

Programmes de recherche nationaux et internationaux sur l'évacuation souterraine des déchets radioactifs

par Dieter K. Richter

Les centrales nucléaires et les installations du cycle de leur combustible produisent plusieurs types de déchets radioactifs dont l'élimination est inévitablement liée aux applications de l'énergie d'origine nucléaire. Dans l'état actuel des techniques, la solution la plus aisément praticable consiste à déposer ces déchets sous terre dans des conditions de sûreté définies. L'évacuation "souterraine" consiste à déposer dans le sous-sol les déchets convenablement conditionnés suivant plusieurs procédés qui vont de l'enfouissement dans des couches superficielles à l'évacuation dans des roches continentales profondes (évacuation géologique profonde), en passant par l'évacuation dans des cavités rocheuses à des profondeurs variables.

L'élimination sans risque des déchets radioactifs, notamment de ceux qui contiennent des radionucléides issus de la fission nucléaire, est aussi l'un des grands sujets de préoccupation pour les adversaires de l'utilisation de l'énergie d'origine nucléaire. C'est pourquoi, dans de nombreux pays, ce problème de l'évacuation détermine en grande partie l'attitude du public à l'égard de l'énergie nucléaire. On va jusqu'à dire que la mise au point de méthodes efficaces pour l'élimination de tous les types de déchets radioactifs dans des conditions de sûreté satisfaisantes est un problème qu'il nous faut résoudre dès aujourd'hui car de sa solution dépend l'avenir du secteur nucléo-énergétique.

Au cours des dernières années, la quasi-totalité des pays qui font appel à l'énergie d'origine nucléaire ou qui se lancent dans des programmes nucléo-énergétiques ont multiplié leurs travaux sur l'évacuation souterraine des déchets radioactifs. Bon nombre d'entre eux ont de vastes programmes qui allient l'étude des sites favorables à celle des méthodes d'élimination des déchets. L'élimination sans risque des déchets de haute activité et émetteurs alpha issus des combustibles nucléaires épuisés étant le problème central, la plupart des programmes nationaux portent, en priorité, sur l'étude des possibilités que les formations géologiques profondes peuvent offrir à cet égard. Les divers problèmes soulevés par l'élimination des déchets radioactifs acquièrent de ce fait une dimension internationale accrue et figurent même désormais aux premiers rangs des domaines ouverts à la collaboration internationale.

LES PROBLEMES SOULEVES PAR L'ELIMINATION DES DECHETS

C'est aux pays qui exploitent des centrales nucléaires qu'incombent les responsabilités et le choix des dispositions concernant: a) l'élimination des déchets de basse et de moyenne activité issus de l'exploitation des centrales; b) la destination du combustible épuisé, selon

M. Richter appartient à la Division de la sûreté nucléaire et de la protection de l'environnement.

qu'il est retourné au pays fournisseur ou remis à un autre pays qui le retraite ou qu'il est finalement éliminé en tant que déchet de haute activité; c) l'élimination des déchets de haute activité et des déchets qui contiennent des actinides issus du retraitement lorsque ni le pays qui effectue le retraitement ni un pays tiers n'assurent cette élimination. Le caractère international des cas b) et c) susmentionnés est évident.

De nombreux pays ont été d'autant plus enclins à éliminer leurs déchets qu'ils risquaient de se voir retourner les déchets de haute activité par le pays qui retraite leur combustible épuisé, ou qu'il leur fallait organiser eux-même l'évacuation dudit combustible. D'autre part, les pays qui exploitent à la fois des centrales nucléaires et des installations de retraitement du combustible épuisé et ceux qui s'engagent sur la voie du cycle du combustible "ouvert" doivent prévoir l'élimination des déchets dont la production est inéluctable.

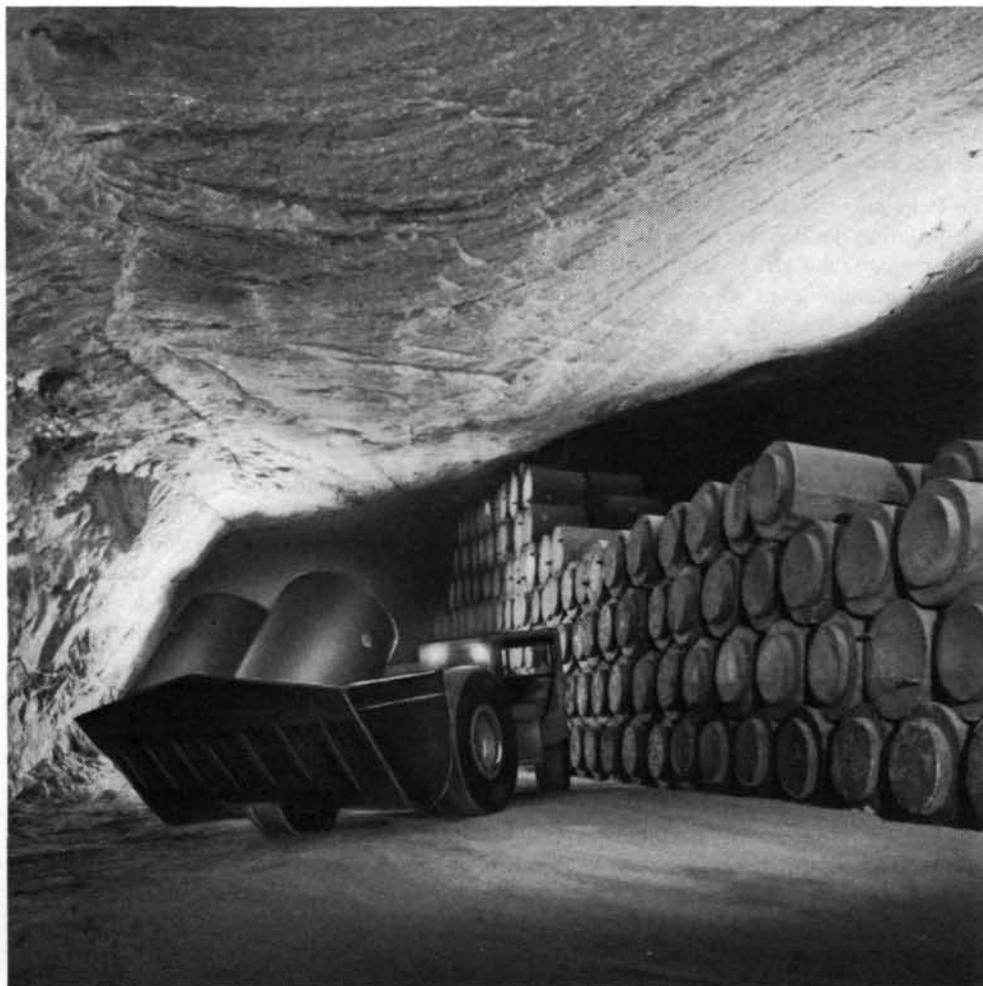
Un principe élémentaire semble s'imposer: tout pays qui produit des déchets radioactifs doit d'abord étudier les possibilités de les éliminer sur son propre territoire. L'élaboration et l'exécution d'une politique d'élimination des déchets associée à un programme nucléo-énergétique national comportent plusieurs phases: les décisions politiques et administratives initiales d'évacuation souterraine; l'étude du territoire national; la sélection préliminaire et la confirmation des emplacements de dépôt convenables; la conception, la construction, l'exploitation et, finalement, la désaffectation et la surveillance prolongée des réceptacles. A chacune de ces phases correspondent des dispositions institutionnelles, réglementaires et financières particulières, ainsi que des travaux de recherche-développement et des analyses de sûreté adéquates.

