

PERSPECTIVES POUR UNE GESTION INTEGREE  
DES DECHETS DE L'INDUSTRIE NUCLEAIRE

J.P. Olivier

Agence de l'OCDE pour l'Energie Nucléaire

1. INTRODUCTION

La première Conférence Nucléaire Européenne organisée à Paris avait pour thème la "Maturité de l'Energie Nucléaire". Tous les aspects relatifs à la production d'électricité d'origine nucléaire étaient inscrits au programme, y compris les questions liées à la gestion des déchets radioactifs. Dans l'esprit des organisateurs, le thème de la maturité choisi pour cette conférence correspondait très probablement au fait que la contribution du nucléaire à la production totale d'électricité des pays développés était devenue significative, voire même indispensable désormais, compte tenu de l'évolution générale sur le plan des ressources et des approvisionnements en énergie. Les réacteurs nucléaires fonctionnent en effet de façon relativement satisfaisante et leur nombre ne cesse de croître. La puissance installée dans les pays de l'OCDE sera de l'ordre de 150 GWe environ en 1980. Cependant, en ce qui concerne la partie terminale du cycle du combustible nucléaire, c'est-à-dire le retraitement des combustibles irradiés, le recyclage éventuel du plutonium et la gestion des déchets radioactifs, il semble qu'il soit encore prématuré de parler véritablement de maturité. Très peu de combustibles provenant de réacteurs à eau légère ont été retraités à ce jour, et l'on ne dispose par conséquent que d'une expérience relativement limitée pour ce type de combustible à taux de combustion élevé. Les aspects essentiels de la gestion des déchets radioactifs étant étroitement liés à ces opérations de retraitement, la mise au point de politiques générales dans ce domaine n'a pas encore véritablement présenté de caractère d'urgence dans la plupart des pays. Toutefois, cette situation est susceptible d'évoluer assez rapidement, notamment sous l'influence du public, et il convient d'envisager dès à présent quelles pourraient être les perspectives d'une gestion intégrée des déchets radioactifs dans le contexte d'un cycle du combustible nucléaire ayant atteint son plein développement industriel.

2. LA GESTION ACTUELLE DES DECHETS

Les travaux de recherche et de développement qui ont été effectués depuis une trentaine d'années ont permis d'accumuler des connaissances considérables en matière de traitement et de stockage des divers types de déchets radioactifs. Le problème des effluents gazeux et liquides qui sont rejetés dans l'environnement a constitué l'une des premières priorités à cet égard et l'on peut considérer

qu'il est à l'heure actuelle pratiquement résolu, dans la mesure où les doses d'exposition qui en résultent pour le public, restent à un niveau très faible. Toutefois, il conviendra, le moment venu, de limiter les rejets gazeux effectués par les installations de retraitement des combustibles irradiés. Le problème des effluents ne sera en fait pas traité dans cet exposé qui sera consacré au problème des déchets qui ne sont pas dispersés dans l'environnement.

## 2.1. Traitement, conditionnement et stockage des déchets

On peut affirmer désormais que les méthodes mises au point pour le traitement et le stockage des déchets radioactifs permettent de réaliser ces opérations de façon sûre et relativement économique pour la plupart des différents types de déchets produits. C'est le cas notamment des déchets produits par les réacteurs de puissance (quelques centaines de  $m^3$ /an par réacteur) dont on réalise le conditionnement par incorporation dans du béton ou du bitume. De nouvelles méthodes sont également mises au point pour l'incorporation de ces déchets dans des résines thermodurcissables ou des ciments imprégnés de polymères. Les déchets ainsi conditionnés sont en général stockés sur le site même des réacteurs avant leur évacuation.

En ce qui concerne les déchets provenant du retraitement des combustibles irradiés, la situation est plus complexe. Les déchets produits varient considérablement tant par leur niveau d'activité que par la forme sous laquelle ils sont obtenus. Des techniques de conditionnement existent pour la plupart de ces déchets, bien que certaines d'entre elles, notamment la vitrification des déchets de haute activité (quelques  $m^3$  pour la production annuelle d'un réacteur à eau légère), n'aient pas encore été expérimentées à l'échelle industrielle. Tous ces déchets sont stockés sur place de façon sûre dans l'attente d'une mise au point de solutions appropriées pour leur évacuation, ou d'un mode de conditionnement qui n'a pas encore fait l'objet de recherches suffisantes, ce qui est le cas pour les gaines de combustibles (quelques  $m^3$ ) et les déchets solides alpha (de quelques  $m^3$  à quelques dizaines de  $m^3$  pour la production annuelle d'un réacteur à eau légère).

