

Analyse de systèmes de gestion des déchets

Esquisse d'un schéma décisionnel pour la gestion des déchets de faible et moyenne activité

par William L. Lennemann

La gestion des déchets radioactifs est en quelque sorte la barrière qui sépare les applications de l'énergie nucléaire des effets potentiellement nuisibles, pour l'homme et son environnement, des déchets radioactifs qui en résultent. Parmi les diverses spécialités ou disciplines qui doivent intervenir pour assurer une gestion compétente et valable des déchets radioactifs, citons l'ingénierie, la chimie, la biologie, les sciences géologiques, la radioprotection, l'analyse des coûts et du rapport risque-avantages, des aspects économiques ou de la rentabilité, de la faisabilité, les évaluations concernant l'environnement et l'analyse de systèmes, ainsi qu'une bonne connaissance des communications, des relations publiques, des phénomènes politiques et des climats sociaux et politiques.

Toutes ces compétences ne peuvent se trouver réunies chez une même personne, si bien que la gestion des déchets radioactifs est nécessairement un travail d'équipe.

Au stade actuel, les considérations économiques, les rapports coût-efficacité et risque-avantages des opérations de gestion intéressent généralement peu le public. On fait ce que l'on doit faire, sous la pression des facteurs politiques et sociaux. Dans tous les pays, la gestion et l'élimination des déchets radioactifs relèvent d'une direction et d'un contrôle politiques dans le cadre d'une réglementation bureaucratique, et les décisions à prendre dans ce contexte répondent parfois plus à des pressions de la société qu'à des impératifs techniques. Il appartient néanmoins aux responsables de la gestion des déchets radioactifs de déterminer les rapports coût-efficacité et risque-avantages de diverses options et systèmes de gestion à l'intention de la direction des instances politiques et réglementaires, afin qu'ils n'ignorent pas les conséquences de leurs décisions, quelles qu'elles puissent être.

Le choix du procédé de gestion ou de l'équipement ne doit pas dépendre seulement de l'avis du fournisseur ni supposer que l'acheteur est au courant de tout. Le chef d'une entreprise qui produit ou traite des déchets radioactifs devrait compter parmi son personnel des

spécialistes en la matière ou avoir la possibilité de consulter des experts indépendants et impartiaux. L'industrie nucléaire a dépensé inutilement des dizaines de millions de dollars pour ne pas s'en être tenue à ce principe élémentaire.

La façon la plus logique d'évaluer les diverses options qui sont offertes en matière de gestion des déchets radioactifs est de considérer la manipulation, le traitement et l'élimination définitive des déchets comme une seule et unique opération commençant là où ils sont produits et finissant au moment où ils disparaissent. Le système peut être logiquement subdivisé et comporter plusieurs phases. Ce qui est accompli pendant une de ces phases peut imposer des contraintes ou exiger une certaine souplesse pendant une autre phase.

Système de gestion des déchets radioactifs

Selon leur forme physique, les déchets peuvent être classés en cinq catégories génériques, aux fins de traitement et de conditionnement:*

- les liquides, dont les boues fluides,
- les solides humides, dont les boues épaisses,
- les solides secs,
- les déchets compactables,
- les gaz.

Les radionucléides gazeux qui posent normalement quelques problèmes sont le krypton 85, le carbone 14, l'hydrogène 3 (tritium) et l'iode 129. Ils sont généralement rejetés dans l'atmosphère où ils se dispersent. Leur rétention en vue de leur évacuation de manière acceptable, sous forme gazeuse, est controversée. Cela dit, il est techniquement possible de récupérer ces gaz et de les transformer en matières solides que l'on peut éliminer de façon plus acceptable. En conséquence, on suppose que tel est bien le cas, dans la mesure où la rétention et le confinement de ces radionucléides deviennent nécessaires.