L'élimination des déchets répond au souci de protéger les générations actuelles et futures des risques que présentent les déchets résultant des applications de l'énergie d'origine nucléaire. Il est également possible que les opérations d'élimination incombent à des établissements spécialisés une fois que les installations qui ont produit les déchets ne sont plus en service. C'est pourquoi l'élimination des déchets ne soulève pas seulement des questions techniques mais aussi des questions intéressantes à long terme la société, comme par exemple celle des responsabilités d'ordre institutionnel, financier et juridique.

La collaboration internationale se manifeste sous divers aspects: échange de renseignements entre pays sur l'expérience qu'ils ont acquise, et leurs pratiques et projets respectifs, l'objectif étant de chercher à uniformiser la manière d'envisager le problème en mettant au point des principes et critères internationaux, et efforts de coopération dans le domaine de la recherche et du développement. Enfin, à ce titre, la question de l'élimination des déchets pourrait être envisagée dans le contexte d'une planification régionale ou internationale de tout le cycle du combustible nucléaire.

PROGRAMMES NATIONAUX ET EXPERIENCE DES DIFFERENTS PAYS

L'évacuation à faible profondeur (enfouissement dans le sol) de déchets de faible ou moyenne activité est pratiquée depuis des dizaines d'années dans de nombreux pays, comme le Canada, les Etats-Unis, la France, l'Inde, le Royaume-Uni et l'URSS. La grande diversité des méthodes employées a permis d'acquérir une expérience très importante pour l'avenir. On utilise aussi depuis plus de dix ans les formations géologiques profondes pour l'évacuation des déchets radioactifs provenant essentiellement de centres de recherche nucléaire. La République fédérale d'Allemagne procède, depuis 1967, à l'évacuation de déchets solides de faible ou moyenne activité, emballés et confinés dans des fûts en béton ou en acier, dans l'ancienne mine de sel d'Asse. La méthode de l'hydrofracturation est également employée depuis 1966 à Oak Ridge (Etats-Unis) pour évacuer les déchets liquides d'activité intermédiaire, mélangés à du ciment et autres adjuvants, dans une couche de schiste située à environ 300 mètres de profondeur. L'URSS évacue des déchets liquides de faible ou



Des méthodes et techniques d'élimination des déchets radioactifs sont démontrées à l'ancienne mine de sel d'Asse en République fédérale d'Allemagne. Photo: GSF mbH.

moyenne activité en les injectant dans des nappes aquifères captives profondes (situées à près de 1500 mètres de profondeur). La Tchécoslovaquie et l'Espagne utilisent des galeries de mine abandonnées pour le stockage de déchets emballés de faible activité.

A l'heure actuelle, de nombreux pays à la recherche d'une solution à long terme étudient les possibilités d'évacuer des déchets radioactifs dans le sol de leur propre territoire. Dans certains pays, les recherches s'orientent vers l'installation, aux environs de 1985, de sites principaux qui permettraient d'évacuer des déchets de haute activité et contenant des émetteurs alpha.

Voici quelques exemples de programmes relevant de ce domaine:

En **Autriche**, les recherches portent sur les sites favorables à l'évacuation de déchets sur le territoire autrichien, sans négliger les possibilités d'obtenir les services d'autres pays pour

assurer l'élimination de déchets nucléaires. Les formations rocheuses cristallines, surtout dans la partie méridionale du massif de Bohême, font actuellement l'objet d'études. Il existe un avant-projet pour l'installation d'un site où pourraient être évacués les déchets qui, dans les années 90, devraient être restitués à l'Autriche après retraitement du combustible épuisé à l'étranger. Le règlement de cette question est l'une des conditions de la mise en service de la première centrale nucléaire autrichienne.

En **Belgique** et en **Italie**, l'utilisation possible de formations argileuses (glaiseuses) pour l'évacuation des déchets est actuellement à l'étude. En Belgique, l'étude sur le terrain et l'examen en laboratoire des propriétés d'une couche glaiseuse près de Mol sont en cours. Les travaux comprennent aussi des recherches sur la migration des radionucléides, des expériences d'échauffement et des études de modèles théoriques, notamment pour les excavations en profondeur dans la couche glaiseuse. Des essais seront également effectués sur place dans une caverne expérimentale. De même, en Italie, on s'attache surtout à des études théoriques et à des essais de laboratoire concernant les caractéristiques hydro-géologiques, géotechniques et thermiques des formations argileuses situées dans une région de l'Italie du sud.

