

ELIMINATION DES DECHETS RADIOACTIFS

L'élimination de quantités toujours plus importantes de déchets radioactifs constitue peut-être l'un des plus sérieux problèmes que pose l'utilisation croissante de l'énergie atomique à des fins pacifiques. De nombreux aspects de ce problème complexe ont été examinés à la Conférence scientifique sur l'élimination des déchets radioactifs organisée à Monaco, du 16 au 21 novembre 1959, par l'AIEA et l'UNESCO, avec la collaboration de la FAO.

Dans l'allocution qu'il a prononcée à la séance d'ouverture de la Conférence, M. Sterling Cole, Directeur général de l'AIEA, a déclaré que le terme "déchets radioactifs" n'était pas très heureux; en effet, si l'on ne connaît pas actuellement d'utilisation de ces matières, il n'est pas exclu que l'on finisse par en trouver. Il semblerait donc plus indiqué de voir là un problème d'entreposage plutôt que d'élimination. La Conférence de Monaco, a ajouté M. Cole, a rassemblé des spécialistes de maintes disciplines et de nombreux pays et leur a fourni l'occasion de mettre en commun leurs compétences dans un effort collectif visant au bien de l'humanité.

M. Vittorino Veronese, Directeur général de l'UNESCO, a souligné l'importance du problème pour la santé et l'avenir génétique de l'homme. Les progrès extraordinaires de la science posent à l'homme de nouveaux problèmes, mais les savants ont conscience des tâches et responsabilités nouvelles qui leur incombent.

Origine et nature des déchets

Les déchets radioactifs proviennent du fonctionnement des réacteurs, du traitement des combustibles nucléaires usés et de l'utilisation des radioisotopes dans l'industrie, la médecine, l'agriculture et la recherche, le traitement des combustibles usés produisant le plus gros volume de déchets. Il ne faut pas oublier que les produits de fission sont radioactifs. On peut parfois en extraire des radioisotopes utiles; on peut aussi récupérer des produits fissiles, comme le plutonium, dans la portion du combustible qui n'a pas subi de fission. On étudie actuellement les moyens de tirer le meilleur parti de ces produits terminaux du fonctionnement des réacteurs; néanmoins, la plus grande partie des produits radioactifs constitue des déchets qu'il faut éliminer.

Ces déchets peuvent être solides, liquides ou gazeux; on les classe généralement en différentes catégories selon leur degré de concentration et de radioactivité: déchets de faible, moyenne ou forte activité. L'élimination peut se faire dans le sol, dans l'eau ou dans l'atmosphère.

Quelle que soit la méthode d'élimination adoptée, il faut tenir compte du fait que certains produits

radioactifs peuvent revenir dans le milieu ambiant ou même s'introduire dans l'organisme humain. L'élimination sans danger des déchets est en somme une procédure visant à ce que le niveau de radioactivité des déchets atteignant l'homme ne dépasse pas les doses admissibles. Les recommandations de la Commission internationale de protection radiologique constituent un guide précieux, mais elles ne peuvent pas être appliquées directement à l'élimination des déchets, car la radioactivité libérée par les déchets atteint rarement l'homme d'une manière directe. La sécurité dans ce domaine dépend non seulement de la nature et des quantités de produits en cause, mais aussi du comportement de ces produits dans les différents types de milieu et de la façon dont l'homme est en contact avec ce milieu.

D'une façon générale, le problème de l'élimination peut être résolu de deux manières: les déchets peuvent être dilués et dispersés de telle sorte que les rayonnements auxquels chaque individu sera exposé soient négligeables; les déchets peuvent être concentrés et isolés d'une façon permanente de l'homme et du milieu ambiant.

Elimination dans le sol

Diverses méthodes d'élimination des déchets radioactifs dans le sol ont été décrites à la Conférence de Monaco. Leur gamme s'étend de l'élimination des déchets liquides dans des puits ou des

Séance inaugurale de la Conférence de Monaco



fosses, en des lieux soigneusement choisis, à l'enfouissement permanent des produits de forte radioactivité à de grandes profondeurs dans les couches géologiques appropriées. Lorsque l'on désire stocker des produits, il faut d'abord réduire leur volume à des proportions que l'on puisse manipuler aisément. Si les déchets sont liquides, ils doivent être concentrés; s'ils sont solides, ils doivent être comprimés avant d'être enfermés dans des récipients. Les liquides d'activité moyenne peuvent, par exemple, être mélangés à du ciment dans des barils qui sont entassés et enfermés hermétiquement dans des tranchées en ciment armé. Les solides d'activité moyenne peuvent aussi être placés dans des tranchées en béton, mais les solides de forte activité seront enfouis dans des trous aux parois d'acier ou de ciment.