Chaque composant d'un système de gestion comporte plusieurs options qui impliquent des décisions à prendre en ce qui concerne les objectifs, la technologie et les cri-

M. Lennemann travaille actuellement pour la Science Applications International Corporation à McLean, Virginie (Etats-Unis). Ancien chef de la Section de la gestion des déchets de l'AIEA, il s'est rendu dans des pays en développement, en qualité d'expert de l'Agence, pour y faire des conférences sur cette question. Le présent article reprend l'essentiel de l'une de ses conférences.

* Les déchets dont il s'agit dans le présent article sont ceux des catégories de faible ou moyenne activité qui contiennent des quantités négligeables de radionucléides transuraniens de longue période. Certains pays appliquent aussi des normes restrictives aux teneurs en produits de fission et d'activation de longue période. La période est dite longue quand elle excède 50 ans.

tères susceptibles d'influer sur les opérations en cours ou sur les suivantes, c'est-à-dire d'autres décisions quant aux options à choisir pour d'autres composants du système. Par exemple, le choix du site ou de la méthode d'évacuation peut influencer sensiblement le choix du traitement ou de l'emballage des déchets, et vice versa.

Pour clarifier l'exposé, on pourrait considérer que les divers composants d'un système de gestion sont en somme des stades de décision. Dans toute la mesure du possible, la prise de décision relative à la gestion des déchets devrait prendre en considération tous les effets de la décision en préparation sur tous les composants du système et ne pas se limiter essentiellement au composant en question ou à un ou deux autres (voir la figure ci-dessous).

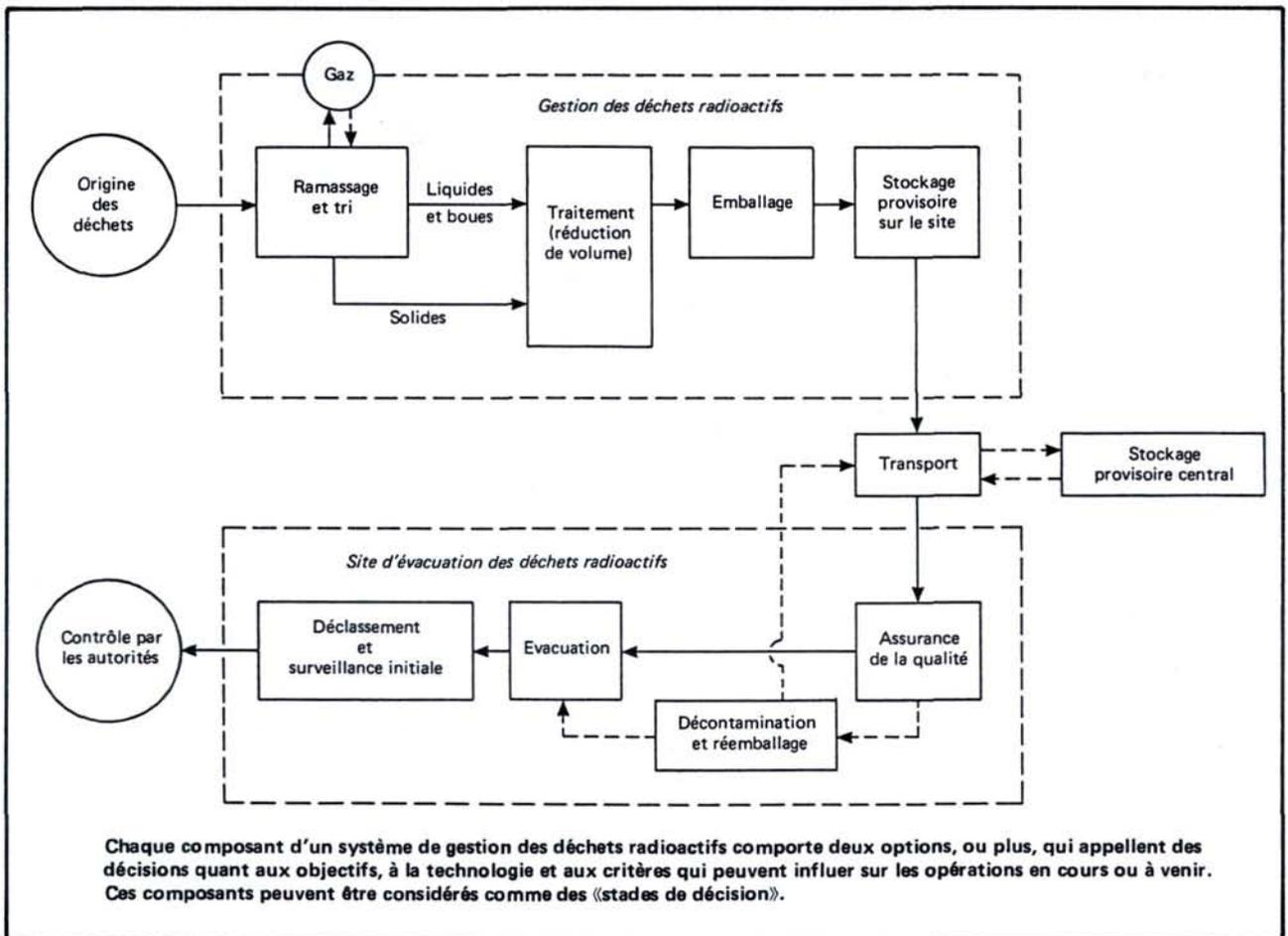
Une décision évidemment importante, mais souvent négligée, consiste à normaliser dès le début les colis de déchets, lesquels se composent d'un contenu et d'un contenant. L'intérêt que présente la normalisation du traitement ou de la forme des déchets peut dépendre de la situation nationale ou locale du moment. Cependant, la normalisation de la taille, de la forme et des moyens de manutention des colis présente des avantages évidents du point de vue de leur manipulation, de leur transport et de leur évacuation. Lorsque les colis sont normalisés en fonction de la forme des déchets ou du risque radiologique, il est plus facile de les grouper dans un même conteneur ou cadre et de simplifier ainsi la manutention et l'élimination.