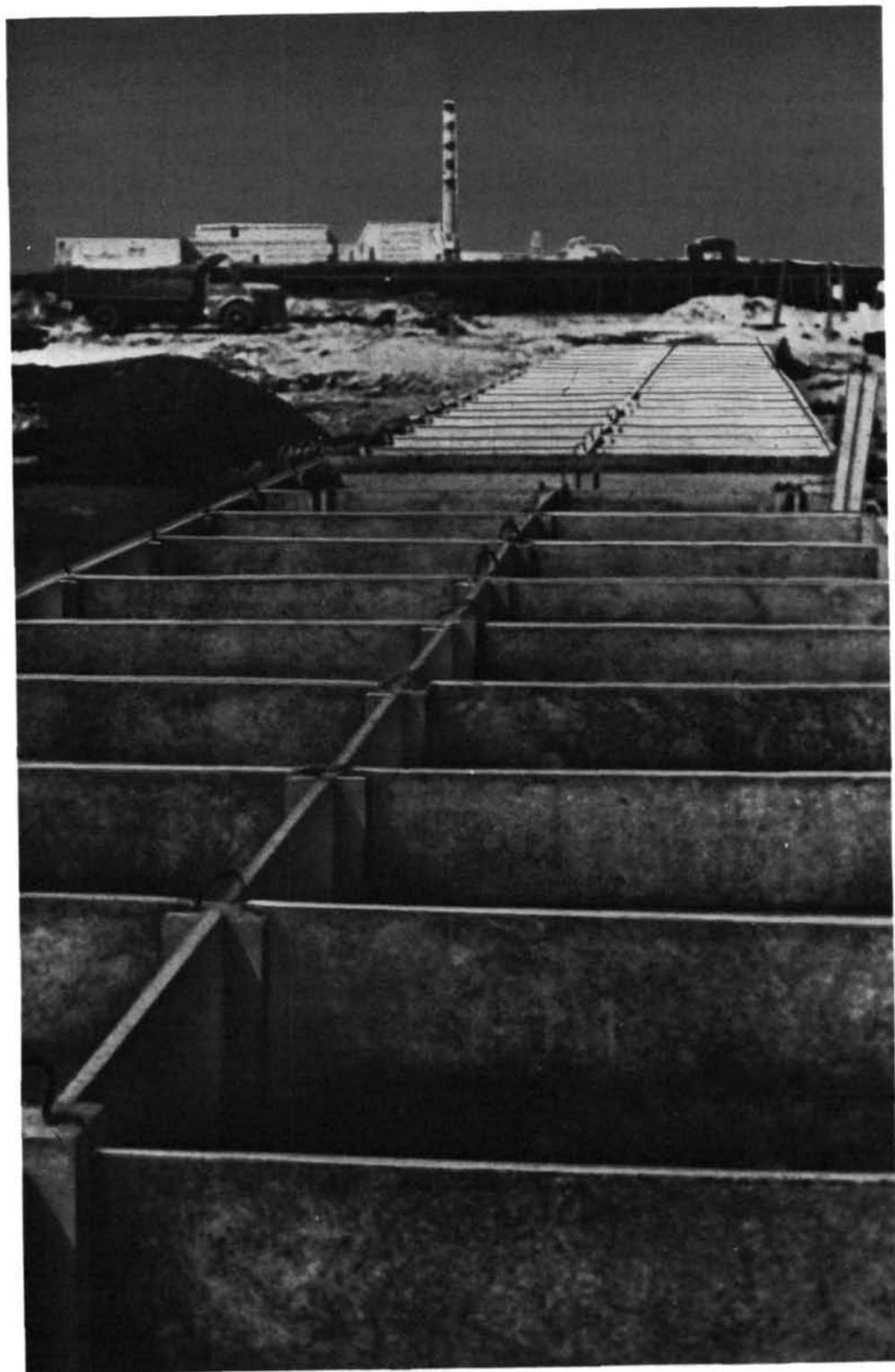
Le **Canada** explore les possibilités qu'offrent les roches endogènes (grandes formations de roches ignées) du bouclier canadien pour y installer des sites convenant à l'évacuation des déchets. Les formations salines font également l'objet d'études. Dans le cadre de ce programme, on procède à une reconnaissance géologique et à l'étude théorique et technique d'un modèle de dépôt. Les essais en laboratoire et sur le terrain comprennent des expériences d'échauffement dans une partie d'une mine en exploitation ainsi que des études sur le comportement des eaux souterraines.

La **Tchécoslovaquie** a procédé sur son territoire à des relevés pour choisir un site qui se prête à l'enfouissement peu profond de déchets de faible ou moyenne activité provenant des opérations de centrales nucléaires. Pour l'évacuation des déchets de haute activité, on s'intéresse plus particulièrement aux roches cristallines.

En **France**, les recherches portent en premier lieu sur la possibilité d'évacuer les déchets dans des roches cristallines, surtout dans le granit. On examine également les possibilités qu'offrent à cet égard les formations salines, schisteuses ou argileuses. Les caractéristiques de formations profondes de granit font actuellement l'objet d'études. Dans le cadre de ces travaux on cherche aussi à rendre compte du transfert des radionucléides par les eaux souterraines, pour lequel un modèle mathématique a d'ailleurs été mis au point, et l'on procède à l'étude de barrières géochimiques telles que les couches d'argiles.

La **République démocratique allemande** a exploré les possibilités d'évacuation des déchets radioactifs sur son territoire et une ancienne mine de sel a été choisie pour être transformée en dépôt central où seront évacués les déchets de faible ou moyenne activité provenant des opérations des centrales nucléaires. Les problèmes que pose l'évacuation des déchets de haute activité dans des formations de sel-gemme sont également à l'étude.

La **République fédérale d'Allemagne** utilise l'ancienne mine de sel d'Asse comme installation de recherche et de développement. On prépare actuellement des essais d'évacuation de déchets solidifiés de haute activité. Le programme des recherches à la mine de sel d'Asse comporte un projet de caverne rocheuse pour la démonstration de l'enfouissement direct à partir de la surface, dans une grande cavité profonde, des déchets de faible ou moyenne activité. Les travaux comprennent également des études théoriques ainsi que des



essais en laboratoire ou sur le terrain sur la dissipation de la chaleur et la mécanique des roches, l'analyse du risque, les modèles de dépôts, le stockage après emballage d'éléments de combustible épuisé provenant du réacteur AVR, ainsi que des recherches sur la solidification in situ des déchets liquides de faible ou moyenne activité. Des travaux de reconnaissance ont été menés dans plusieurs dômes de sel d'Allemagne du nord pour trouver un site où pourraient être déposés les déchets provenant d'un centre du cycle du combustible prévu pour la fin des années 80. On procède actuellement à des recherches pour déterminer si un site plus spécialement envisagé conviendrait à cette fin.