On a mis au point diverses méthodes pour emmagasiner les déchets liquides dans des réservoirs souterrains. On étudie actuellement la possibilité d'utiliser, comme lieux d'évacuation, des cavités naturelles ou artificielles, dans les gisements salins naturels. Cette méthode présente plusieurs avantages. On peut citer les suivants: le sel est imperméable; les dépôts salins sont nombreux et bien répartis; la conductibilité thermique du sel, relativement élevée, permet la diffusion de la chaleur produite par les matières radioactives; il est facile de creuser des cavités dans les gisements. Lorsque le volume des déchets de faible ou de moyenne activité est trop important pour qu'on puisse envisager un entreposage permanent ou un traitement de décontamination, l'évacuation dans des couches géologiques profondes telles que le grès peut être une solution économique et sans danger. Dans ce cas, il faut sans doute prévoir un système de puits d'injection.

De nombreux experts préconisent la transformation des déchets liquides en solides. Ils avancent un certain nombre d'arguments: les solides sont moins mobiles que les liquides et leur retour dans le milieu ambiant de l'homme sera plus difficile; la réduction du volume facilite l'élimination; les solides corrodent moins les récipients de stockage; enfin, on sépare plus facilement les produits de fission utiles à partir des solides.

Lorsque les déchets de forte activité sont enfouis, il faut penser pendant les premières années à disperser la chaleur engendrée par les produits radioactifs.

L'élimination par incorporation des produits de fission hautement radioactifs dans du verre que l'on enfouit ou que l'on stocke dans des souterrains a également été examinée à la Conférence de Monaco. La quantité de radioactivité libérée dépend de la composition du verre, mais elle décroît de toute façon avec le temps.

Quelle que soit la technique employée pour l'enfouissement, le choix des emplacements et des méthodes est essentiellement un problème géologique. Parmi les questions qui doivent être examinées à cet égard, figurent les processus suivant lesquels les déchets se fixent dans le sol ou dans les formations rocheuses. Un problème d'hydrologie se pose également, car c'est la circulation de l'eau

qui permet le retour des déchets enfouis dans le milieu ambiant.

Evacuation des déchets dans l'eau

Le problème de l'élimination des déchets se pose d'une manière très différente suivant qu'ils sont déchargés dans les cours d'eau, les ports, le plateau continental ou en haute mer. Il a, par exemple, été signalé à Monaco que l'élimination des déchets dans des mers fermées ou intracontinentales comme la mer Baltique soulève des difficultés particulières.

Les déchets déversés dans les cours d'eau proviennent en majeure partie des installations d'énergie atomique. Toutefois, ces installations exercent un contrôle rigoureux sur tous leurs effluents. Des échantillons d'eau sont régulièrement prélevés sur les effluents et examinés avant que ces effluents ne soient rejetés dans les cours d'eau des alentours; des mesures sont prises pour les détourner vers des bassins de retenue au cas où leur radioactivité s'élèverait accidentellement. En ce cas, l'eau contaminée est traitée et débarrassée des matières radioactives avant d'être évacuée dans les cours d'eau.

D'autre part, les eaux usées et les autres effluents radioactifs sont dirigés sur différentes installations de traitement suivant leur taux de radioactivité. Le filtrage, le traitement chimique, l'échange d'ions et d'autres méthodes permettent d'abaisser la radioactivité de l'eau à un taux tel que l'évacuation dans un cours d'eau ne puisse pas présenter de danger pour la population. Les effluents radioactifs déversés dans un cours d'eau sont dilués et dispersés; une grande partie de la radioactivité est réduite par désintégration des radioisotopes de courte période. En même temps, une fraction des matières radioactives est séparée de l'eau par dépôt et par l'action d'organismes biologiques. Ainsi, l'eau utilisée pour le refroidissement des réacteurs de Hanford (Etats-Unis), qui est déversée dans la Columbia, est suffisamment décontaminée pour pouvoir entrer dans un système municipal d'adduction d'eau, environ 55 kilomètres en aval de l'emplacement des réacteurs.

L'évacuation sans danger de matières radioactives dans la mer repose essentiellement sur le même critère que les autres modes d'élimination: limitation des doses de radioactivité à des niveaux admissibles. Sauf dans les cas de forte contamination, d'origine accidentelle, le retour des matières radioactives à l'homme se fera principalement par l'intermédiaire du cycle biologique et par le processus de la circulation de l'eau dans la nature. De nombreux processus physiques, chimiques et biologiques influent sur la répartition des matières radioactives et sur leur retour à l'homme, notamment la précipitation de l'eau sous forme de pluie et la sédimentation, la concentration et le transport de ces matières par des organismes vivants. Il convient d'analyser dans le détail ces différents processus

avant qu'un point donné de la mer puisse être utilisé sans danger pour l'élimination des déchets.

