Garanties internationales et stockage définitif du combustible épuisé dans des formations géologiques

Des dispositions sont prises pour étudier des directives et des méthodes de contrôle

par A. Fattah et N. Khlebnikov

La pratique consistant à ne pas retraiter le combustible épuisé, opération qui permet de récupérer le plutonium et d'autres éléments, est un important aspect de la gestion du combustible. Les pays qui ont adopté cette solution cherchent à conditionner le combustible en vue de l'évacuer dans des formations géologiques. De toute façon, il faut prévoir un stockage sur le site des réacteurs ou à l'extérieur de façon à conserver le combustible et à le laisser décroître jusqu'à ce que l'on dispose des aménagements nécessaires pour l'évacuer.

Plusieurs pays jugent d'ailleurs que le retraitement n'est pas rentable et ne l'envisagent pas. Depuis peu, le stockage définitif dans des formations géologiques semble se présenter comme une solution plus intéressante qu'on ne l'avait d'abord pensé, ce qui pose un certain nombre de problèmes nouveaux sur le plan des garanties. La communauté nucléaire estime qu'il est urgent d'aborder la question des garanties à long terme qu'il y aurait lieu d'appliquer en l'occurrence*. Il appartient donc à l'AIEA d'étudier les conditions et les méthodes de contrôle à appliquer à ces dépôts et d'élaborer des directives pour l'application des garanties avant que les installations ne soient mises en service.

Le dépôt de combustible nucléaire épuisé dans des formations géologiques n'est pas encore pratiqué, mais il est à l'étude. Des essais ont eu lieu au centre Climax, dans le Nevada (Etats-Unis). (Photo: USDOE)

Le problème de la levée des garanties

Le stockage définitif du combustible épuisé pose la question fondamentale de savoir si les conditions de la levée des garanties peuvent être réunies, où si les matières doivent demeurer indéfiniment sous garanties**. Selon les prescriptions en vigueur, les garanties peuvent être levées lorsque l'Agence établit que les matières ont été consommées ou diluées de telle sorte qu'elles ne peuvent plus servir à aucune activité nucléaire ou sont devenues pratiquement irrécupérables.

Certains ont estimé qu'il conviendrait que les qualificatifs «consommées», «diluées» ou «pratiquement irrécupérables» soient précisés par des critères techniques applicables au combustible irradié soustrait au cycle du combustible nucléaire. Qu'il soit stocké sur le site de la centrale ou à l'extérieur, le combustible épuisé ne peut pas être considéré comme «pratiquement irrécupérable». Quel que soit le mode de stockage provisoire, il est toujours possible d'y avoir accès et, par conséquent, les matières nucléaires qu'il contient sont récupérables.

MM. Fattah et Khlebnikov sont membres du Département des garanties de l'AIEA.

* «International Safeguards Concern of Spent Fuel Disposal Programme», par K.K.S. Pillay, compte rendu de la 29ème réunion annuelle de l'INMM (juin 1988), et «Final Disposal of Spent Fuel — Safeguards Aspects», par G. Stein, R. Weh, R. Randl et R. Gerstler, *ESARDA Bulletin*, No 12 (avril 1987).

** Les critères de la levée des garanties sont énoncés dans les documents de l'Agence INFCIRC/66/Rev.1, paragraphe 26 c) et INFCIRC/153, paragraphe 11.

La question n'est pas si simple lorsqu'il s'agit de stockage définitif, comme c'est le cas dans des formations géologiques et dans des structures de confinement ouvragées. Un dépôt permanent a pour objet d'isoler le combustible épuisé de la biosphère et d'empêcher l'homme d'y accéder.

Certains pensent effectivement que le combustible épuisé déposé dans des formations géologiques devient pratiquement irrécupérable parce qu'inaccessible. Or, à strictement parler, tel n'est peut-être pas le cas. Les produits que contient ce combustible épuisé deviennent plus aisément récupérables après une longue période de stockage, disons quelques décennies, car la radioactivité a considérablement décru, ce qui facilite notamment l'extraction du plutonium.

Le combustible épuisé pourrait aussi devenir une source irremplaçable de certains éléments couramment utilisés, tel le rhodium qui, allié au fer, donne un acier très résistant à la corrosion. En d'autres termes, les dépôts profonds contiendraient de grandes quantités de plutonium et d'autres éléments particulièrement intéressants.