En **Inde**, diverses formations géologiques, en particulier des roches ignées et certains gisements sédimentaires situés dans des zones non sismiques, font l'objet d'une évaluation. Il est prévu que cette évaluation sera suivie d'études de sites détaillées.

Aux **Pays-Bas**, on étudie la possibilité d'évacuer les déchets dans un des dômes de sel situés au nord-est du pays. Les travaux actuels portent sur les modèles de dépôts, les incidences thermiques et l'évaluation de la sûreté; à ces recherches s'ajoutent des études sur la sorption dans les eaux souterraines salines.

En **Suède**, on s'est avant tout efforcé de répondre aux exigences d'une loi votée en 1977, qui stipule les conditions à remplir pour créer une nouvelle centrale nucléaire. Ces conditions obligent l'exploitant du réacteur à signer un contrat prévoyant le retraitement du combustible épuisé, et à démontrer la possibilité, en un lieu et par des moyens donnés, de déposer définitivement (c'est-à-dire d'éliminer) dans des conditions de sûreté "absolue" les déchets fortement radioactifs résultant du retraitement du combustible. A la suite de cette loi et indépendamment des études à long terme effectuées sous les auspices du Gouvernement, les compagnies suédoises d'électricité ont lancé un projet spécial intitulé "Sûreté du combustible nucléaire" (KBS) pour démontrer les possibilités d'enfouir des déchets de haute activité ou des combustibles épuisés dans une formation géologique profonde constituée de roches cristallines. Les travaux entrepris à ce titre sont les suivants: levé topographique de la région, étude hydrogéologique du site et essais sur le terrain; caractéristiques mécaniques et hydrologiques de la roche; études spéciales sur la circulation des eaux souterraines profondes et sur la migration des radionucléides dans les roches fracturées; techniques d'emballage et d'enfouissement; modèles de dépôts et analyses de la sûreté. Au titre de ce projet, on analyse également sur le terrain une formation granitique située dans l'ancienne mine de fer de Stripa au centre de la Suède, en procédant à des expériences d'échauffement in situ et à des études hydrogéologiques particulières.

En **Suisse**, les études portent sur les avantages qu'offrent des cavernes d'anhydrite pour l'évacuation de déchets de faible ou moyenne activité et sur la possibilité d'évacuer des déchets de haute activité dans certaines roches salines ou cristallines du socle.

Au **Royaume-Uni**, on étudie actuellement si les roches cristallines et, dans une moindre mesure, les formations argileuses et salines, se prêtent à l'évacuation de déchets de haute activité. Ce programme de recherche englobe des études théoriques et en laboratoire sur le comportement des roches et des eaux souterraines, des études préparatoires sur des sites présentant des caractéristiques équivalentes à celles qui peuvent se révéler finalement acceptables ainsi que des recherches sur les sites envisagés. Les domaines explorés comprennent les interactions liquide/roche et liquide/déchet, l'écoulement des eaux souterraines, les modèles mathématiques de contrainte thermique et les expériences d'échauffement gradué, les modèles de dépôts et le levé géologique détaillé du sol et du sous-sol.

Les **Etats-Unis** ont lancé, en 1976, un "National Waste Terminal Storage Programme" (Programme national de stockage final des déchets) sous la direction de l'US ERDA (qui relève désormais du Ministère de l'énergie). Ce programme prévoit l'identification de formations rocheuses qui conviennent à l'évacuation de déchets, des études de reconnaissance,



Fosses cimentées pour l'évacuation dans le sol de déchets de faible activité à La Hague. Photo: CEA, France.

des essais in situ, des études de zone et des enquêtes de contrôle détaillées, ainsi que la création de dépôts fédéraux principaux (jusqu'à six). Ce sont les travaux sur les formations salines qui progressent le mieux, étant donné qu'ils s'appuient sur l'expérience acquise. Au nombre des recherches antérieures sur ce sujet on peut citer le "Salt Vault Project" réalisé dans les années 60, au titre duquel on avait procédé à des essais d'installations pilotes simulant l'enfouissement de déchets de haute activité dans une mine de sel stratifiée. Une installation pilote d'isolement des déchets est actuellement à l'étude. Il est prévu que ce site servira à l'évacuation de déchets radioactifs provenant des opérations menées au titre du programme militaire vers 1985 et que l'emplacement envisagé est une formation saline stratifiée au Nouveau-Mexique. Il est ultérieurement prévu d'installer d'autres dépôts fédéraux pour évacuer les déchets provenant des opérations menées au titre du programme nucléaire-énergétique civil et plus particulièrement le combustible épuisé, si les Etats-Unis

se décident à adopter le cycle du combustible "ouvert". Il faudra à cette fin trouver deux sites dans des formations salines et plusieurs autres sites dans d'autres types de formations, éventuellement dans des schistes et des roches cristallines (basalte volcanique). Des études de formations non salines sont en cours au site expérimental du Nevada près de Las Vegas et au site de Hanford près de Richland (Washington). On envisage également de recourir à d'autres méthodes pour l'évacuation dans les formations géologiques profondes, comme par exemple l'injection de liquides dans des couches poreuses isolées ou dans des fissures provoquées artificiellement dans des formations imperméables. L'exploitation de dépôts de déchets radioactifs est soumise à autorisation délivrée par l'"US Nuclear Regulatory Commission", qui établit à cet effet les règlements et les critères requis.

L'URSS étudie les aspects techniques, géologiques, hydrologiques, physico-chimiques et thermiques liés à l'évacuation en profondeur par injection dans des couches poreuses isolées de déchets liquides à faible, moyenne ou haute activité. On dispose déjà de données concrètes détaillées et des essais d'injection de déchets liquides de haute activité ont été réalisés. On effectue également des travaux de recherche-développement sur l'évacuation de déchets solidifiés de haute activité. A ce titre, on procède à des études approfondies et à des expériences sur le terrain pour l'évacuation à long terme dans des installations artificielles de stockage à sec à faible profondeur ainsi qu'à des études sur les roches profondes du bouclier continental, en particulier les formations salines.

