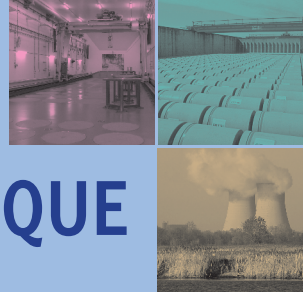


BARRIÈRES OUVRAGÉES ET STOCKAGE EN FORMATION GÉOLOGIQUE



Un stockage en formation géologique se compose d'un système de barrières multiples, naturelles et artificielles, qui assurent l'isolement et le confinement à long terme des déchets radioactifs. Il existe plusieurs types de formations géologiques suffisamment stables qui pourraient être utilisées pour le stockage. Les barrières ouvragées sont conçues pour fonctionner de manière intégrée avec la formation géologique hôte. D'importants travaux de recherche ont été effectués pour mettre au point des barrières ouvragées utilisables dans différentes formations rocheuses, avec divers types de déchets. Ces études se poursuivent à l'échelle nationale mais aussi dans le cadre de projets internationaux multilatéraux, dans des installations telles que des laboratoires de recherche souterrains.



Barrière ouvragée

Les principaux composants caractéristiques d'une barrière ouvragée sont (i) les déchets et, notamment la forme physique sous laquelle ils se présentent ; (ii) le conteneur de stockage, (iii) les matériaux tampon ou de remblayage qui entourent le conteneur ainsi que (iv) les remblayages, scellements et bouchons des tunnels, galeries, forages et puits. Les trois premiers composants participent au confinement des radionucléides présents dans les déchets, en particulier lorsque la radioactivité est la plus forte. Les remblayages, les scellements et les bouchons installés dans les tunnels, les galeries, les forages et les puits ont pour fonction d'isoler les emplacements de stockage des déchets des autres parties de la formation rocheuse qui sont plus sujettes aux infiltrations.

Pour la conception d'une barrière ouvragée, les principaux facteurs à prendre en compte sont les suivants : (i) la nature des

déchets à confiner, notamment leur charge thermique et leur teneur en matières fissiles ; (ii) les propriétés mécaniques de la roche hôte ; (iii) la chimie des eaux souterraines ainsi que le temps nécessaire pour qu'elles entrent en contact avec le conteneur de stockage ; (iv) les interactions possibles entre les matériaux de la barrière ouvragée et le milieu environnant et (v) l'évolution des conditions locales avec le temps, par exemple, en présence de facteurs externes tels que des glaciations. Par conséquent, pour être efficace, une barrière ouvragée doit être conçue en fonction des déchets particuliers qu'elle doit confiner mais aussi de l'environnement et du temps pendant lequel l'isolement et le confinement doivent être assurés. Il est possible également de tenir compte, dans la conception, des exigences de récupérabilité que pourraient imposer la législation nationale ou les préoccupations de la société civile.

Rôle des principaux composants de la barrière ouvragée

Forme du déchet Les déchets radioactifs se présentent sous de nombreuses formes. L'objectif est d'immobiliser les radionucléides dans une matrice qui résistera à la lixiviation, la pulvérisation, la fissuration ou tout autre mode de dégradation. À titre d'exemple, le combustible usé, s'il est considéré comme un déchet, est transformé en pastilles céramiques durables enrobées dans des métaux résistant à la corrosion comme des alliages de zirconium et d'aluminium ou de l'acier inoxydable. Les déchets peuvent également être enrobés dans des matrices céramiques particulières (comme le Synroc), des liants hydrauliques ou des verres.

