UNE METHODOLOGIE POUR L'EVALUATION DES EXPOSITIONS DU PUBLIC LIEES AU STOCKAGE A FAIBLE PROFONDEUR DES DECHETS RADIOACTIFS DE FAIBLE ACTIVITE

F. VAN KOTE [+] A. BARTHOUX [+] M. OLIVIER [+] A. DESPRES [++]
A.M. CHAPUIS [++] A. BOUVILLE [++] Y. BELOT [++]

[+] CEA - Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs
[++] CEA - Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire

1 - Introduction

La France a choisi de stocker définitivement dans le sol, à faible profondeur, les déchets radioactifs de faible ou moyenne activité à vie courte. Depuis 1969, ces déchets sont stockés au Centre de la Manche, placé sous la responsabilité de l'Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) qui est chargée d'appliquer au plan industriel la politique de gestion des déchets radioactifs décidée par le gouvernement.

Le présent mémoire a pour objet d'exposer la méthode mise au point par l'ANDRA avec le concours de l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire et d'autres organismes spécialisés (notamment le Bureau de Recherches Géologiques et Minières et l'Ecole des Mines de Paris) pour évaluer les conséquences radiologiques potentielles maximales pour le public du Centre de la Manche et, d'une façon générale, de toute installation de ce genre.

2 - Objectifs et options techniques de sûreté

Les objectifs de sûreté assignés à tout centre de stockage sont :

- la protection des travailleurs et de la population actuelle et future
- la limitation de la durée de surveillance

Ceci conduit à diviser la vie d'un stockage en trois phases successives :

- la phase d'exploitation, pendant laquelle le stockage est construit, rempli, puis fermé
- la phase de surveillance, au cours de laquelle le centre est surveillé et a un accès contrôlé
- la phase de banalisation, pendant laquelle le centre ne fait plus l'objet de contrôles et est rendu à un usage normal. Le début de cette phase doit intervenir au plus tard 300 ans après celui de la phase précédente.

Les options techniques retenues pour atteindre les objectifs consistent à :

- limiter les quantités de radioéléments admises dans le stockage
- isoler les matières radioactives de l'environnement humain jusqu'à ce que leur radioactivité (due principalement à des émetteurs bêta ou gamma à période courte ou moyenne) ait pratiquement disparu par décroissance.

3 - Caractéristiques du stockage

Le stockage contient actuellement 200.000 m^3 de déchets. Au moment de sa fermeture, il pourrait en contenir 400.000 m^3 dont 20 % de très faible activité non enrobés en fûts métalliques et emballages assimilés et 80 % de faible ou moyenne

activité enrobés ou insolubilisés, en fûts métalliques, blocs ou monolithes de béton. Les colis de déchets sont placés soit dans des tumulus (empilements de colis dont les vides sont comblés par un matériau de remplissage) soit dans des monolithes de béton. Les ouvrages sont construits sur des dalles en béton comportant des caniveaux qui permettent de collecter les eaux d'infiltration éventuelle. Une fois remplis, ils sont protégés contre l'eau de pluie d'abord par une couverture provisoire de terre argileuse, puis par une couverture définitive imperméable comprenant, de l'extérieur vers l'intérieur, une couche de terre arable recouverte de végétation, une couche drainante et une couche d'argile. Deux réseaux indépendants permettent de collecter les eaux superficielles : le réseau pluvial qui recueille les eaux de ruissellement et le réseau séparatif qui collecte les eaux d'infiltration éventuelle dans les ouvrages jusqu'à des puisards et à un bassin où elles sont contrôlées.

La sûreté du stockage repose essentiellement

- sur les propriétés de confinement des colis et des ouvrages et dispositifs annexes pendant les phases d'exploitation et de surveillance
- sur la limitation des activités stockées et les propriétés du site (capacité de rétention et de dilution) pendant la phase de banalisation.

4 - Evaluation des risques radiologiques

Les conséquences radiologiques du centre concernent l'exposition externe des travailleurs pendant l'exploitation et l'exposition interne éventuelle du public liée au transfert des radionucléides par l'eau ou par l'air dont il sera question ci-après.

4.1. - Transfert des radionucléides par l'eau

Le transfert des radionucléides par l'eau est permanent pendant la phase de banalisation, à partir de laquelle on suppose que les ouvrages de stockage et leurs dispositifs annexes perdent brusquement leurs propriétés mécaniques et leur fonction d'isolation. Il a été modélisé en combinant un ensemble de paramètres explicités ci-après et ses conséquences radiologiques ont été évaluées.

Pendant les phases d'exploitation et de surveillance, le transfert des radionucléides par l'eau ne peut être du qu'à des évènements accidentels. Les conséquences de ces derniers peuvent être calculées à l'aide du modèle précité à partir d'hypothèses sur les débits et les durées des fuites.

Les paramètres qui interviennent dans le modèle sont

a) l'inventaire radioactif du stockage
En vue de définir la capacité radiologique du centre, un inventaire radioactif maximal hypothétique du stockage terminé compatible avec les prescriptions règlementaires a été retenu comme base de calcul.

b) l'infiltration de l'eau de pluie
Le taux d'infiltration maximum de la couverture a été pris égal à celui du terrain d'origine pendant les phases d'exploitation et de banalisation et cent fois plus faible pendant la phase de surveillance.

c) le vieillissement des colis
Un colis est considéré comme lixiviable dès que son conteneur est détérioré. Le retard à la lixiviation ("temps de latence") a été évalué pour deux familles de conteneurs : les fûts métalliques et emballages assimilés, les blocs et les monolithes de béton. Le vieillissement des colis ayant un caractère aléatoire du fait de la multiplicité des facteurs dont il dépend, la

distribution des temps de latence, de chaque famille de conteneurs a été représentée par une loi gaussienne.