On attache une grande importance aux eaux côtières, aux ports et aux estuaires. C'est là en effet qu'il est le plus commode d'immerger les déchets de faible activité provenant d'installations nucléaires à proximité des côtes. Des accidents de navires à propulsion nucléaire risquent aussi de se produire dans ces endroits. En même temps, ce sont des zones qui comptent de nombreux lieux de pêche et stations balnéaires. Pour évaluer les risques résultant de l'évacuation des déchets dans ces zones, il faut également tenir compte du régime alimentaire de la population locale.

En haute mer, le plancton peut jouer un grand rôle dans le transport des matières radioactives. On a constaté, par exemple, que dans la partie centrale de l'Océan Pacifique la concentration de la radioactivité provenant de la retombée dans le plancton est en moyenne près de 500 fois supérieure à la concentration dans l'eau. Par contre, des zones étendues de la haute mer constituent des déserts biologiques où la pêche n'est guère rémunératrice et où l'on peut donc tolérer des quantités plus importantes de matières radioactives. Par conséquent, il serait peut-être nécessaire d'entreprendre des recherches pour délimiter les zones de pêche présentes et éventuelles. Etant donné que la faculté qu'ont les organismes marins d'accumuler des radioisotopes est sélective, la sécurité de l'évacuation des déchets dépendra non seulement de la nature des déchets, mais aussi des espèces d'organismes présentes. Par exemple, certains mollusques fixent le radiocésium, mais ne fixent le strontium que dans leurs coquilles. Il en est de même de nombreuses espèces de crustacés et de poissons de mer, chez lesquelles le radiostrontium s'accumule à de fortes doses dans les coquilles, les arêtes et les écailles, mais non dans la chair comestible. D'autre part, le radiocésium se concentre à des doses très élevées dans les tissus musculaires.

Certaines zones de la haute mer ont été utilisées pour y décharger des déchets radioactifs sous emballage. D'après certains experts, cette méthode offre une sécurité absolue, tandis que d'autres affirment qu'il faut encore entreprendre des recherches sur la circulation, le mélange et la sédimentation dans les eaux profondes, sur les taux d'échange entre les profondeurs marines et les couches supérieures et sur le transfert d'éléments des couches profondes aux couches de surface par voie de migration des organismes.

Evacuation dans l'air

Les déchets gazeux, provenant notamment du traitement des cartouches de combustible irradiées, comprennent des produits de fission gazeux et des particules radioactives en suspension dans l'air ou dans d'autres gaz. La présence de déchets dans l'atmosphère pose deux problèmes nettement distincts : la pollution de l'air dans le voisinage immédiat d'une usine atomique ; la pollution généralisée,

à long terme, qui constitue un danger pour le monde entier. On a fait de nombreuses recherches dans le passé sur la pollution à court terme de l'air par des déchets non radioactifs, tels que les fumées de charbon et l'anhydride sulfurique. Ces recherches ont fourni des données satisfaisantes, dont certaines peuvent s'appliquer également aux déchets radioactifs. De même, l'étude de la retombée à la suite des essais nucléaires a donné de précieux enseignements sur les grands courants de circulation dans l'atmosphère.

Toutes les données disponibles, sur la pollution à court terme comme sur la pollution à long terme, montrent la nécessité de réduire le plus possible les taux d'émission de déchets radioactifs gazeux. Les progrès continus touchant les techniques d'épuration de l'air - filtrage et traitement chimique - permettent de limiter la pollution de l'air. En fait, on a pu dire que le problème de l'élimination des déchets gazeux et en suspension dans l'air est beaucoup plus près d'être résolu que celui des déchets liquides.

Ampleur du problème

Pour des considérations de sécurité et d'économie, le choix des emplacements et des méthodes d'évacuation dépend non seulement de la nature des déchets et du milieu, mais aussi dans une grande mesure des quantités de déchets à évacuer. Il est donc très important d'évaluer les quantités de matières radioactives qui devront être évacuées comme déchets.