Les changements de régime et de systèmes sociaux pourraient inciter à récupérer le combustible épuisé pour produire de l'énergie ou pour en extraire certains éléments. Il sera toujours possible d'accéder aux matières nucléaires en stockage définitif profond, même après la fermeture du dépôt, et ceux qui auront ainsi stocké du combustible épuisé auront la possibilité de le récupérer le moment venu. Les moyens techniques utilisés pour le mettre en place peuvent aussi bien servir à le récupérer. A supposer qu'un Etat ait l'intention de détourner des matières contenues dans des éléments combustibles en dépôt permanent, il n'existe aucun moyen concevable de l'en empêcher.

A ce point, il se pose une question fondamentale, à savoir dans quelle mesure faudrait-il continuer d'appliquer des garanties au combustible épuisé. Selon certains, on pourrait le faire pendant longtemps encore après la fermeture du dépôt. D'autres, en revanche, ne sont pas de cet avis et pensent qu'il est peu réaliste du point de vue pratique d'envisager d'appliquer des garanties *à perpétuité*.

Définition d'une politique des garanties pour le combustible épuisé

Etant donné les divers problèmes d'ordre technique, social et politique que soulève cette question, l'AIEA a pris l'initiative de rechercher un consensus international en faveur d'une politique des garanties applicable au combustible épuisé placé dans des dépôts permanents à grande profondeur. Un groupe consultatif sur l'application de garanties à appliquer aux matières nucléaires contenues dans les déchets et le combustible épuisé en stockage définitif s'est réuni au Siège de l'AIEA en septembre 1988; 43 représentants de 17 Etats Membres et d'Euratom assistèrent à cette réunion*. Le groupe a longuement discuté sur le point de savoir si le simple fait de placer le combustible épuisé dans le dépôt profond — le dépôt pourrait d'ailleurs être partiellement aménagé ou le combustible plus ou moins conditionné — rendrait les matières pratiquement irrécupérables. Il a formulé des recommandations qui contribueront certainement à l'élaboration de la politique à suivre, dont voici l'essentiel:

- Le combustible épuisé ne peut être considéré comme pratiquement irrécupérable à aucun moment avant ou après son évacuation dans une formation géologique, ni même après la fermeture du dépôt, et l'AIEA ne devrait pas lever les garanties qui s'y appliquent.
- Aux différents stades depuis le chargement du combustible dans le réacteur, en passant par le stockage provisoire hors du site et jusqu'au début du conditionnement, on pourrait maintenir les matières sous garanties en adaptant les mesures de contrôle actuelles.
- C'est à partir du moment où l'on commence à conditionner le combustible jusqu'au moment où on le place définitivement dans le dépôt que se posent de nouveaux problèmes de garanties. Ils sont dus au démontage et au regroupement éventuel des assemblages combustibles initiaux, à leur placement dans un conteneur et au dépôt de ce conteneur dans la formation géologique. Ces opérations exigeraient que l'on ait davantage recours aux mesures de confinement/surveillance (C/S) et à d'autres moyens de contrôle. Si le système des garanties ne permet pas d'obtenir le degré d'assurance voulu, il sera impossible dans la plupart des cas de reconstituer l'état de stock en procédant à de nouvelles mesures. Pour multiplier les possibilités de confinement/surveillance et autres moyens de contrôle, il faudrait en toute priorité étudier et mettre au point les systèmes nécessaires. Pour faciliter l'application des mesures de confinement/surveillance, il conviendrait que l'Agence engage sans tarder des consultations avec l'Etat ou le bureau d'études intéressé.
- On pourrait considérer le combustible épuisé comme pratiquement inaccessible pour un contrôle physique après remblayage et fermeture du dépôt entièrement exploité.
- Certains problèmes techniques et juridiques doivent être résolus avant l'application des garanties à un dépôt fermé.

L'Agence doit mettre au point une méthode de contrôle pour ces dépôts profonds pendant qu'ils sont en service et après leur fermeture, et pour les installations de conditionnement associées avant qu'elles soient mises en service.

Le combustible épuisé et la situation actuelle

La méthode fondamentale de contrôle que l'Agence applique aux assemblages combustibles consiste à dénombrer les articles. Elle repose sur le principe que l'intégrité de chaque article peut être assurée soit parce que la manipulation frauduleuse d'un assemblage serait si difficile que l'on peut la considérer comme improbable, soit que des mesures de contrôle sont prises pour constater ou confirmer l'intégrité de l'article. La détermination de la teneur en matières nucléaires est fondée

* Réunion d'un groupe consultatif de l'AIEA sur l'application des garanties aux matières nucléaires contenues dans les déchets et le combustible irradié en stockage définitif, STR-243 (Rev. 1), Vienne (1988).

sur les mesures faites au stade de la fabrication et elle est modifiée en fonction des résultats du calcul de la production et de la perte de matières sous irradiation. On considère que la teneur en matières nucléaires peut être suivie tant que l'article conserve son intégrité.