Le conditionnement et le stockage des déchets radioactifs ont semblé jusqu'à présent être réglés le plus souvent au niveau de chaque installation nucléaire plutôt qu'au niveau national, en l'absence de politiques intégrées qui tiendraient compte aussi des questions d'évacuation.

## 2.2. Evacuation des déchets

Le traitement et le stockage sont certes une partie importante de la gestion des déchets, mais le véritable problème reste néanmoins celui de leur évacuation. A ce sujet, il convient de considérer deux grandes catégories de déchets radioactifs : d'une part, ceux contaminés essentiellement

par des produits d'activation et de fission dont la période radioactive n'exécède pas quelques dizaines d'années et dont la contamination en émetteurs alpha est nulle ou pratiquement négligeable ; c'est le cas notamment des déchets produits par les réacteurs nucléaires. D'autre part, les déchets contaminés éventuellement par des produits d'activation et de fission mais surtout par du plutonium et d'autres émetteurs alpha de très longue vie. De tels déchets sont représentés par la plupart de ceux provenant des installations de retraitement et de fabrication des combustibles au plutonium.

Pour la première catégorie de déchets qui sont en général d'activité faible ou moyenne, on dispose de deux méthodes d'évacuation qui sont relativement éprouvées et déjà appliquées à une échelle importante. Il s'agit de l'enfouissement dans le sol, près de la surface ou en profondeur, et du rejet en mer. Dans le premier cas, il convient d'assurer grâce au conditionnement des déchets et aux caractéristiques hydro-géologiques du site d'enfouissement, un confinement de la radioactivité sur des périodes de quelques centaines d'années. Dans le deuxième cas, la sécurité du rejet en mer n'est pas fondée sur le confinement de la radioactivité mais plutôt sur son relâchement partiel et progressif dans les masses d'eaux océaniques qui assurent ensuite une dispersion et une dilution à des niveaux négligeables.

Pour la seconde catégorie de déchets, c'est-à-dire ceux contaminés par les émetteurs alpha, le problème de l'évacuation et de l'élimination définitive est tout autre puisque leur toxicité va persister dans le temps sur des périodes qui peuvent s'étendre sur plusieurs centaines de milliers d'années. La mise au point de solutions à ce problème est de ce fait particulièrement délicate et la seule alternative possible à l'heure actuelle consiste à les stocker.

### 3. ELIMINATION DEFINITIVE DES DECHETS A VIE LONGUE

Le stockage des déchets à vie longue n'est évidemment qu'une solution provisoire. La recherche de solutions définitives se poursuit activement dans plusieurs directions dans le but d'éviter de transmettre aux générations futures la charge de la gestion de ces déchets et, en même temps, de faire en sorte que les solutions que l'on adoptera ne puissent avoir de conséquences graves à long terme.

La solution la plus étudiée et la plus avancée consiste à évacuer les déchets radioactifs dans des formations géologiques stables susceptibles, dans les conditions les plus défavorables, de garantir un confinement des déchets sur des périodes extrêmement longues. Cette possibilité fait à l'heure actuelle l'objet de travaux de recherche importants dans la plupart des pays de l'OCDE et l'on espère

qu'elle pourra être appliquée à grande échelle vers la fin du siècle. Divers types de formations géologiques présentent des caractéristiques favorables et les programmes en cours portent aussi bien sur les formations granitiques ou argileuses que sur les formations salines dont on pensait, il y a quelques années; qu'elles étaient les plus appropriées. Outre des expériences in situ ayant pour but de rassembler des données de base sur le milieu géologique lui-même, les programmes de recherches accordent une place de plus en plus grande aux études théoriques et aux modèles mathématiques pour évaluer l'importance des phénomènes éventuels de rupture du confinement géologique et de la migration résultante de la radioactivité. De telles études visant à démontrer la sécurité et le bien-fondé du concept d'évacuation en formations géologiques stables font l'objet d'une coopération très étroite sur le plan international.

Une autre méthode d'évacuation qui suscite un intérêt de plus en plus grand sur le plan international, consisterait à placer les déchets radioactifs à vie longue sous le fond de l'océan où ils seraient confinés dans des couches de sédiments ou d'autres couches géologiques appropriées. Il ne s'agirait pas, comme dans le cas des déchets de faible et moyenne activité qui sont actuellement rejetés en mer, de compter sur le potentiel de dispersion et de dilution des masses d'eaux océaniques, mais bien effectivement de réaliser un confinement aussi parfait que possible de ces déchets dans les formations sous-marines, en tirant parti de leur stabilité et de leur potentiel de rétention des ions radioactifs. La mise au point de la technologie nécessaire, de même que les études de sécurité, demanderont de toute évidence une période assez longue avant qu'il ne soit possible d'envisager une évacuation réelle de déchets dans de telles conditions.

