

# L'évacuation des déchets radioactifs: principes et normes radiologiques

*Aperçu de l'activité nationale et internationale en vue de formuler des critères pour l'évacuation du combustible épuisé et des déchets de haute activité*

par J.O. Snihs

Les premiers grands dépôts en profondeur pour l'évacuation définitive du combustible épuisé des centrales nucléaires ne seront probablement opérationnels que bien après le début du siècle prochain. Il faudra leur assurer un haut degré de sûreté afin de protéger l'environnement et le public contre les risques radiologiques potentiels.

S'il est vrai que les politiques nationales diffèrent quand il s'agit de classer le combustible épuisé comme déchet ou comme source recyclable de combustible, la sûreté du stockage du combustible épuisé et de l'évacuation des déchets radioactifs a été néanmoins beaucoup étudiée au niveau national et international. Rappelons notamment les critères formulés par les pays nordiques en 1989, ultérieurement révisés et publiés en 1993. Cet article en fait la synthèse dans le contexte des études internationales et nationales sur ces deux questions.

## Principaux documents internationaux et nationaux

**Les documents internationaux.** L'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques (AEN/OCDE) a publié en 1984 un rapport sur les objectifs de radioprotection à long terme pour l'évacuation des déchets radioactifs, un des premiers documents internationaux traitant des problèmes particuliers de l'évacuation des déchets radioactifs de longue période, notamment de la limitation de la dose individuelle ou du risque, de l'optimisation de la protection et de l'emploi de la dose collective pour les évaluations futures.

En 1985, la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a publié des principes de radioprotection pour l'évacuation des déchets radioactifs solides (Publication 46). Il y est question de la limitation du risque inhérent à une source, des événements probabilistes et des incertitudes pour

l'avenir. Le principe de l'optimisation devrait être appliqué, mais il n'est qu'un des facteurs du choix d'une stratégie et d'une option de gestion et d'évacuation des déchets. Une importance particulière est accordée aux considérations éthiques dans l'appréciation du détrimement futur.

Dès 1983, l'AIEA publiait un rapport proposant des critères pour l'évacuation souterraine de déchets radioactifs (Collection Sécurité n° 60), suivi en 1989 des *Principes de sûreté et critères techniques pour le stockage définitif souterrain des déchets de haute activité* (Collection Sécurité n° 99), qui tenaient compte des recommandations et commentaires contenus dans les publications de l'AEN et de la CIPR.

Le programme de l'AIEA sur les Normes de sûreté pour les déchets radioactifs (RADWASS), lancé en 1991, vise à établir un ensemble cohérent et complet de principes et de normes de sûreté pour la gestion des déchets, accompagné des directives nécessaires à leur application. Grâce aux publications RADWASS, les Etats Membres disposeront de toute la série des documents internationalement agréés par consensus, notamment de ceux sur la gestion des déchets, à savoir:

- Principes de la gestion des déchets radioactifs, Collection Sécurité de l'AIEA n° 111-F (1995);
- Mise en place d'un système national de gestion des déchets radioactifs, Collection Sécurité de l'AIEA n° 111-S-1 (1995);
- Choix des sites d'installations d'évacuation en formation géologique, Collection Sécurité de l'AIEA n° 111-G-4.1 (1994); et
- Classification des déchets radioactifs, Collection Sécurité de l'AIEA n° 111-G-1.1 (1994).

L'ensemble des publications RADWASS est actuellement revu afin d'être en harmonie avec le reste de la Collection.

L'AIEA assiste aussi la rédaction d'un projet de convention internationale sur la sûreté des déchets radioactifs. Jusqu'à présent, les résultats sont encourageants et, si le rythme est maintenu, le projet pourrait être prêt vers la fin de 1996.

M. Snihs est directeur général par intérim de l'Institut suédois de radioprotection, à Stockholm.

Les nouvelles recommandations de la CIPR (Publication 60, 1990) ne concernent pas spécialement le problème des déchets radioactifs. Néanmoins, le schéma général de la radioprotection, son optimisation, ainsi que la limitation des doses tiennent compte désormais du concept d'exposition potentielle, c'est-à-dire de la probabilité de subir des expositions, mais sans certitude, lesquelles doivent être maintenues au niveau le plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre (ALARA).