Le succès de cette méthode de contrôle comptable dépend esentiellement de la possibilité pour l'Agence d'appliquer des mesures qui lui garantissent raisonnablement que l'article conserve son intégrité. Le contrôle comporte une combinaison de plusieurs mesures de confinement et de surveillance qui donnent cette assurance, et une vérification des expéditions de combustible. Le contrôle comptable par article est devenu plus difficile du fait des innovations techniques récentes, tels la multiplication des échanges de barres de combustible, l'augmentation de la capacité des râteliers des cuves de stockage, le groupement des barres de combustible, l'empilement des assemblages combustibles et l'emploi de paniers de stockage spéciaux ou de conteneurs collectifs afin de pouvoir loger le nombre croissant d'assemblages combustibles épuisés. Avec les méthodes actuelles, il est impossible de vérifier le chargement des châteaux de transport, le démontage et la reconstitution des assemblages combustibles, et l'enlèvement de barres de combustible.

Vu ces problèmes, on s'est demandé si les mesures de contrôle fondées sur la comptabilité par article étaient valables. On s'est intéressé plus récemment à la possibilité de revérifier l'intégrité par analyse non destructive, mais le recours aux mesures de confinement/surveillance pour confirmer l'intégrité, ou à l'analyse non destructive pour la revérifier, présente certaines difficultés pratiques.

On s'est heurté à des problèmes de contrôle analogues dans les installations extérieures de stockage dans l'eau et à sec. La capacité des installations de stockage dans l'eau, les caractéristiques de leur conception et la prolongation du stockage créent à leur tour des problèmes, car les possibilités de vérification sont considérablement restreintes. Même si l'on peut pratiquer l'analyse non destructive, les quantités sont telles que l'opération demande beaucoup trop de temps.

Le stockage du combustible irradié dans les paniers spéciaux ou dans les conteneurs collectifs pose de graves problèmes, ne serait-ce que pour dénombrer et identifier les articles. L'inaccessibilité empêche la vérification périodique directe. On a récemment mis au point une technique de stockage à sec pour remplacer le stockage dans l'eau. La vérification du contenu de chaque château de transport ne peut avoir lieu que pendant le chargement et la connaissance permanente de ce contenu devenu inaccessible ne peut être assurée que par les mesures de confinement et de surveillance. Pendant ce stockage à sec, il est généralement impossible d'ouvrir les conteneurs de sorte que l'on ne peut vérifier le contenu qu'au point de déchargement. La vérification aux fins des garanties consiste à dénombrer les articles, à identifier les conteneurs, à apposer des scellés et à prendre des mesures de confinement et de surveillance.

Il y a une difficulté qu'il ne faut pas oublier, à savoir que le combustible épuisé arrive à l'installation de conditionnement ou au dépôt permanent accompagné de la présomption que son intégrité a été préservée, mais sans que l'on en ait l'assurance formelle. S'il y a eu détournement et s'il n'est pas détecté avant l'évacuation, il ne le sera sans doute jamais, car il se peut que l'Agence n'ait jamais plus l'occasion de vérifier.

Garanties et dépôt profond

Avant d'être déposé dans une formation géologique, le combustible irradié doit passer par plusieurs stades dont chacun pose des problèmes de garanties particuliers qu'il faut résoudre pour obtenir une assurance acceptable qu'il n'y a pas eu détournement de matières nucléaires.

Installation de conditionnement. Le combustible épuisé ne peut être évacué que conformément aux critères fixés par l'Etat, lequel exige que les assemblages combustibles soient immobilisés ou conditionnés soit sur le site de la centrale soit dans une installation extérieure*. Ces opérations sont généralement exécutées à sec. Dès son arrivée à l'installation de conditionnement, le combustible épuisé est transféré dans une cellule chaude où les assemblages sont démontés. Les divers éléments sont alors placés dans des conteneurs répondant aux normes fixées pour le stockage définitif. Dans certains cas, il est nécessaire de les tronçonner. A ce stade, le problème est d'obtenir l'assurance que les assemblages combustibles ont conservé leur intégrité jusqu'à leur arrivée à l'installation de conditionnement. L'inconvénient du point de vue des garanties, c'est la perte de l'identité de l'assemblage combustible en tant qu'article distinct aux fins du contrôle comptable. La manipulation du combustible modifie son contenu et doit être suivie de près; aussi prend-on des mesures pour vérifier la teneur en matières nucléaires. L'efficacité des garanties dépend en effet des méthodes comptables utilisées pour vérifier le contenu et la composition des matières destinées au stockage définitif.