D'autres techniques plus sophistiquées sont également envisagées, telle que l'évacuation dans l'espace ou la transmutation des radio-nucléides à vie longue. Cette dernière méthode semble a priori la plus intéressante mais elle suppose la séparation préalable et la concentration des émetteurs alpha, ce qui soulève des problèmes technologiques considérables et il n'est pas certain qu'une telle opération s'avère finalement rentable sur le plan de la sécurité aussi bien que sur le plan économique. De toute façon, des études se poursuivent également sur ces différentes possibilités.

#### 4. EVOLUTION DE LA GESTION DES DECHETS

La situation présente caractérisée par des mesures provisoires pour des catégories de déchets les plus critiques ne pourra pas se prolonger indéfiniment compte tenu, d'une part, de l'accroissement considérable du volume des déchets produits et, d'autre part, des pressions diverses qui visent

à la mise sur pied rapide de solutions au problème des déchets. Il conviendra donc d'organiser la gestion future des déchets de façon telle qu'elle soit sûre non seulement pour les générations actuelles, ce qui est déjà le cas, mais aussi qu'elle n'hypothèque pas l'avenir, tout en restant relativement économique. Des mesures devront donc être prises tant au plan national qu'international pour que la gestion des déchets soit, d'une part, intégrée au maximum dans le cadre des activités nucléaires, c'est-à-dire qu'elle tienne compte de tous les impératifs d'ordre sanitaire, technique et économique qui pèsent sur l'industrie nucléaire et, d'autre part, qu'elle soit convenablement réglementée, notamment pour tenir compte des risques potentiels à très long terme.

Sur le plan national, il conviendra de promouvoir des méthodes de traitement compatibles avec les conditions de stockage et d'évacuation envisagées pour les déchets. Il conviendra en particulier de se préoccuper en premier lieu de l'évacuation des déchets produits par les réacteurs et de choisir des méthodes de traitement permettant d'obtenir des produits adaptés soit à l'enfouissement dans le sol, soit au rejet en mer. Compte tenu de l'importance des volumes de déchets de faible et moyenne activité résultant de l'exploitation des réacteurs ainsi que des contraintes relativement modestes imposées pour l'évacuation de la plupart d'entre eux, chaque pays aura vraisemblablement intérêt à rechercher une solution nationale. Il semble en effet inutile, sauf pour le rejet en mer, d'envisager une solution internationale pour ce type de déchets.

Sur le plan international, le problème le plus important est lié au fait qu'un petit nombre de pays seulement procéderont, pendant un certain temps tout au moins, au retraitement des combustibles irradiés disponibles sur le marché international. En l'absence de solution pour l'évacuation des déchets de haute activité, ces pays se réservent pour l'instant la possibilité de retourner ces déchets aux pays d'origine des combustibles irradiés. Une telle politique serait susceptible d'entraîner une prolifération des transports et des sites de stockage et d'évacuation pour les déchets de haute activité, ce qu'il serait probablement souhaitable d'éviter pour des raisons de sécurité. Un moyen d'y remédier pourrait être de faire appel à des solutions internationales pour l'évacuation des déchets de haute activité et des déchets alpha en utilisant par exemple des formations géologiques particulièrement appropriées pour la création de sites internationaux. La situation relative au retraitement du combustible irradié et les doutes qui ont été émis récemment quant au bien-fondé de ce retraitement, ainsi que les difficultés politiques prévisibles ne permettent pas d'envisager toutefois un progrès rapide dans ce domaine. Il n'en reste pas moins que ces problèmes devront être abordés tôt ou tard au niveau international de façon

qu'ils puissent être réglés dans l'intérêt de tous les pays, qu'ils soient ou non exploitants d'usines de retraitement.