ECHANGES DE RENSEIGNEMENTS ET COLLABORATION EN MATIERE DE RECHERCHE-DEVELOPPEMENT A L'ECHELON INTERNATIONAL

Des conférences ou des colloques internationaux ayant pour objet de stimuler l'échange de renseignements sur les pratiques, l'expérience et les projets concernant l'évacuation de déchets radioactifs dans le sol et les questions scientifiques et techniques connexes ont été organisés par l'AIEA, l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), la Commission des communautés européennes, le Conseil d'aide économique mutuelle (CAEM) et par d'autres associations internationales et services nationaux¹.

¹ Les plus importantes de ces réunions sont les suivantes:
Colloque AIEA/AEN sur l'évacuation des déchets radioactifs dans le sol, Vienne, 1967;
Colloque AIEA/AEN sur les progrès accomplis dans la gestion des déchets radioactifs de basse activité et d'activité intermédiaire, Aix-en Provence (France), 1970;
Colloque AIEA/AEN sur la gestion des déchets radioactifs provenant du combustible irradié, Paris, 1972;
Colloque AIEA/AEN sur la gestion des déchets radioactifs résultant du cycle du combustible nucléaire, Vienne, mars 1976;
Conférence internationale de l'AIEA sur l'énergie d'origine nucléaire et son cycle du combustible, mai 1977, Salzbourg (Autriche);
Colloque international de l'AEN sur l'évacuation des déchets radioactifs dans des formations géologiques, décembre 1975, Clausthal-Zellerfeld (République fédérale d'Allemagne);
USA International Symposium on the Management of Radioactive Waste from the LWR Fuel Cycle, juillet 1976, Denver (Etats-Unis);
First International Symposium on the Storage in Excavated Rock Caverns, Rockstore 77, septembre 1977, Stockholm (Suède);
CMEA Conferences on the Treatment and Disposal of Radioactive Waste and the Decontamination of Surfaces, 1967, Dresde (RDA); 1972, Kolobczeg (Pologne) et 1976, Moscou (URSS).

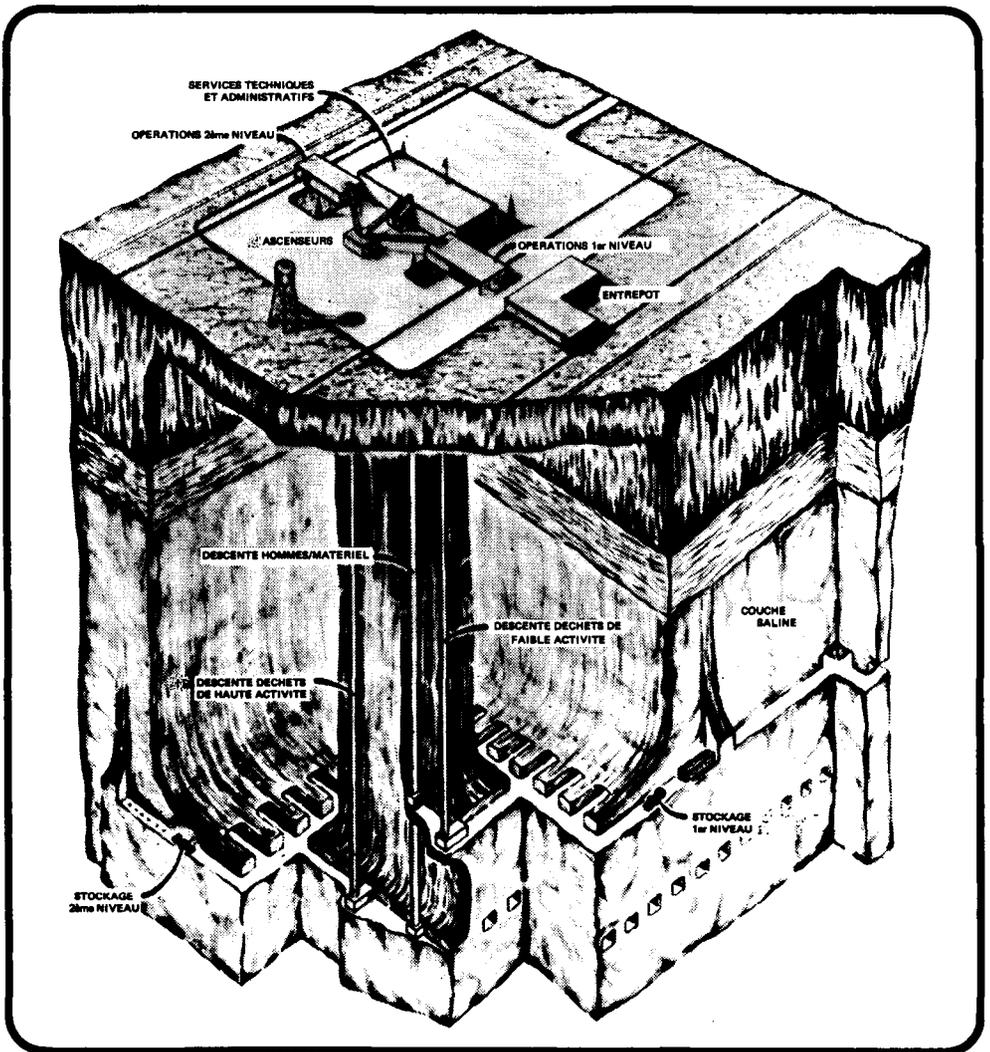
Pour répondre au grand intérêt manifesté dans ce domaine, l'AIEA réunira, en coopération avec l'AEN, un colloque international sur l'évacuation souterraine des déchets radioactifs, qui se tiendra à Otaniemi près d'Helsinki (Finlande) en juillet 1979.

En outre, plusieurs organisations multinationales ont établi des programmes de coordination des activités nationales de recherche-développement, y compris l'échange de renseignements.