Il faut mettre au point des procédures permettant de s'assurer que tous les éléments combustibles irradiés sont comptabilisés et que le contenu de toutes les matières mises en stockage définitif fait l'objet d'un relevé précis. Des dispositions complémentaires doivent être prévues pour permettre aux inspecteurs de l'AIEA de vérifier que les matières nucléaires évacuées sont bien conformes aux déclarations de l'exploitant. De nouvelles méthodes de mesures et de nouvelles techniques de surveillance seront peut-être nécessaires.

Dépôt actif. D'après les projets, un dépôt dans une formation géologique ressemble à une mine et comporte généralement des galeries d'accès et des cavités creusées dans la formation**. Diverses installations auxiliaires sont construites en surface. L'accès aux chambres de stockage se fait par des puits de trois types différents

* «Final Disposal of Spent Fuel — Safeguards Aspects», par G. Stein, R. Weh, R. Randl et R. Gerstler, *ESARDA Bulletin*, n° 12 (avril 1987).

** «Safeguards Problem and Possible Solution with Deep Underground Disposal of Used Nuclear Fuel and Fuel Cycle Waste», par R.M. Smith et D.W. Jung, comptes rendus de la vingt-huitième réunion annuelle de l'INMM (1987). Voir aussi *Waste Management and Disposal*, groupe de travail n° 7 de l'INFCE, rapport final de la première conférence plénière de l'Evaluation internationale du cycle du combustible nucléaire (INFCE), Vienne, 27-29 novembre 1978, publication de l'AIEA STI/PUB/534, Vienne (1980).

par souci de commodité: un pour le passage des conteneurs, un pour le personnel et l'admission d'air de ventilation et un pour la sortie de l'air de ventilation. Les aménagements souterrains sont conçus de manière à permettre le creusement de nouvelles cavités, la réception, le transport et la mise en place des conteneurs, et le remblayage des chambres pleines. Les travaux de mine peuvent se poursuivre sans interruption. On creuse d'abord les cavités, ensuite les puits. Le combustible irradié venant du conditionnement arrive dans des conteneurs qui sont préparés dans les installations de surface en vue de leur stockage définitif. On les descend ensuite jusqu'au niveau voulu où ils sont transférés dans une chambre de stockage puis placés dans leur logement. Toutes ces opérations sont normalement télécommandées. Lorsque les conteneurs ont été mis en place, les vides sont comblés avec un matériau peu perméable.

Lorsque le dépôt est complet et que les cavités sont comblées, on procède au remblayage des galeries et de leurs accès. Ensuite, les puits sont comblés et obturés à leur tour, afin de reconstituer la formation dans son intégrité et de la remettre pratiquement dans son état initial.

En ce qui concerne les garanties, il importe d'identifier chaque conteneur qui pénètre dans le dépôt, de le suivre jusqu'à son emplacement final et de s'assurer qu'il y demeure jusqu'à ce que la cavité soit comblée et le dépôt fermé.

Aucune installation permanente de ce genre n'existe encore et l'on n'en prévoit pas pour l'avenir proche. Cependant, quelques Etats s'occupent activement de la question et envisagent d'en construire au début du siècle prochain. Dans le même temps, d'importants travaux de recherche-développement sont menés dans de nombreux pays en vue d'élaborer un plan définitif. Il importe donc au plus haut point de parvenir rapidement à un accord international au sujet des mesures de contrôle à appliquer à ce genre de dépôt.

Dépôt fermé. L'application de garanties à un dépôt après sa fermeture consistera vraisemblablement à prendre des mesures de confinement et de surveillance. Il faudra notamment s'assurer que la fonction de confinement de la matrice géologique n'est pas compromise. Il sera peut être nécessaire de procéder périodiquement à des inspections pour vérifier l'état des dispositifs anti-fraude accessibles et des appareils de détection. Il faudra peut être aussi faire une reconnaissance des alentours du site pour s'assurer qu'il n'y a eu ni creusement de tunnels ni autres travaux d'excavation.

En principe, les dépôts seront aménagés dans des régions tectoniquement inactives. Il faudra probablement attendre le milieu du siècle prochain pour voir un dépôt permanent entièrement rempli, remblayé et fermé. Il est impossible de prévoir les dispositions à prendre à ce stade en matière de garanties.