Options de gestion

On dispose actuellement de diverses options et de plusieurs technologies pour organiser et équiper les différents composants d'un système de gestion des déchets radioactifs. La réduction volumique consiste essentiellement à extraire des déchets les produits non radioactifs, tels l'eau, l'air et les matières organiques combustibles. Le conditionnement consiste généralement à fixer un déchet liquide ou solide dans une matrice solide. Si les radionucléides et le déchet solide se présentent sous une forme non aisément dispersable ou si la matière radioactive fait partie intrinsèque du déchet lui-même, comme c'est le cas d'une matrice métallique contenant une radioactivité induite fixée, on peut alors se passer de conditionnement.

Une des décisions à prendre est le choix de l'option et/ou de la technologie à adopter pour chaque composant du système. Il faut ensuite considérer l'ensemble pour déterminer dans quelle mesure une décision concernant un composant est compatible avec les autres composants et évaluer les effets favorables ou défavorables des ajustements du système qu'il peut y avoir lieu de faire à la suite de la décision prise.

En procédant à une analyse du système, on peut optimiser les volumes et la manutention des colis de déchets sur le plan des coûts et des effets nuisibles, tels les risques de radioexposition. Par exemple, on peut tout simplement séparer les déchets radioactifs des déchets

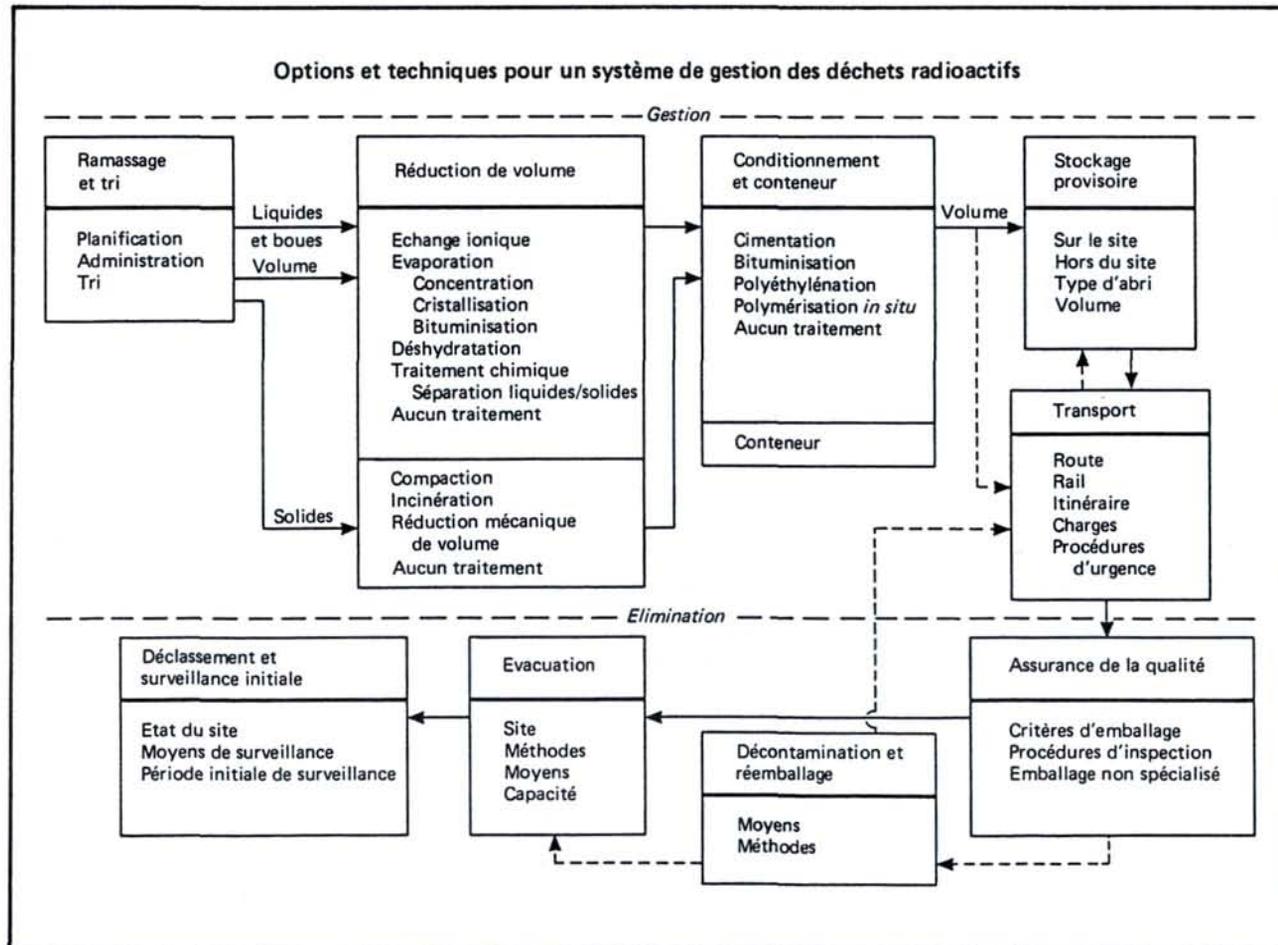
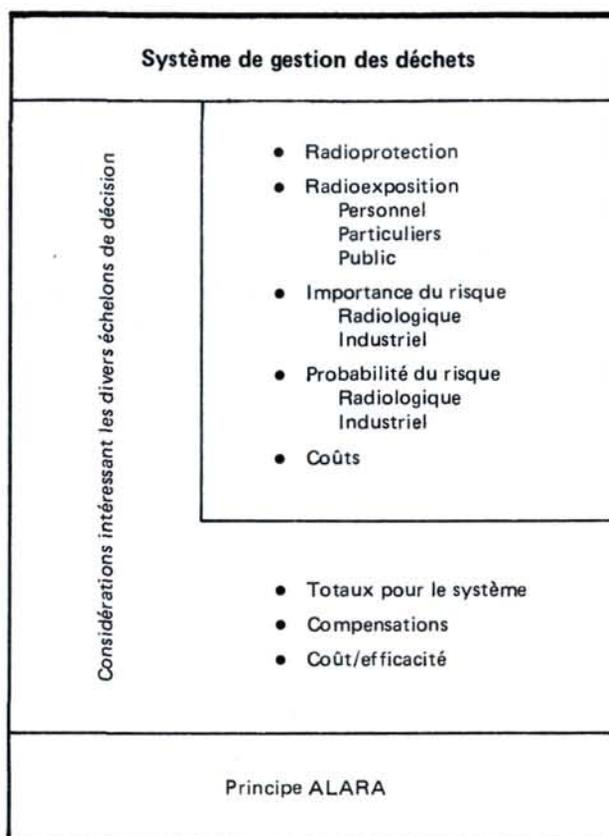