L'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE, reconnaissant que l'évacuation de déchets de haute activité et contenant des émetteurs alpha dans des formations géologiques profondes constituait un domaine prioritaire de coopération entre ses Etats Membres, a établi en 1975 un groupe permanent de coordination sur l'évacuation des déchets dans les formations géologiques, qui relève de son Comité de la gestion des déchets radioactifs. Le groupe de coordination se réunit une fois par an pour échanger des renseignements sur l'état d'avancement des programmes nationaux de recherche-développement et pour encourager des formes plus étroites de collaboration entre les pays intéressés. Il a notamment pour tâche d'organiser des réunions de travail sur des sujets particuliers, telles que la réunion organisée en commun par l'AEN et la Commission des communautés européennes sur l'analyse du risque et l'établissement de modèles géologiques en vue de l'évacuation de déchets radioactifs dans les formations géologiques. Cette réunion s'est tenue en mai 1977, au Centre de recherche de la Commission des communautés européennes à Ispra (Italie). Il est prévu d'organiser d'autres réunions de travail sur des expériences d'échauffement in situ et sur les mesures d'écoulement et de perméabilité en profondeur dans les roches quasi imperméables. A titre d'exemple des activités de l'AEN dans le domaine de l'évacuation des déchets dans les formations géologiques on peut encore citer le rapport d'experts intitulé "Objectifs, concepts et stratégies en matière de gestion des déchets radioactifs résultant des programmes nucléaires de puissance", rapport publié en septembre 1977. L'AEN s'attache à obtenir, aussitôt que possible, des informations suffisantes pour confirmer et prouver qu'il est possible d'appliquer selon les formations rocheuses différents systèmes d'évacuation des déchets.

Les travaux de la Commission des communautés européennes sur l'évacuation de déchets de haute activité et contenant des émetteurs alpha dans les formations géologiques profondes sont effectués, avec participation aux frais, par des institutions de pays Membres, de même que dans des laboratoires de la Commission des communautés européennes, comme l'Institut de recherche d'Ispra, qui évalue les risques à long terme. Le principal objectif est de susciter l'installation, dans différents types de roches, de dépôts conçus à des fins de démonstration. Dans le cadre d'un programme quinquennal (1975-1979), la Commission contribue pour près de 40% au financement de projets de recherche-développement concernant l'évacuation de déchets dans des formations géologiques sur le territoire de ses Etats Membres. La Commission fait exécuter des travaux sous contrat sur l'utilisation de formations salines dans la République fédérale d'Allemagne et aux Pays-Bas, sur des formations argileuses en Belgique et en Italie et sur des roches cristallines en France et aux Etats-Unis. La Commission établit également un répertoire des formations géologiques susceptibles de présenter de l'intérêt pour ses Etats Membres. Dans le cadre de son programme, la Commission procède également à des recherches géologiques, à des études de base scientifiques et techniques, à des études d'ingénierie et à des analyses de risque, sans négliger les questions juridiques, administratives et financières qui se posent dans ce domaine.

Le Conseil d'aide économique mutuelle (CAEM) a créé, en 1971, un conseil scientifique de coordination sur la gestion des déchets et la décontamination. Ce conseil relève du Comité permanent du CAEM sur les utilisations pacifiques de l'énergie atomique, dont le programme comprend des recherches sur l'évacuation des déchets dans les formations géologiques. Des documents ont été établis sur les multiples recherches à effectuer pour