##### 5. POLITIQUES PREVISIBLES

Les politiques qui devront découler d'une organisation plus intégrée de la gestion des déchets radioactifs, seront fondées en premier lieu sur une définition plus précise des responsabilités des gouvernements et de l'industrie nucléaire. D'une façon générale on considère que le problème de la gestion à long terme des déchets ne peut être réglé sans les garanties les plus élevées sur le plan de la sécurité, c'est-à-dire en pratique sans un contrôle gouvernemental aussi efficace que possible. L'évacuation des déchets ne pourra en particulier s'effectuer que sous la responsabilité directe des gouvernements qui s'assureront de la sécurité de ces opérations, du maintien d'archives et d'une surveillance appropriée des sites d'évacuation aussi longtemps qu'il sera nécessaire. Il n'est pas possible, sur des périodes de l'ordre de milliers et à fortiori de centaines de milliers d'années, d'envisager le maintien d'un contrôle sous une forme quelconque. Cependant, dans la mesure où un contrôle est souhaitable pendant une certaine période, la seule alternative possible est effectivement qu'il soit exercé par les gouvernements.

Dans de telles conditions, les responsabilités des firmes industrielles exploitant des installations nucléaires seraient limitées à la gestion à court terme des déchets radioactifs. Les exploitants des installations nucléaires auraient essentiellement pour tâche de traiter les déchets, de les stocker provisoirement, puis de les transporter dans des délais appropriés vers des sites d'évacuation gérés par les autorités gouvernementales. Ainsi, dans le cas des déchets de haute activité, les exploitants des installations de retraitement seraient responsables du traitement et de la solidification des déchets ainsi que de leur transport jusqu'aux sites d'évacuation, les autorités gouvernementales prenant ensuite la relève pour assurer la pérennité et la sécurité du confinement dans les formations géologiques choisies.

Le coût des opérations d'évacuation des déchets radioactifs qui n'intervient en général que longtemps après la production, n'est pour l'instant pas prévu dans les mécanismes de financement des diverses opérations liées à l'énergie nucléaire. Les ressources nécessaires aux activités de recherche et de développement ainsi qu'aux opérations d'évacuation des déchets de haute activité seront cependant considérables, même si l'on s'accorde à penser que le coût de gestion des déchets ne dépassera pas 1 % du coût total de production de l'électricité d'origine nucléaire. Il conviendra donc vraisemblablement de prévoir des mécanismes qui permettront d'assurer un financement

approprié de la gestion à long terme des déchets radioactifs, compte tenu notamment du fait que les opérations d'évacuation pourront intervenir seulement une décennie ou plus après la production des déchets. A ce sujet, il a déjà été envisagé de prélever une taxe éventuelle au niveau de la production d'électricité en vertu du principe "pollueur-payeur", cette taxe servant à alimenter un fonds destiné à financer les opérations d'évacuation ultérieure.

De telles dispositions d'ordre administratif et juridique doivent évidemment s'appuyer sur des considérations techniques et économiques valables, et il conviendra bien entendu de poursuivre les travaux de recherche et de développement en cours dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs. A ce sujet, les mécanismes envisagés pour le financement de la gestion des déchets pourraient également être utilisés pour le financement de ces travaux de recherche et de développement. Le problème du déclassement et du démantèlement des installations nucléaires pose à cet égard des problèmes similaires.

Des accords internationaux semblent enfin inéluctables notamment en ce qui concerne les déchets radioactifs à longue vie, et la mise au point ainsi que l'application de solutions d'évacuation pour ces déchets dans le cadre de collaborations régionales. Il semble en tout état de cause que de tels accords ne pourraient être que le prolongement logique de ceux déjà existants ou à mettre sur pied en ce qui concerne le cycle du combustible nucléaire dans son ensemble et en particulier les approvisionnements en combustible.

## 6. CONCLUSIONS

Dans l'évolution actuelle de la situation relative aux déchets radioactifs, on constate que les problèmes "politiques" prennent une importance de plus en plus grande par rapport à la technologie et à la recherche qui étaient jusqu'alors au premier plan. Une telle évolution est révélatrice de l'importance que l'on attache au problème de l'évacuation des déchets radioactifs et traduit la volonté des autorités de mettre sur pied un cadre administratif, juridique et financier qui permette d'offrir un maximum de garanties pour l'avenir. Le problème n'en reste pas moins celui de l'évacuation des déchets et particulièrement celui des déchets contaminés par des émetteurs alpha et c'est dans ce domaine plutôt que dans celui du traitement et du stockage qu'il est nécessaire de faire porter désormais les efforts. Il existe déjà une base solide permettant de fonder des espoirs raisonnables en ce qui concerne la disponibilité de solutions appropriées et dont la sécurité serait suffisamment prouvée dans un délai de quelques dizaines d'années au maximum. Dans l'intervalle, l'industrie nucléaire dispose des moyens nécessaires pour assurer une gestion satisfaisante des déchets et les autorités ne manqueront probablement pas de mettre cette période à profit pour définir des politiques à long terme aussi bien sur le plan national que sur le plan international.