non radioactifs ou faire un tri parmi les déchets radioactifs pour les grouper en vue de leur traitement ou de leur élimination, ce qui, dans certains cas, revient finalement à en réduire le volume. Il faut, en l'occurrence, bien peser les avantages et les inconvénients de l'opération, notamment le coût de ce tri et les risques professionnels qu'il implique (*voir le graphique correspondant*).

Optimisation du système

Lorsque l'on prend une décision concernant un ou plusieurs composants d'un système de gestion, il faut d'abord considérer les doses de rayonnement et le déchet éventuel, tant sur le plan radiologique qu'en ce qui concerne la sûreté industrielle (nuisances et risques) ainsi que le capital à investir et les coûts d'exécution (*voir le tableau correspondant*). L'évaluation des dérivés, de la sûreté globale et des coûts de l'exploitation du système en vertu d'une décision et la comparaison de cette option avec une ou plusieurs autres options possibles, peuvent se faire en additionnant les éléments constitutifs des divers composants du système, à l'aide de critères communs d'appréciation ou d'une échelle d'unités avec possibilité d'ajustements. On peut ainsi optimiser le système pour en obtenir les résultats souhaités.

Cette optimisation implique des concessions en ce sens que pour améliorer les conditions d'exploitation



d'un composant il faut éventuellement accepter de tempérer les objectifs d'un ou plusieurs autres composants. En d'autres termes, il s'agit de savoir comment dépenser les crédits pour obtenir le meilleur résultat d'ensemble. Par exemple, les fonds utilisés pour réduire les radioexpositions individuelles seraient peut-être plus judicieusement employés à réduire un élément de risque.

L'argent est une ressource tant pour l'entreprise privée que pour l'entreprise d'Etat. L'analyse des coûts et des rendements sert à décider si une dépense ou une économie est vraiment justifiée ou si les fonds, utilisés à d'autres fins, ne serviraient pas mieux les intérêts de particuliers ou du public. Par exemple, les fonds dépensés pour abaisser les niveaux de radioexposition de certains groupes de la population seraient peut-être plus utilement affectés à la recherche médicale sur le cancer, notamment, ou encore à la réduction d'autres nuisances impliquant un risque grave pour la santé de certains groupes de la population. L'important est que le prix d'une vie humaine reste vraisemblablement le même quelle que soit la cause de la maladie débiliteuse ou de la mort.