L'AEN a publié, en 1991, le compte rendu d'un groupe de travail qu'elle a réuni à Paris sur l'évacuation des déchets de haute activité, la radioprotection et les critères de sûreté. Ce rapport contient une information générale sur la façon dont les problèmes sont abordés aux niveaux national et international et sur les directives et critères existants. Les limites de dose collective ou de risque servent surtout à comparer la conception de divers types de dépôts. Les limites de dose individuelle ou de risque, en tant qu'indicateurs de sûreté, se situent entre 0,1 et 1 mSv par an, soit  $10^{-6}$  à  $10^{-5}$ , respectivement. L'optimisation de la protection est un principe généralement accepté mais son application dépend des possibilités pratiques. Les générations futures devraient être assurées du même degré de sûreté que la génération actuelle. Mais comment prouver le respect des critères de sûreté? La réponse n'est pas si simple, car il faut bien connaître l'ensemble du système d'évacuation. Des pratiques irréprochables d'ingénierie sont nécessaires pendant tout le processus qui doit se fonder sur des modèles validés et les données spécifiques du site, sur des scénarios judicieusement choisis et sur une étude approfondie des incertitudes.

**Les rapports nationaux.** Un gros travail s'est fait aussi au niveau national. Par exemple, le rapport d'une équipe suédo-suisse intitulé *Regulatory Guidance for Radioactive Waste Disposal — An Advisory Document*, publié en 1990 (Rapport technique n° 90 de l'Inspection nucléaire de Suède), expose certains principes et problèmes, notamment en ce qui concerne les incertitudes à longue échéance, et recommande vivement de valider tous les modèles utilisés pour évaluer la performance des dépôts envisagés.

Citons aussi les *Règles fondamentales de sûreté* publiées en France en 1991; le rapport de 1992 du National Radiological Protection Board du Royaume-Uni, intitulé *Radiological Protection Objectives for Land-based Disposal of Solid Radioactive Wastes*, et le règlement de l'Environmental Protection Agency (EPA) des Etats-Unis, intitulé *Environmental Radiation Protection Standards for Management and Disposal of Spent Nuclear Fuel, High-Level and Transuranic Radioactive Waste*, paru dans l'Annuaire fédéral du 20 décembre 1993.

Les règles françaises retiennent ALARA comme principe parmi les critères applicables à un dépôt. Les équivalents de dose individuelle sont limités à

0,25 mSv par an pour les expositions prolongées dues à des événements certains ou fort probables. La stabilité de la barrière géologique doit être démontrée pour une période d'au moins 10 000 ans. Au-delà, les évaluations quantitatives doivent être complétées par des évaluations plus qualitatives. Le concept de risque intervient pour les expositions potentielles.

Le rapport britannique recommande que les générations futures bénéficient d'une protection équivalente à celle d'aujourd'hui. De plus, le risque radiologique encouru par un groupe critique et imputable à un dépôt de déchets déterminé ne doit pas excéder 1/100 000 par an et le principe ALARA doit être appliqué. Toutefois, si le risque individuel encouru par un membre type du groupe critique ne dépasse pas l'objectif nominal de 1/1 000 000 par an, le principe ALARA s'applique alors seulement aux détails de conception de l'installation et non lors de la comparaison de divers sites ou options. Les calculs spécifiques d'un site déterminé relatifs à la biosphère et au comportement humain ne devraient être faits que pour une dizaine de milliers d'années dans l'avenir. Au-delà, on peut utiliser des modèles de référence de la biosphère et du comportement humain compte tenu de l'atténuation des rejets de radionucléides par la géosphère.

Le règlement des Etats-Unis stipule que les systèmes d'évacuation de combustible nucléaire épuisé, des déchets de haute activité et des déchets transuraniens devront être conçus de telle sorte que, 10 000 ans après l'évacuation, un individu présent dans l'environnement accessible ne soit pas exposé à un engagement de dose effective de radionucléides supérieur à 15 mrem en l'absence de perturbation du dépôt.

En vertu de ce règlement, entré en vigueur le 19 janvier 1994, la période de protection a été portée de 1 000 à 10 000 ans, l'EPA ayant précisé que les déchets évacués dans un dépôt demeurent radioactifs pendant des milliers d'années. Les études de cet organisme montrent qu'un dégagement de radioactivité auquel des humains risqueraient d'être exposés ne pourrait se produire que plus d'un millénaire après l'évacuation, vu l'efficacité du confinement assuré par les barrières artificielles.

Le site du mont Yucca à l'étude échappe cependant à ce règlement car l'EPA doit élaborer, en vertu d'une décision du congrès de 1992 et sous la direction de l'Académie nationale des sciences, une norme spéciale pour l'évacuation éventuelle de combustible épuisé et de déchets de haute activité dans le futur dépôt.

**Les critères nordiques.** Parallèlement à ces activités nationales et internationales, les pays nordiques ont formulé, en 1989, des critères qui ont été révisés en 1993 après un examen approfondi par des experts nationaux et internationaux (*Disposal of High Level Waste — Consideration of Some Basic Criteria*, par les autorités de radioprotection et de sûreté nucléaire

du Danemark, de Finlande, d'Islande, de Norvège et de Suède).