Conteneur de stockage Pour pouvoir mieux assurer sa fonction de confinement des déchets, le conteneur de stockage doit être résistant à la déformation et à la corrosion. La conception d'un conteneur métallique pour qu'il assure cette fonction de confinement suit normalement deux démarches : prise en compte de la corrosion ou résistance à la corrosion. L'acier au carbone illustre la démarche qui consiste à intégrer la corrosion ; ce métal peut-être adopté

dans un conteneur à parois épaisses qui résistera, en outre, à la déformation. Le cuivre, en revanche, est un exemple de conception résistante à la corrosion et, dans des roches hôtes fracturées, il constitue l'un des matériaux préférés pour fabriquer les conteneurs. La durée de vie estimée d'un conteneur de stockage en cuivre d'une épaisseur d'environ 5 cm dépasse 100 000 ans. Un insert en fonte est souvent employé pour en augmenter la résistance mécanique. Les aciers inoxydables, les alliages à base de nickel et à base de titane comptent parmi les autres matériaux envisageables pour fabriquer des conteneurs à parois minces, si l'on opte pour le concept de résistance à la corrosion. L'acier forgé et la fonte à graphite sphéroïdal sont également envisagés.

Matériaux tampon et de remblayage Les matériaux tampon et de remblayage disposés autour du conteneur de stockage ont normalement pour fonctions de stabiliser les excavations pratiquées pour le stockage, d'assurer des conditions thermo-hydro-mécanico-chimiques favorables à la préservation du conteneur de stockage, de limiter l'accès de →

Pour de plus amples informations sur les activités de l'IGSC, consulter notre page web à l'adresse : www.nea.fr/html/rwm/igsc.html

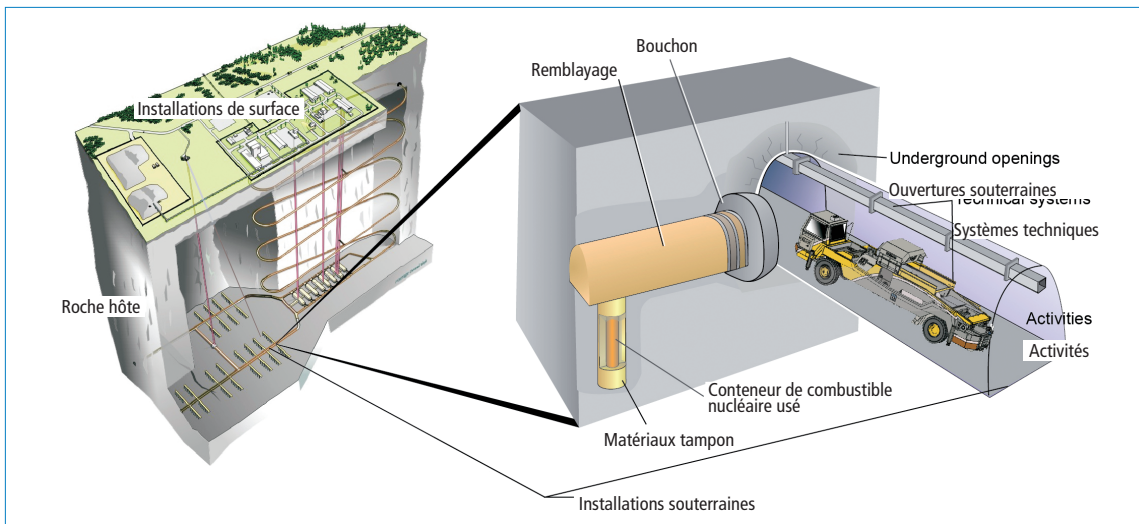


Figure 1: Exemple d'une barrière ouvragée dans un stockage géologique (avec l'autorisation de SKB, Suède)

→ l'eau au conteneur de stockage et de retarder la migration, tant chimique que physique, des radionucléides. Les bentonites et les liants hydrauliques sont couramment employés comme matériaux tampon tant dans des formations cristallines que dans des argiles. Les bentonites se présentent souvent sous forme de blocs précompactés. Dans les formations argileuses, on envisage également d'employer des matériaux tampon à base de ciments très alcalins. Dans les formations salines, le sel gemme concassé s'impose. En effet, puisque la roche a la propriété de converger et de s'auto-cicatriser sous l'effet de la pression après la fermeture du stockage, le matériau tampon ou de remblayage aura un comportement proche de celui de la roche hôte et pourra jouer le rôle d'une barrière de confinement.