Dans les pays dont les ressources financières sont limitées, les crédits affectés à la santé publique devraient être utilisés là où ils seraient le plus utiles, en dépit, et compte tenu du problème de la radioexposition. Ainsi,

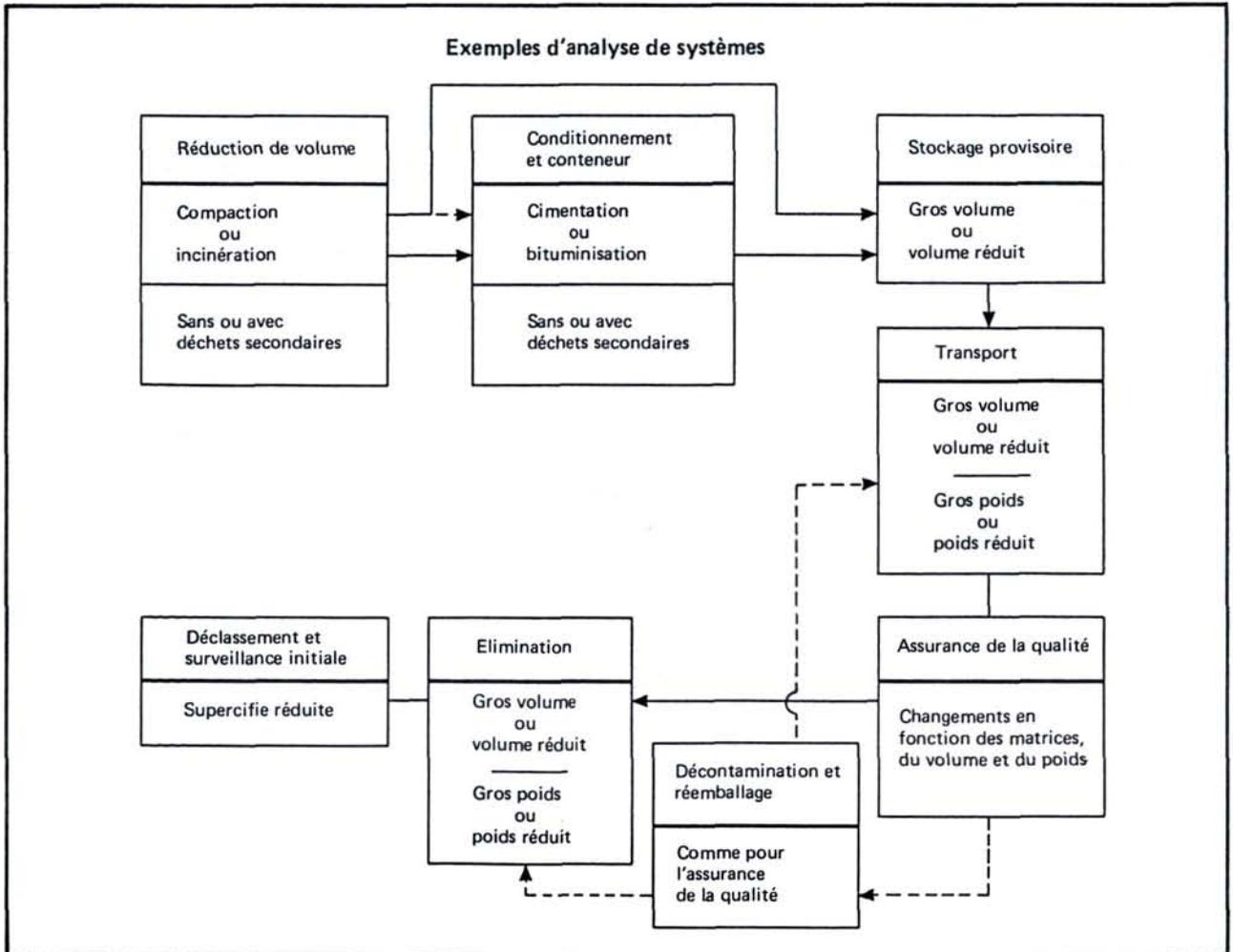
il se peut que l'on parvienne à réduire davantage les niveaux de radioexposition en affectant les crédits réservés à cette fin à un autre secteur du système de gestion des déchets ou même à une autre partie du programme d'énergétique nucléaire. Le principe ALARA* recommandé par la Commission internationale de protection radiologique laisse une certaine latitude dans le choix des objectifs de la radioprotection, car les considérations d'ordre social et économique dont les autorités réglementaires doivent tenir compte peuvent varier très sensiblement d'un pays à l'autre et faire l'objet d'ajustements en fonction des circonstances ou de la situation.