Nouveaux contrôles à envisager

L'objectif des garanties est d'avoir confirmation qu'il n'y a pas eu détournement de quantités significatives de matières nucléaires vers la fabrication d'armes nucléaires ou à d'autres fins. Le stockage définitif du combustible épuisé exige que l'on étudie les mesures de contrôle à lui appliquer éventuellement. La comptabilité matières, mesure de contrôle actuellement de toute première importance, ne pourra tout simplement pas se faire. En effet, comme le combustible épuisé deviendra inaccessible, il sera impossible de vérifier le stock physique.

Il n'est cependant pas exclu, lors des inspections couramment pratiquées, d'utiliser d'autres méthodes objectives qui se sont avérées techniquement applicables conjointement avec les mesures de confinement et de surveillance*. L'application de ces «méthodes objectives» pourrait aider à mettre au point une méthode de contrôle du combustible irradié placé dans des dépôts profonds.

Garanties pour les matières nucléaires difficilement accessibles. La méthode actuelle de contrôle du combustible irradié stocké à long terme dans un endroit d'accès difficile fait appel à un système modifié de confinement/surveillance expressément prévu dans le document INFCIRC/153**. Le cas se présente lorsque le combustible est placé dans des conteneurs soudés ou fermés par un dispositif impossible à ouvrir en vue d'une vérification, lorsqu'il faudrait en moyenne plus de 4 heures pour transporter ces articles à l'endroit le plus proche où l'on puisse les contrôler commodément, en ayant recours au matériel et aux méthodes habituelles de manutention. Avant de stocker du combustible dans un endroit difficile d'accès, il faut procéder au contrôle comptable d'usage afin de déterminer les manques globaux et partiels.

L'objectif des garanties est la continuité de la connaissance qui s'obtient en utilisant des dispositifs de confinement et de surveillance redondants fonctionnant indépendamment selon des principes physiques différents. Pour chaque voie de détournement, il faut obtenir au moins deux résultats positifs concluants et n'obtenir aucun résultat négatif concluant. Lorsque ces conditions sont remplies et que le combustible est effectivement sous confinement/surveillance, le contrôle comptable est suspendu. Il est indispensable néanmoins de revérifier les caractéristiques de conception à intervalles convenables pour s'assurer que les conditions qui rendent l'accès difficile n'ont pas changé.

Le système de confinement/surveillance utilisé en l'occurrence doit être extrêmement fiable et le degré de confiance dans l'exactitude de l'information doit être élevé. Toute alerte doit être suivie d'une action. En cas de défaillance du dispositif de confinement/surveillance, même lorsqu'il s'agit de combustible épuisé stocké auprès du réacteur, la revérification du stock de matières nucléaires peut poser un sérieux problème d'accès et être considérée comme très gênante par l'exploitant. Déterminer la cause d'une alerte peut aussi poser un problème de taille et, en fin de compte, il n'est pas certain qu'une revérification permette de conclure qu'il n'y a pas eu détournement.

* «Structure et contenu des accords à conclure entre l'Agence et les Etats dans le cadre du Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires», INFCIRC/153 (corrigé), Vienne (juin 1972).

** «Safeguards Policy Series Number 11», *Safeguards Reference Material for Negociations, Consultations and Discussions*, AIEA, Vienne (1988).

On voit donc que le facteur essentiel du succès de cette méthode dépend de la conception des dispositifs de confinement/surveillance, lesquels doivent être assez fiables pour donner des résultats positifs concluants. Les spécifications techniques de ces dispositifs doivent être conformes aux principes énoncés par le Groupe consultatif permanent pour l'application des garanties (SAGSI), à savoir que, si l'on est suffisamment assuré que les mesures de confinement/surveillance ne peuvent être contournées ou annulées d'aucune manière plausible, la revérification des matières dans le cadre de ces mesures ne s'impose pas*. Le système utilisé devrait être formé de dispositifs redondants fonctionnant indépendamment selon des principes physiques différents et avec un degré d'intégrité et de performance suffisant et contrôlable. Un système de confinement/surveillance est dit suffisant s'il est accepté comme moyen d'assurer la continuité de la connaissance pendant une période déterminée et à un niveau de confiance comparable à celui d'une précédente vérification des matières.