Ces critères sont très analogues en de nombreux points à ceux que l'on relève dans d'autres documents nationaux et internationaux. A cela rien de surprenant, car les spécialistes nordiques ont participé aux activités internationales dans ce domaine. Les critères nordiques sont les suivants:

● **Considérations et objectifs généraux**

*Objectif général:* les objectifs de l'évacuation des déchets de haute activité seront la protection de la santé humaine et de l'environnement et la limitation de la charge imposée aux générations futures.

*Premier objectif — Sûreté à long terme:* le risque pour la santé humaine et les effets sur l'environnement résultant de l'évacuation de déchets devront demeurer faibles à tout moment dans l'avenir et ne pas dépasser les limites jugées couramment acceptables. Pour décider si une option d'évacuation est acceptable, il faudra se fonder sur les impacts radiologiques, sans tenir compte des frontières nationales.

*Second objectif — Charge pour les générations futures:* elle sera limitée grâce au choix en temps voulu d'une option sûre qui n'exige pas de contrôles administratifs à long terme ni de mesures correctives pour en garantir la sûreté.

● **Principes de radioprotection**

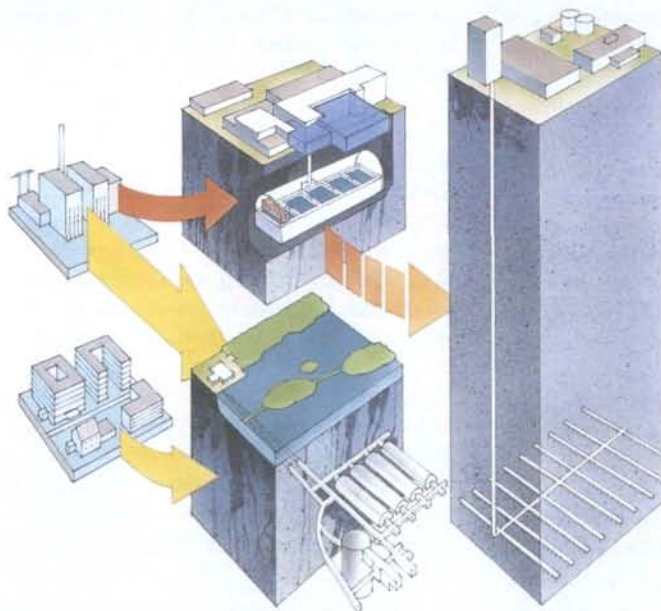
*Premier principe — Optimisation:* le système d'évacuation doit être optimisé. Ce faisant, les doses de rayonnements et les risques radiologiques doivent être comparés et ajustés compte tenu de nombreux autres facteurs qui pourraient influencer sur la solution optimisée.

*Deuxième principe — Protection individuelle:* pendant des périodes raisonnablement prévisibles, les doses individuelles de rayonnements imputables à l'évolution probable du système d'évacuation devront être inférieures à 0,1 mSv par an. En outre, la probabilité et les conséquences de perturbations éventuelles doivent être étudiées, discutées et exprimées qualitativement et, si possible, évaluées quantitativement en rapport avec le risque de mort correspondant à une dose de 0,1 mSv par an.

Etant donné les différences de régimes alimentaires, de formes de vie et de conditions environnementales, la distribution de la dose ou du risque individuels présente toujours une «traînée». Il se peut que celle-ci excède les contraintes respectives mais sa valeur moyenne parmi le groupe critique reste faible. Ce phénomène n'est pas spécifique de l'évacuation des déchets et le fait de l'accepter n'est pas contraire à la pratique actuelle ni au principe de protection individuelle.

En général, les évaluations de doses au-delà de 10 000 ans sont très incertaines. Une évaluation de

**Système suédois d'évacuation du combustible épuisé et des déchets radioactifs**



En Suède, les déchets radioactifs des centrales nucléaires et autres établissements, tels les hôpitaux, sont évacués dans des dépôts spécialement conçus. Les déchets de faible et moyenne activité sont placés dans un dépôt souterrain à 50 m de profondeur. Le combustible épuisé des centrales nucléaires est conservé dans une installation de stockage. Il est prévu de le placer dans un dépôt souterrain qui sera construit à 500 m de profondeur au début du siècle prochain.

caractère relatif peut se faire pour de plus longues périodes en considérant des groupes critiques hypothétiques. Dans ce cas, le résultat devrait être interprété comme un indicateur de la sûreté (mesure relative de la sûreté), et non comme une prévision de doses réelles.