Certains des facteurs à considérer lors d'une analyse de système concernant deux techniques rivales de réduction des déchets sont indiqués sur le tableau correspondant. Deux exemples ont été choisis:

- cimentation ou bituminisation des boues fluides ou des fonds d'évaporateurs;
- compaction ou incinération des déchets solides combustibles.

Alors que les déchets compactés sont déjà conditionnés, les cendres résultant de l'incinération peuvent

* «As Low As Reasonably Achievable». En vertu de ce principe, la radioexposition doit être maintenue aux niveaux les plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu de considérations d'ordre social et économique.



Comparaison des techniques de réduction du volume

*Cimentation
Compaction*

Bituminisation
Incinération***

Avantages et inconvénients comparés

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Moindres volumes unitaires ● Moins d'espace de stockage ● Transport réduit ● Superficie d'évacuation réduite ● Meilleure résistance du bitume à l'action de l'eau | <ul style="list-style-type: none"> ● Procédé plus compliqué ● Investissements supérieurs ● Frais d'exploitation accrus ● Coûts accrus par unité de volume initial ● Moins de protection ● Radioactivité plus élevée ● Déchets secondaires ● Léger risque d'incendie |
|---|---|

Compensations

- Valeur du terrain devenu inutile supérieure aux coûts supplémentaires
- Risques de la réduction de volume ou risques de l'autre procédé
- Radioexpositions associées à la réduction de volume ou radioexpositions associées à l'autre procédé

* Pour les boues fluides et les résidus d'évaporation.
** Pour les déchets solides combustibles.

se disperser facilement et il y a vraisemblablement lieu de les fixer en les conditionnant soit par cimentation, soit par bituminisation. Les principaux aspects à considérer quant à leurs effets sont les réductions de volume et de poids et les déchets secondaires résultant de ces opérations, car ces effets se traduisent par des radioexpositions, des risques et des dépenses dont l'analyse de système doit tenir compte.

Quelques avantages et inconvénients évidents de la bituminisation par rapport à la cimentation et de l'incinération par rapport à la compaction, qui sont à retenir dans l'analyse de système, sont résumés dans le tableau ci-dessus. Il y en a certainement d'autres, mais ceux-ci suffisent à titre d'exemples et répondent au souci de concision. Le pour et le contre s'équilibrent à peu près en ce qui concerne la bituminisation et la cimentation, à cela près que le bitume résiste mieux à l'action de l'eau que le ciment ou le béton.

Sur le tableau sont également indiqués plusieurs compromis à envisager pour réduire le volume des déchets en vue de leur élimination. Sous l'angle du rapport coût-efficacité, les questions suivantes peuvent se poser: 1) Les dépenses supplémentaires dues à la réduction de volume sont-elles compensées par les économies de manutention, de transport et d'élimination augmentées de la valeur du terrain qui n'est plus nécessaire pour l'évacuation? 2) Les fonds supplémentaires ainsi dépensés pourraient-ils être plus utilement employés dans le domaine de l'énergie nucléaire (par exemple pour la formation ou l'amélioration du réseau routier ou des moyens de transport des matières nucléaires et des déchets radioactifs en vue de réduire encore les risques) ou dans l'intérêt national (par exemple pour la recherche appliquée, la construction d'installations médicales, la récupération de terres pour l'agriculture ou la construction de logements pour la population)?