Etant donné que les déchets radioactifs proviennent en majeure partie du traitement des cartouches de combustible irradiées, leur volume sera essentiellement fonction de l'importance des industries nucléaires. Il est donc difficile de faire des prévisions fermes pour une période de plus de dix ans. Certains chiffres se rapportant à divers pays permettent de donner une idée de l'ordre de grandeur du problème. Aux Etats-Unis, on estime que les centrales nucléaires auront produit environ 3 milliards de curies contenus dans 27 millions de litres de solution en 1970 et 60 milliards de curies contenus dans 1,1 milliard de litres de solution en l'an 2000. A cette époque, 88 pour cent des produits de fission dangereux qui auront été fabriqués se trouveront dans le système d'élimination des déchets. Dans un rapport canadien, il est dit que de 1946 à 1957 on a immergé au large de la côte de Californie plus de 16 000 barils de 230 litres environ, remplis de déchets de faible radioactivité. A Harwell (Angleterre), on réduit le plus possible le volume des déchets solides contaminés - matériaux de construction, vêtements de protection, équipement de laboratoire, cadavres d'animaux, etc. - avant de les stocker ou de les évacuer dans la mer. Leur volume total est d'environ 3 200 pieds cubes par semaine et leur poids d'environ 29 tonnes.

La manipulation et le transport de grandes quantités de déchets radioactifs soulèvent aussi un grand nombre de difficultés en raison des risques d'irradiation et de contamination. Ce facteur doit être pris en considération lors du choix de l'emplacement des installations d'énergie atomique. Il

exige, en outre, que l'on établisse des règlements appropriés et que l'on organise et entraîne des équipes spécialisées dans l'enlèvement et le transport des déchets.

Enfin, la présence, le transport, l'entreposage et l'élimination de matières radioactives soulèvent un grand nombre de problèmes d'ordre administratif et juridique, sur le plan local, national et international. Tout d'abord, il paraît essentiel de mettre au point et de promulguer des normes et critères appropriés. Il faut que les autorités compétentes, avant d'autoriser l'évacuation des déchets, évaluent les taux de concentration admissibles. Ensuite, les zones d'évacuation doivent être soumises à un contrôle continu.

Bilan des discussions

De nombreux experts présents à la Conférence de Monaco ont estimé que la plupart des méthodes, proposées ou effectivement appliquées, d'élimination des déchets sont compatibles avec les exigences de la sécurité. Toutefois, certains experts ont pensé que plusieurs de ces méthodes présentent peut-être quelques dangers. C'est ainsi, en particulier, que l'évacuation dans la mer pourrait comporter certains risques. Mais tous les participants semblent avoir admis qu'il faudra encore de longues recherches pour mettre au point des méthodes d'élimination plus efficaces et plus économiques et pour acquérir une meilleure connaissance des conséquences des divers types d'opérations d'élimination, en raison surtout des quantités croissantes de déchets qui seront produites au fur et à mesure que l'industrie nucléaire se développera.

Faisant le point des discussions, M. Tait, Directeur de la Division de la santé, de la sécurité et de l'élimination des déchets (Secrétariat de l'AIEA), a déclaré à la séance de clôture que, quelles que soient les méthodes d'élimination adoptées, leur objectif primordial doit être de ne pas comporter de dangers pour l'homme, dans l'immédiat ou à longue échéance. Il s'est exprimé en ces termes : "Indépendamment de nos divergences de vues, nous sommes tous d'accord sur un point : nous devons faire de l'ère atomique un âge sans péril." La généralité des participants semblent aussi avoir admis qu'en raison de la très grande diversité des déchets - en quantité aussi bien qu'en qualité - il n'existe pas de méthode ou d'ensemble de procédés universellement applicables pour leur élimination. La Conférence, a dit encore M. Tait, a utilement contribué à faire prendre conscience aux participants de l'importance des divers problèmes et des résultats obtenus par les chercheurs dans d'autres domaines. M. Tait a souligné que les divergences de vues étaient souvent

plus apparentes que réelles et reposaient moins sur des différences de principe ou de conception que sur la difficulté de définir certaines notions. A cet égard aussi, plusieurs points importants sont maintenant acquis ; tous les participants ont été d'avis que les méthodes d'élimination, quelles qu'elles soient, doivent à tout le moins respecter les doses maximales admissibles. M. Tait a ajouté : "Les doses de radioactivité auxquelles l'homme est exposé du fait des applications pacifiques sont encore négligeables, mais nous savons tous quels effets destructifs a entraînés pour l'homme et son milieu la révolution industrielle qu'il a lui-même lancée. Nous sommes au début d'une nouvelle révolution, l'avènement de l'ère atomique. Le caractère approfondi de nos discussions sur l'élimination des déchets radioactifs et le soin que nous leur avons consacré montrent que nous n'oublions pas cette leçon et que nous sommes décidés à empêcher les erreurs commises dans le passé de se reproduire".

La Conférence a réuni plus de 300 experts venant de 32 pays et de 11 organisations internationales.

Exposition de photographies, organisée à Vienne au cours de la troisième session de la Conférence générale, ayant pour thème le développement de l'énergie atomique dans les Etats Membres de l'Agence