*Troisième principe — Protection à long terme de l'environnement:* les radionucléides qui s'échappent du dépôt ne doivent pas modifier sensiblement la situation radiologique de l'environnement. La moyenne des rejets dans la biosphère de radionucléides évacués doit être faible comparée aux apports respectifs des émetteurs alpha naturels et calculée sur des périodes de  $10^4$  ans ou plus, car il est impossible de préciser quand ces rejets se produiront ou atteindront leurs valeurs de pointe.

Les contraintes à prévoir devraient être telles que les doses individuelles maximales n'excèdent pas les limites fixées et que, dans les cas les plus extrêmes, elles demeurent bien inférieures au seuil des effets déterministes sur la santé. Les concentrations d'activité dans les récepteurs primaires du site d'évacuation doivent être du même ordre que les concentrations caractéristiques des émetteurs alpha naturels de longue période dans un environnement analogue. L'activité libérée par tous les déchets à évacuer dans le monde reste faible comparée aux apports respectifs des émetteurs alpha naturels de longue période.

D'après les calculs, une contrainte appropriée se situerait probablement entre 10 et 100 kBq par an pour les émetteurs alpha de longue période, et entre 100 et 1 000 kBq par an pour les autres nucléides de longue période, par volume de déchets produit par la transformation d'une tonne d'uranium naturel en combustible nucléaire et son utilisation dans un réacteur.

#### ● *Principes d'assurance*

*Premier principe — Evaluations de la sûreté:* le respect des critères de radioprotection applicables à l'ensemble du système d'évacuation doit être prouvé par des évaluations de la sûreté fondées sur un jugement qualitatif et des résultats quantitatifs obtenus avec des modèles validés dans toute la mesure possible.

*Deuxième principe — Assurance de la qualité:* il faut établir un programme d'assurance de la qualité pour les composants du système d'évacuation et pour toutes les activités relatives au choix du site, à la construction, à l'exploitation et à la fermeture du dépôt, afin de se conformer aux bases de conception et à la réglementation pertinente.

*Troisième principe — Barrières multiples:* la sûreté à long terme de l'évacuation des déchets doit être assurée par des barrières passives multiples afin que la défaillance d'une des barrières ne nuise pas sensiblement à la performance générale du système et que les changements géologiques prévisibles aient peu de chance d'endommager gravement les barrières dans leur ensemble.

Les critères nordiques contiennent aussi des recommandations techniques sur la géologie du site, la conception du dépôt, son remblayage et sa fermeture, ainsi que sur l'emballage des déchets.

#### Activités en cours et problèmes

L'étude des critères continue au niveau international grâce au Groupe de travail de l'AIEA sur les principes et les critères de l'évacuation des déchets radioactifs. Composé d'experts, celui-ci examine les questions concernant la dose et le risque, la surveillance après fermeture, les indicateurs de sûreté pour différentes durées, les possibilités d'optimisation et de récupération, ainsi que les garanties dans le contexte de l'évacuation des déchets.

Il faudrait aussi savoir quelles durées justifient le recours à des évaluations des effets écologiques d'un dépôt de déchets de haute activité ou de combustible épuisé. Certains experts font valoir que la sûreté des quelques prochaines générations doit être le principal souci. D'autres estiment que toutes les générations à venir doivent être également protégées. Personnellement, je pense que chaque génération a le droit soit de surveiller elle-même la sûreté, soit d'être assurée par les générations précédentes que le dépôt est sûr. Divers moyens et modèles sont utilisables pour concrétiser la sûreté radiologique d'un dépôt sur de longues périodes. Le premier rapport du Groupe de travail cité plus haut a été publié en 1994 sous le titre *Safety Indicators in Different Time Frames for the Safety Assessment of Underground Radioactive Waste Repositories* (IAEA-TECDOC-767).

En Suède, l'étude de l'évacuation du combustible épuisé continue. La Société suédoise du combustible nucléaire et de la gestion des déchets (SKB) a entrepris d'importants travaux de recherche, notamment sur le choix de sites potentiels et sur leurs caractéristiques géologiques, hydrologiques et autres, dans un laboratoire situé à 500 m sous terre. Des problèmes restent à résoudre en ce qui concerne les méthodes et critères du choix et la planification de toutes les analyses requises par la sûreté radiologique. Il faut aussi voir comment communiquer aux décideurs et au public l'information dont ils ont besoin pour accepter ou non un projet de dépôt dans leur région. Quant à la réglementation, les textes fondés sur les critères nordiques sont actuellement mis au point en vue de leur publication. Des directives seront données sur la façon de faire des évaluations pertinentes de l'impact écologique.

La Suède continue d'étudier les problèmes à résoudre et va de l'avant avec ses plans prévoyant la mise en chantier, vers 2010, d'un dépôt pour l'évacuation définitive de déchets de haute activité et de combustible épuisé, qui serait mis en service une dizaine d'années plus tard.