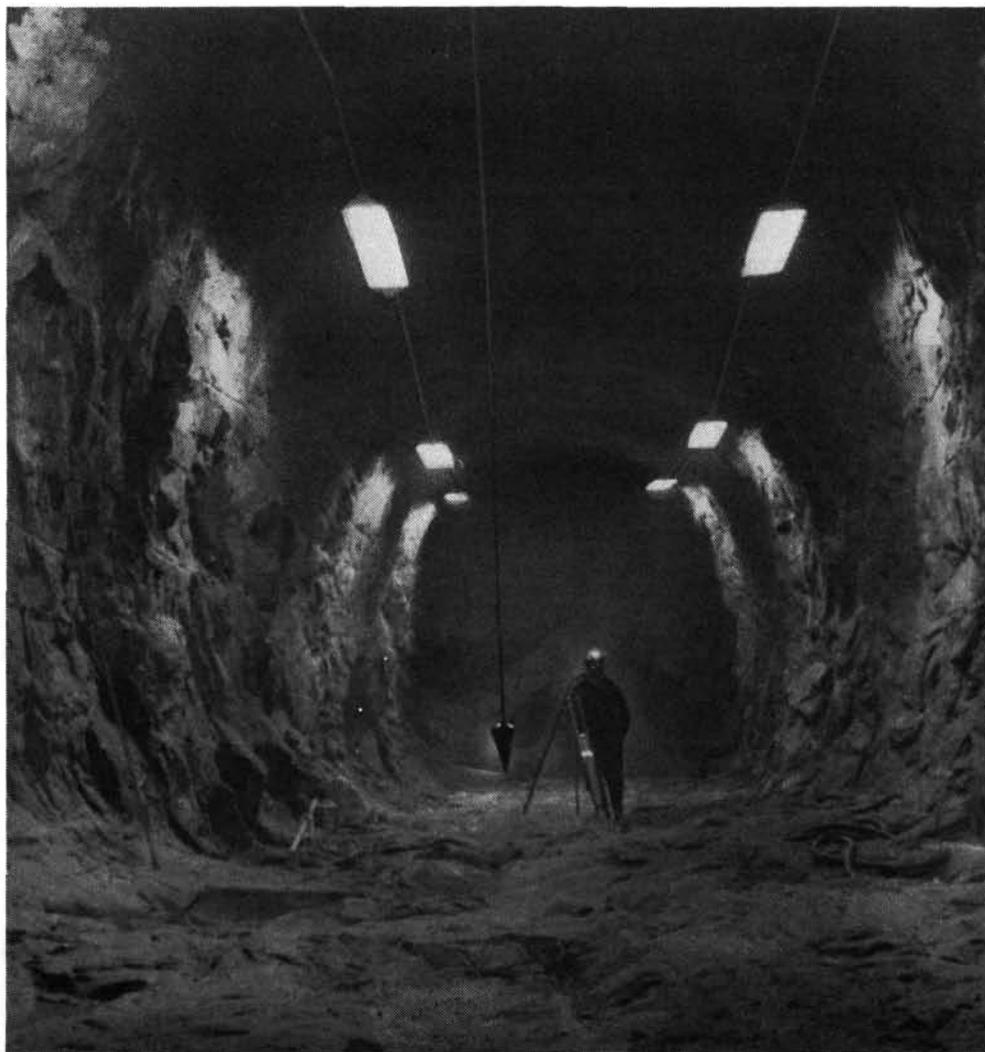


L'enfouissement profond de déchets nucléaires de haute activité permet de les isoler de manière efficace pendant des centaines de milliers d'années. Plusieurs formules d'élimination définitive des déchets de haute activité ont été mises au point. On voit ici une coupe simplifiée de site d'enfouissement dans une formation rocheuse ou saline géologiquement stable.

déterminer si un site convient à l'injection de déchets liquides par puits profond, sur l'utilisation de formations salines et sur l'enfouissement des déchets à faible profondeur.

ACTIVITES DE L'AIEA

L'AIEA a entrepris, en 1962, des travaux sur l'évacuation souterraine des déchets radioactifs et convoqué à cette fin un groupe d'experts, dont les travaux ont abouti à l'établissement du rapport n° 15 de la Collection Sécurité, publié en 1966 sous le titre "Evacuation des déchets radioactifs dans le sol". Depuis lors, l'examen de cette question a été à l'ordre du jour de plusieurs colloques et réunions de l'AIEA.



L'ancienne mine de fer de Stripa en Suède a été choisie comme site pour un projet commun de la Suède et des Etats-Unis visant à établir si le granit se prête au stockage de déchets nucléaires. La photo montre une des galeries de cette mine, qui constituent un véritable dédale. Photo: AB Atomenergi, Suède.

Le programme sur l'évacuation souterraine des déchets a pour objectif d'examiner et de diffuser des renseignements sur ce sujet; d'établir des normes de sûreté et des recommandations susceptibles d'être finalement présentées sous forme de codes et de guides; d'encourager l'échange des résultats obtenus dans le cadre de programmes de recherche nationaux et multinationaux; de patronner des travaux de recherche dans les domaines appropriés et de fournir, sur demande, une assistance technique.

Un groupe consultatif sur l'évacuation des déchets radioactifs dans les formations géologiques s'est réuni au début de 1978 et a recommandé que l'AIEA entreprenne un programme à long terme portant essentiellement sur la mise au point, dans ce domaine, de principes directeurs et de critères qui puissent être acceptés à l'échelon international.

Le programme devrait englober toutes les techniques et les options actuellement à l'étude dans les Etats Membres ou dans d'autres organisations internationales, à savoir:

- dépôt de déchets solides ou solidifiés de haute, moyenne ou faible activité et contenant des émetteurs alpha dans les formations géologiques profondes (par exemple roches cristallines, sel gemme, argiles et schistes);
- dépôt de déchets solides ou solidifiés de faible ou moyenne activité et contenant des émetteurs alpha dans des cavernes rocheuses (existantes) à diverses profondeurs;
- dépôt de déchets solides ou solidifiés de faible ou moyenne activité à faible profondeur (enfouissement à faible profondeur);
- injection par puits profond de déchets liquides ou gazeux dans des couches poreuses isolées;
- injection de déchets liquides (mélanges déchets/ciment léger) dans des fissures provoquées artificiellement dans des formations imperméables.

PRINCIPES DIRECTEURS ET CRITERES

Sur recommandation du groupe consultatif, l'AIEA prévoit de mettre au point, au cours des prochaines années, des principes directeurs et des critères sur l'évacuation sûre de déchets radioactifs dans le sol. La documentation à établir concerne diverses options possibles, depuis l'évacuation dans des formations géologiques profondes jusqu'à l'enfouissement à faible profondeur, et comprend cinq grands domaines:

- 1) Activités de réglementation (procédures d'approbation, principes et méthodes d'évaluation)
- 2) Choix du site (facteurs du choix du site, études de site)
- 3) Critères d'acceptation des déchets
- 4) Conception et construction
- 5) Exploitation et désaffectation des sites.

On prévoit l'établissement de rapports techniques, et par la suite, quand les travaux seront suffisamment avancés, la rédaction de guides et de codes.

A cet égard, l'AIEA a d'ores et déjà établi un rapport sur les facteurs du choix des sites se prêtant à l'évacuation des déchets solides de haute activité et contenant des émetteurs alpha dans des formations géologiques, publié en 1977 dans la Collection Rapports techniques (n° 177). Les documents en préparation portent sur les sujets suivants: corrélation entre le type de déchets et les techniques d'évacuation dans le sol, guide pour l'enfouissement à faible profondeur, et procédures d'approbation pour l'évacuation de déchets solides dans les roches profondes du bouclier continental. La publication de ces rapports est prévue pour 1979. On prévoit qu'ils seront complétés par des documents décrivant les études à effectuer pour déterminer et contrôler le choix d'un site pouvant convenir à diverses méthodes possibles d'enfouissement, de même que les principes de réglementation et les méthodes d'évaluation applicables à l'évacuation des déchets dans le sol.

SITES D'ENFOUISSEMENT REGIONAUX ET PROJETS DE DEMONSTRATION

L'idée de créer des sites régionaux pour l'évacuation des déchets a suscité un certain intérêt dans la mesure où cette formule permettrait de répondre aux besoins de tout un groupe de pays, surtout s'ils ne disposent pas de conditions géologiques et hydrologiques favorables. On s'intéresse beaucoup d'autre part à l'idée de créer une installation internationale pour la démonstration des méthodes d'évacuation des déchets de haute activité et contenant des émetteurs alpha dans les formations géologiques profondes. La question d'une coopération internationale dans ce domaine reste ouverte.