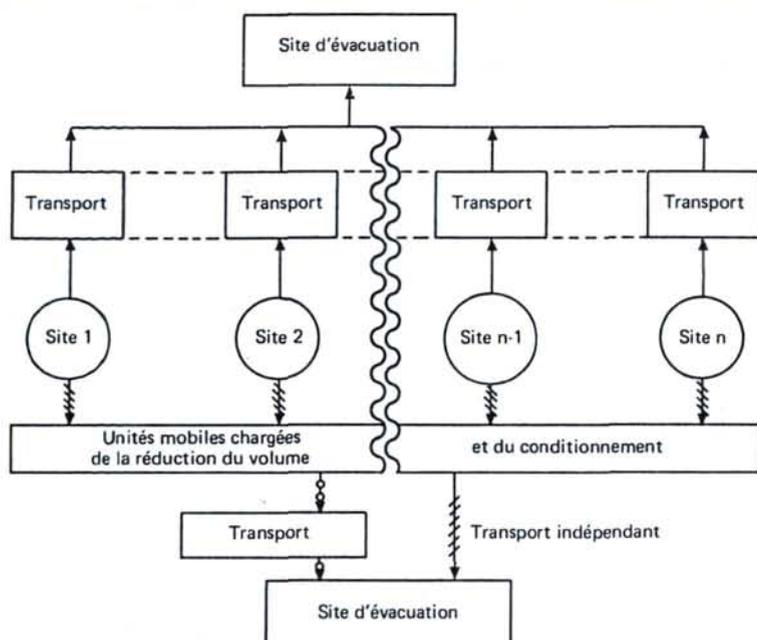
Choix entre divers systèmes

Parmi les divers systèmes possibles de gestion des déchets à l'échelon national ou régional, le plus communément adopté consiste à laisser à chaque centrale ou autre producteur de déchets le soin de prendre les dispositions nécessaires pour faire conditionner et transporter ses déchets à un centre régional ou national chargé de les éliminer sur un site d'enfouissement, par exemple.

Une autre possibilité, plus économique et impliquant moins de responsabilités et de risques, serait qu'un groupement d'exploitants de centrales, éventuellement détenteurs d'autres autorisations leur permettant de posséder et de manipuler des matières nucléaires, crée une entreprise commune ou une coopérative qui assurerait la manutention des déchets radioactifs emballés et leur transport jusqu'à un site national ou régional d'enfouissement, ou encore qu'ils puissent s'adresser à un organisme national de ramassage qui se chargerait de ce service.

Une troisième option consisterait à prévoir sur le site de chaque centrale une installation de stockage provisoire des résidus d'évaporation, des résines échangeuses d'ions et des déchets radioactifs compactables et combustibles, etc., que des équipes mobiles viendraient traiter et conditionner périodiquement. Cette solution serait plus économique, car elle permettrait d'éviter la multiplication des installations de traitement et de conditionnement, lesquelles ne sont utilisées que périodiquement sur leurs divers sites, et supprimerait la nécessité de former et d'affecter du personnel à ces opérations ainsi que l'inconvénient des interventions périodiques sur les sites. On éliminerait aussi de cette façon les éléments supplémentaires de risque dus à l'exploitation de nombreuses installations de traitement et de conditionnement. Cette option serait donc probablement la plus

Options pour un système national ou régional de gestion des déchets radioactifs



Légende:

- Option 1: Pratique habituelle
- - - Option 2: Ramassage et transport groupés des déchets emballés
- ~~~~~ Option 3: Unités mobiles pour le traitement et l'emballage
- Option 4: Unité mobile embarquée pour le traitement, l'emballage et le transport

sûre. Elle serait particulièrement intéressante lorsque les centrales sont situées à proximité d'une côte ou d'une voie navigable et donc accessibles à de grandes installations embarquées de gestion des déchets.

Il existe une quatrième possibilité, qui est un développement de la troisième solution, à savoir que l'installation embarquée pourrait être dotée d'une capacité de stockage des déchets radioactifs emballés qui lui permettrait de ne se rendre que périodiquement au site d'évacuation, à supposer évidemment que celui-ci soit facilement accessible par voie d'eau. Pour des raisons évidentes, une unité terrestre mobile ne serait pas en mesure d'assurer ce service.



M. N.I. Ryzhkov, président du Conseil des ministres de l'URSS (à gauche), en compagnie de M. Hans Blix, à Moscou. (Photo: APN, Moscou)