Scellement et bouchons Les galeries et les puits d'accès de tous les stockages, quelle que soit la formation où ils se trouvent, doivent être scellés afin d'en interdire l'accès mais

aussi d'éviter que de l'eau puisse facilement atteindre les déchets. Pour les scellements et bouchons, on utilise souvent des constituants du béton, et de l'argile à base de bentonite pour les stockages aménagés dans des formations cristallines et sédimentaires, tandis que les scellements à base de sel concassé sont généralement envisagés dans les stockages en formations salines. Suivant l'étape de l'aménagement du stockage, on emploie différents types de bouchons ou de scellements. Par exemple, on peut utiliser des bouchons « provisoires » pour obturer les galeries au cours de la période d'exploitation afin d'éviter des infiltrations d'eaux souterraines dans le chantier ou les conséquences de la pression de gonflement d'un matériau de remblai humide, tandis que des scellements permanents seront installés à des emplacements stratégiques afin de séparer différentes zones de stockage de parties de la formation rocheuse où des infiltrations d'eau risquent davantage de se produire.

Où en sommes-nous ?

Les travaux de recherche effectués au cours des dernières décennies ont permis d'importantes avancées dans la mise au point de barrières ouvragées adaptées à différents environnements géologiques, y compris des techniques de fabrication et de mise en place. Des collaborations internationales ont été organisées pour mener des recherches expérimentales sur les mécanismes physiques et chimiques fondamentaux qui déterminent l'état et les propriétés des matériaux constituant les barrières. On a étudié des analogues naturels des métaux, des matériaux tampon et de la géosphère naturelle afin d'améliorer notre compréhension des phénomènes pertinents et de leur évolution avec le temps. On a construit des

installations de recherche pour fabriquer et tester les composants des barrières ouvragées, et des démonstrations se déroulent dans des conditions réalistes dans des laboratoires souterrains de recherche. Des expertises indépendantes permettent d'étudier et d'évaluer systématiquement les performances et le comportement des différents composants des barrières. Quand bien même ces études et démonstrations ont considérablement renforcé la confiance que l'on peut avoir aujourd'hui dans le fonctionnement des barrières ouvragées, les programmes nationaux de gestion des déchets radioactifs sont voués à poursuivre ces recherches pour vérifier et améliorer encore les connaissances et techniques actuelles.

LE STOCKAGE EN FORMATION GÉOLOGIQUE EST LA MÉTHODE PRIVILÉGIÉE POUR LA GESTION À LONG TERME DES DÉCHETS RADIOACTIFS. DANS UN STOCKAGE L'ISOLEMENT ET LE CONFINEMENT À LONG TERME DES DÉCHETS SONT ASSURÉS PAR LA FORMATION GÉOLOGIQUE HÔTE ET PAR LA LES BARRIÈRES OUVRAGÉES. TOUTE BARRIÈRE OUVRAGÉE EST CONSTITUÉE DE PLUSIEURS COMPOSANTS DONT LES RÔLES VIS-À-VIS DE LA SÛRETÉ ÉVOLUENT AVEC LES PHASES DE LA VIE D'UN STOCKAGE. LES RECHERCHES, TRAVAUX DE DÉMONSTRATION ET DE DÉVELOPPEMENT DES MATÉRIAUX CONSTITUANT LES BARRIÈRES OUVRAGÉES AINSI QUE LES TECHNOLOGIES DE FABRICATION ET DE MISE EN PLACE CONSTITUENT D'IMPORTANTES ÉTAPES DES PROGRAMMES NATIONAUX DE GESTION DES DÉCHETS ET FONT L'OBJET DE COOPÉRATIONS INTERNATIONALES. CES ÉTUDES ET TRAVAUX DE DÉMONSTRATION NOUS ONT CONSIDÉRABLEMENT RASSURÉS SUR NOTRE CAPACITÉ DE PRODUIRE LES COMPOSANTS DES BARRIÈRES OUVRAGÉES ET SUR LEUR COMPORTEMENT DANS LES CONDITIONS REPRÉSENTATIVES D'UN STOCKAGE.