la gestion des déchets étaient bien compris et plusieurs principes furent établis bien avant que le besoin de les appliquer à l'échelon industriel se fasse sentir. Il y a eu une certaine collaboration entre les pays, mais elle était en général limitée à des échanges de documentation et à la confrontation des expériences, les autorités nationales ayant tendance, pour la réglementation et le contrôle, à appliquer leurs propres normes qui correspondaient aux situations particulières à chaque cas. Les recommandations de

la CIPR furent néanmoins acceptées comme base pour évaluer la sécurité des rejets de radioactivité dans l'environnement de l'homme.

Le développement continu de la collaboration internationale qui a suivi ces premiers stades a contribué à augmenter nos connaissances sur les aspects nombreux et variés de la technologie de la gestion des déchets. Cet accroissement des connaissances est en partie la raison pour laquelle, en dépit des nouveaux centres nucléaires créés au cours des dix dernières années et de l'augmentation importante des utilisations des matières radioactives à diverses fins, on n'a pas constaté une augmentation inacceptable de la contamination de l'environnement par la radioactivité. L'objectif pour l'avenir devrait être maintenant de nous efforcer de maintenir cette situation.

Les méthodes de gestion des déchets gazeux, liquides et solides provenant de diverses sources, ainsi que les critères fondamentaux à appliquer pour l'évacuation dans le sol et dans la mer, ont été étudiés en détail à plusieurs occasions et il existe un grand nombre de publications sur la question. Dans ce court article, il n'est pas possible de développer ces sujets, mais certaines des publications les plus récentes sont indiquées dans la bibiliographie.

On doit cependant mentionner tout particulièrement une étude récente entreprise pour l'Europe occidentale [dernier ouvrage cité], qui a montré que les pratiques de gestion des déchets radioactifs ont été établies sur la base de principes fondamentaux sains et qu'elles correnspondent à des normes reconnues sur le plan international. Les autorités de la santé publique des pays intéressés ont été dotés de moyens efficaces, objectifs et généralement acceptés qui leur permettent de réglementer les pratiques de gestion des déchets radioactifs dans l'intérêt général et il est clair que le développement optimal de l'énergie nucléaire ne doit pas être entravé par les problèmes de gestion de déchets radioactifs qu'il pose. Il n'en reste pas moins vrai cependant, qu'une coopération internationale étroite sera nécessaire pour résoudre les problèmes posés par la protection de l'environnement régional, par l'évacuation dans la mer, par l'emploi des cours d'eau internationaux et par le groupement éventuel de pays voisins pour résoudre leurs problèmes de gestion de déchets radioactifs.

BIBLIOGRAPHIE

1. Rapport du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants, Comptes rendus officiels de l'Assemblée générale : 17ème session. Supplément No 16 (A/5216), ONU, New York (1962).
2. Radioactivity in the Marine Environment, Académie nationale des sciences, Conseil national de la recherche, Washington, D.C. (1971).
3. Progrès accomplis dans la gestion des déchets radioactifs de basse activité et d'activité intermédiaire, Compte rendu d'un colloque organisé conjointement par l'AIEA et l'ENEA, AIEA, Vienne (1970).
4. Evacuation des déchets radioactifs dans le sol, Compte rendu d'un colloque organisé conjointement par l'AIEA et l'ENEA, AIEA, Vienne (1967).
5. Opération d'évacuation des déchets radioactifs dans l'océan Atlantique (1967), Rapport de l'ENEA, OCDE, Paris (1968).
6. Pratiques de la gestion des déchets radioactifs en Europe occidentale, Rapport d'un groupe d'experts de l'ENEA, OCDE, Paris (1972).