Pour tenir compte d'aléas de fabrication et de manutention, on a considéré par ailleurs qu'un petit nombre de colis pouvaient être endommagés dès l'origine.

d) taux de lixiviation

Le taux de lixiviation d'un colis est le rapport de l'activité entraînée par l'eau en un an à l'activité résiduelle du colis au moment de la lixiviation. Les taux de lixiviation ont été supposés constants et proportionnels à la quantité d'eau infiltrée pendant chaque phase correspondant à un état différent de la couverture. Ils ont été déterminés en fonction des caractéristiques physico-chimiques des déchets en tenant compte,

- pour les déchets contenant des radioéléments naturels, des solubilités des combinaisons chimiques concernées
- pour les déchets non enrobés, des observations sur l'entraînement par l'eau de la radioactivité non fixée (première phase) et des coefficients de partage des radionucléides entre l'eau et la terre mélangée aux déchets (dernière phase)
- pour les déchets enrobés, des résultats d'expérience en vraie grandeur (première phase) et des coefficients de partage des radionucléides entre l'eau et le béton réduit en poudre (dernière phase).

e) transport dans le terrain

Les quantités des radionucléides atteignant l'exutoire (ruisseau Sainte Hélène) ont été calculés en fonction du temps au moyen d'un modèle utilisant les valeurs moyennes des paramètres mesurées sur le site. Quelques mesures ayant suggéré la possibilité d'une circulation rapide de l'eau à certains endroits, on a supposé q'une petite fraction de l'activité quittant le stockage arrivait directement dans le ruisseau sans rétention par le terrain.

f) utilisation de l'eau

On a considéré d'une part la situation actuelle (abreuvement de bétail), d'autre part l'utilisation hypothétique maximale (eau de boisson, poissons, produits agricoles, lait).

g) conséquences radiologiques

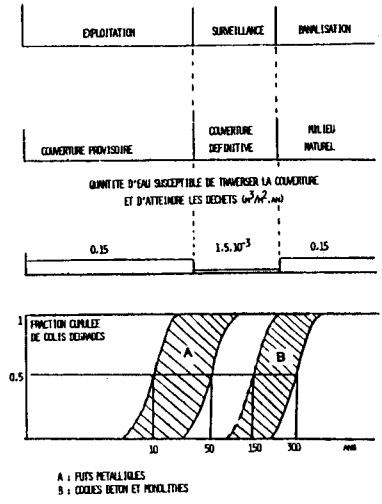
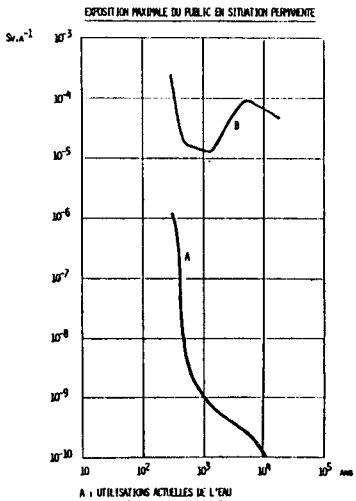
Les conséquences radiologiques du transfert pour l'individu le plus exposé ont été calculées en utilisant les facteurs de dose de la CIPR 30. Avec les hypothèses adoptées, l'exposition est maximale au début de la phase de banalisation et est directement liée aux activités totales stockées.

Une étude de sensibilité a montré que les paramètres qui influent plus particulièrement sur l'exposition sont, outre les activités totales stockées, la durée de vie des blocs de béton, les taux de lixiviation, la fraction de l'eau circulant à vitesse rapide et l'utilisation de l'eau.

4.2. - Transfert des radionucléides par l'air

Deux scénarios-types ont été étudiés après la phase de surveillance du site : la construction d'une route et le séjour d'une personne dans une habitation construite sur le lieu du stockage. Le premier scénario est un évènement accidentel de faible probabilité intéressant un petit nombre de travailleurs ; le second est un évènement répétitif concernant quelques personnes du public. Les expositions correspondantes, liées à l'inhalation de poussières radioactives, seraient maximales au début de la phase de banalisation. Elles dépendent essentiellement de l'activité spécifique des déchets en émetteurs à vie longue. L'inventaire hypothétique maximal considéré correspondant à une teneur moyenne d'environ 0,05 Ci/t d'émetteurs alpha à vie longue pour l'ensemble du stockage, les doses engagées sur 50 ans seraient de l'ordre de 4 mSv pour le scénario routier et de 1 m Sv pour le séjour dans une habitation.

5 - Conclusion

Un modèle tenant compte de l'évolution au cours du temps et dans toutes les circonstances raisonnablement prévisibles des performances du système d'isolement multibarrière des matières radioactives constitué par les colis de déchets, les ouvrages de stockage et le milieu naturel a été mis au point pour évaluer l'impact et la capacité radiologique du Centre de la Manche.

La méthodologie utilisée est applicable à tout centre de stockage de déchets radioactifs à faible profondeur.