On peut aussi envisager l'élimination des déchets dans le cadre d'une planification régionale ou internationale du cycle du combustible nucléaire, ce qui serait particulièrement intéressant pour les pays dont les programmes nucléo-énergétiques sont relativement peu importants. L'AIEA a examiné la possibilité d'installer au même endroit des sites d'enfouissement et des usines régionales de retraitement dans son Etude sur les centres régionaux du cycle du combustible nucléaire, publiée en 1977. Cette étude devrait offrir aux pays intéressés d'utiles éléments de base pour étudier les perspectives d'une action internationale commune dans ce domaine. Les multiples aspects de l'élimination des déchets pourront également être examinés à l'occasion de l'Évaluation internationale du cycle du combustible nucléaire, projet multinational lancé par les Etats-Unis pour étudier sous l'angle de la non-prolifération différentes stratégies du cycle du combustible nucléaire.

Chronique du Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP)

Au 13 juillet 1978, l'Agence internationale de l'énergie atomique avait conclu des accords de garanties avec soixante-quatorze pays parties au Traité de non-prolifération (TNP) qui ne sont pas dotés d'armes nucléaires. Des accords de garanties étaient entrés en vigueur avec cinquante-sept d'entre eux. En outre, dix-sept accords de garanties conclus avec autant d'Etats non dotés d'armes nucléaires ont été approuvés par le Conseil des gouverneurs et attendent leur entrée en vigueur. La date entre parenthèses qui suit le nom d'un Etat est celle à laquelle l'accord de garanties devait ou doit entrer en vigueur.

LEGENDE:

Caractères gras: Etats avec lesquels les accords de garanties conclus sont entrés en vigueur.

Italiques: Etats avec lesquels il n'y a pas d'accord de garanties en vigueur.

*: Accord de garanties conclu et approuvé attendant son entrée en vigueur.

ETATS PARTIES AU TNP QUI NE SONT PAS DOTES D'ARMES NUCLEAIRES

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1. Afghanistan | 19. Equateur |
| 2. Allemagne, République fédérale d' | 20. Ethiopie |
| 3. Australie | 21. Fidji |
| 4. Autriche | 22. Finlande |
| 5. <i>Bahamas (10 janvier 75)</i> | 23. <i>Gabon* (7 août 75)</i> |
| 6. Belgique | 24. <i>Gambie* (12 novembre 76)</i> |
| 7. <i>Bénin (30 avril 74)</i> | 25. Ghana |
| 8. <i>Bolivie* (5 mars 72)</i> | 26. Grèce |
| 9. <i>Botswana (5 mars 72)</i> | 27. <i>Grenade (19 février 76)</i> |
| 10. Bulgarie | 28. <i>Guatemala* (22 mars 72)</i> |
| 11. <i>Burundi (19 septembre 72)</i> | 29. <i>Haiti* (2 juin 72)</i> |
| 12. Canada | 30. <i>Haute-Volta (5 mars 72)</i> |
| 13. Chypre | 31. Honduras |
| 14. <i>Costa Rica* (5 mars 72)</i> | 32. Hongrie |
| 15. <i>Côte d'Ivoire (6 septembre 74)</i> | 33. Irak |
| 16. Danemark | 34. Iran |
| 17. El Salvador | 35. Irlande |
| 18. <i>Empire Centrafricain (25 avril 72)</i> | 36. Islande |

- | | |
|---|---|
| 37. Italie | 70. <i>République Arabe Syrienne (5 mars 72)</i> |
| 38. <i>Jamahiriya Arabe Libyenne (26 novembre 76)</i> | 71. République de Corée |
| 39. <i>Jamaïque* (5 mars 72)</i> | 72. République démocratique allemande |
| 40. Japon | 73. <i>République démocratique populaire Lao (5 mars 72)</i> |
| 41. Jordanie | 74. République Dominicaine |
| 42. <i>Kampuchéa démocratique (2 décembre 73)</i> | 75. <i>République-Unie du Cameroun (5 mars 72)</i> |
| 43. <i>Kenya (5 mars 72)</i> | 76. Roumanie |
| 44. Lesotho | 77. <i>Rwanda (20 novembre 76)</i> |
| 45. Liban | 78. <i>Samoa* (18 septembre 77)</i> |
| 46. <i>Libéria (5 mars 72)</i> | 79. <i>Saint Marin* (5 mars 72)</i> |
| 47. <i>Liechtenstein* (20 octobre 79)</i> | 80. Saint-Siège |
| 48. Luxembourg | 81. <i>Sénégal* (17 Juin 72)</i> |
| 49. Madagascar | 82. <i>Sierra Leone* (26 août 76)</i> |
| 50. Malaysia | 83. Singapour |
| 51. Maldives | 84. <i>Somalie (5 mars 72)</i> |
| 52. <i>Mali (5 mars 72)</i> | 85. Soudan |
| 53. <i>Malte (5 mars 72)</i> | 86. Swaziland |
| 54. Maroc | 87. Suède |
| 55. Maurice | 88. <i>Suisse* (9 juin 75)</i> |
| 56. Mexique | 89. Suriname |
| 57. Mongolie | 90. <i>Tchad (10 septembre 72)</i> |
| 58. Népal | 91. Tchécoslovaquie |
| 59. Nicaragua | 92. Thaïlande |
| 60. <i>Nigeria (5 mars 72)</i> | 93. <i>Togo (5 mars 72)</i> |
| 61. Nouvelle-Zélande | 94. <i>Tonga* (7 janvier 73)</i> |
| 62. Norvège | 95. <i>Tunisie (5 mars 72)</i> |
| 63. <i>Panama* (13 juillet 78)</i> | 96. Uruguay |
| 64. <i>Paraguay* (5 mars 72)</i> | 97. <i>Venezuela (26 mars 77)</i> |
| 65. Pays-Bas | 98. Yougoslavie |
| 66. <i>Pérou* (5 mars 72)</i> | 99. Zaïre |
| 67. Philippines | [100. (<i>"République de Chine"</i> – 5 mars 72)] ¹ |
| 68. Pologne | [101. (<i>République socialiste du Viet Nam – 10 mars 73</i>)] ¹ |
| 69. <i>Portugal* (15 juin 79)</i> | |

¹ La "République de Chine" a ratifié le TNP. La République socialiste du Viet Nam reconsidère sa position à l'égard du TNP.