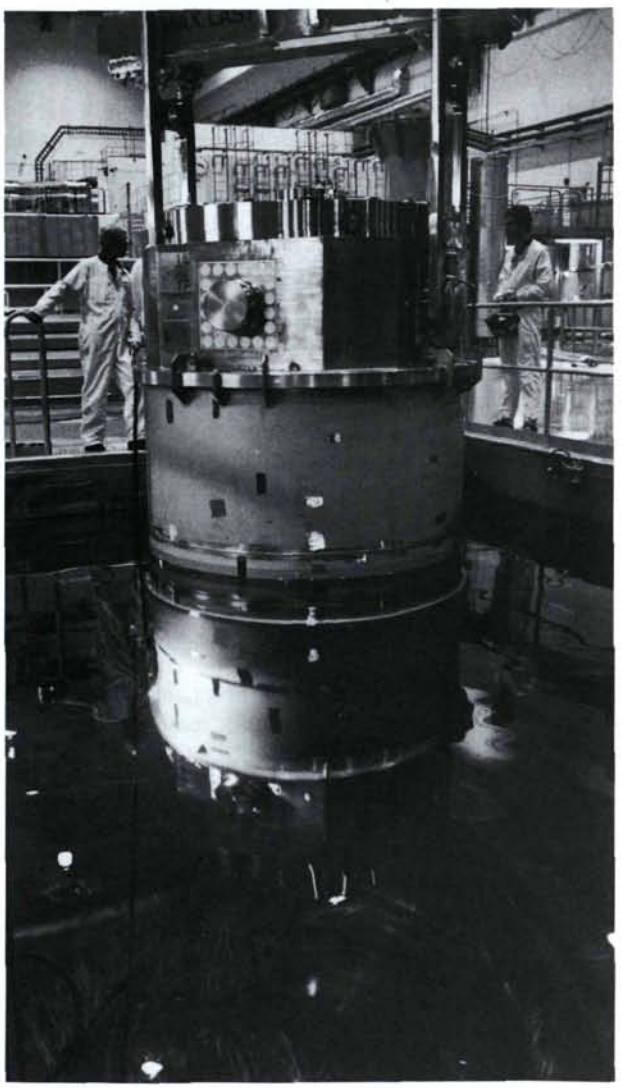
La réalisation, l'examen et le choix du matériel de confinement/surveillance aux fins des garanties est normalement un processus itératif. Les spécifications quantitatives et qualitatives de ce matériel en ce qui concerne la fiabilité, la disponibilité, l'inviolabilité et la vulnérabilité, la probabilité de fausse alerte, la probabilité de détection et l'authentification doivent satisfaire les exigences fonctionnelles et autres. Les spécifications de performance sont dérivées de ces exigences fonctionnelles. L'Agence, les autorités nationales chargées des garanties, les fabricants de matériel pour les garanties et les exploitants d'installations nucléaires doivent participer à la mise au point, à l'évaluation et à l'examen périodique des exigences fonctionnelles et des spécifications de performance.

On peut extrapoler la notion de difficulté d'accès et l'appliquer aux dépôts permanents en formations géologiques profondes, compte tenu de la conception et des caractéristiques physiques de ces dépôts. Les considérations qui précèdent et l'existence de systèmes multiples bien conçus de confinement/surveillance et autres mesures joueront certainement un rôle très important dans l'application des garanties à ce genre d'installation.

Conclusions

Le projet de stocker définitivement du combustible nucléaire irradié dans des dépôts en profondeur appelle une analyse fondamentale de systèmes portant sur diverses modalités possibles de garanties, analyse qui permettra de préciser les travaux de recherche-développement à entreprendre pour l'étude de concepts et de mesures spécifiques de contrôle. Cette analyse devrait comporter un examen des caractéristiques techniques des dépôts de combustible épuisé qui intéressent les garanties, afin de déterminer celles d'entre elles qui peuvent faciliter les contrôles, d'explorer les diverses modalités possibles de garanties quant à leur faisabilité, leur efficacité, leur coût, leur intrusion, etc., et de préciser le programme de recherche-développement à entreprendre. A cette fin, l'Agence a engagé des pourparlers sur la possibilité d'une initiative multinationale dans le cadre des programmes d'appui des Etats Membres.

A l'intérieur de l'installation CLAB de stockage de combustible irradié, en Suède, un château de transport est descendu dans une piscine de stockage. (Photo: SKB)



* «Performance Specification for Containment and Surveillance», Département des garanties, AIEA, Vienne, (non publié), et «Rapport au Directeur général sur la 23ème session du Groupe consultatif permanent pour l'application des garanties», 15–17 mai 1987, Vienne (août 1987).