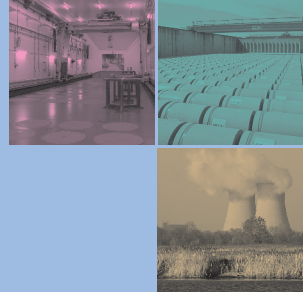


LABORATOIRES DE RECHERCHE SOUTERRAINS ET STOCKAGE GÉOLOGIQUE DES DÉCHETS RADIOACTIFS



Le stockage des déchets radioactifs à haute activité dans des formations géologiques stables caractérisées par des écoulements d'eaux souterraines faibles est l'étape ultime de leur gestion. Les laboratoires de recherche souterrains constituent un environnement réaliste pour la caractérisation des environnements géologiques sélectionnés, pour les essais de solutions et de matériaux adaptés et pour la démonstration de la faisabilité du stockage.



IGSC
Integration Group
for the Safety Case

Un centre de stockage géologique est une installation nucléaire unique en son genre

Par stockage géologique on entend la mise en place de déchets radioactifs solides dans une installation construite, à plusieurs centaines de mètres de profondeur, dans une formation géologique soigneusement sélectionnée pour sa stabilité et ses très faibles écoulements d'eaux souterraines. La caractérisation, le creusement, la construction et l'exploitation de l'installation doivent être effectuées de façon à réduire au minimum toute perturbation, thermique, chimique, hydrogéologique ou mécanique, de l'état initial de l'environnement hôte. De même, on veille en fin d'exploitation du stockage, à sceller tous les ouvrages de liaison creusés entre le fond et la surface ainsi qu'entre les différentes alvéoles de stockage afin de limiter le plus possible l'infiltration et les mouvements d'eau. Enfin, toutes les barrières ouvragées sont, de par leur

conception, compatibles avec la géologie du milieu hôte, les barrières ouvragées et naturelles assurant ensemble des fonctions de sûreté multiples et redondantes. Pour sa conception et l'obtention des autorisations réglementaires, le centre de stockage est une installation nucléaires et classée comme telle. A ce titre, elle doit respecter les critères de qualité, de protection de l'homme et de l'environnement et de sûreté d'exploitation les plus exigeants. Une des caractéristiques majeures du stockage géologique est que la sûreté passive de l'installation de stockage doit être garantie bien au delà de la phase d'exploitation réelle. C'est pourquoi, l'étude et la mise au point du centre de stockage, de ses aménagements et de ses équipements nécessite la construction et l'exploitation de laboratoires de recherche souterrains.

Qu'est ce qu'un laboratoire de recherche souterrain?

Un laboratoire de recherche souterrain est une installation permettant d'acquérir l'expertise nécessaire pour concevoir, construire et exploiter une installation de stockage géologique de déchets nucléaires. Ces laboratoires sont donc aménagés dans des environnements géologiques adaptés à la construction d'une telle installation stockages ou fournissant une image réaliste de ces environnements. Ils sont construits à une profondeur de quelques centaines de mètres, parfois plus près de la surface. Ils permettent de

constituer des équipes scientifiques et techniques pluridisciplinaires et d'acquérir l'expérience pratique de la caractérisation du milieu géologique et des expérimentations de solutions techniques et de matériaux, de manière à ce que la transposition au fonctionnement réel d'un stockage ainsi qu'aux analyses de sûreté puisse s'effectuer efficacement. Aussi, ils fournissent une illustration concrète de ce que pourrait être un stockage géologique et contribuent également à asseoir la confiance du public.

Les différents types de laboratoires

On distingue deux grandes catégories de laboratoires, les **laboratoires génériques et méthodologiques** et les **laboratoires de caractérisation et de qualification de sites**.

S Les laboratoires génériques et méthodologiques constituent un environnement géologique propre à l'expérimentation sans être nécessairement à l'image du centre de stockage final. Ils permettent d'acquérir le savoir-faire et les connaissances générales nécessaires pour pouvoir travailler et acquérir des données techniques en souterrain. Parmi les premiers laboratoires méthodologiques, certains étaient installés dans des mines désaffectées. C'était le cas de la mine de Stripa dans le granite, en Suède (1976-1992) et de la mine de Tono dans des couches sédimentaires, au Japon (1986-2004). La Suisse et la France ont construit des laboratoires génériques à proximité de tunnels : celui du Grimsel dans un massif granitique (1984), du Mont Terri dans de l'argillite (1995)

et de Tournemire dans de l'argillite également (1992). D'autres ont été aménagés en profondeur : Whiteshell dans le granite (1982-2010), au Canada; HADES dans une formation d'argile plastique (1980), en Belgique et, plus près de nous, au Japon, Mizunami dans une formation granitique (2003) et Horonobe dans une roche sédimentaire (2005) et, en Corée, KURT dans le granite (2006).

S Les laboratoires de caractérisation et de qualification de sites sont aménagés dans la même formation que le stockage envisagé ou, du moins, dans une formation très proche, par ses caractéristiques, du centre de stockage futur. Ils permettent d'acquérir une expertise spécifique des procédures d'essai →



Expériences menées au laboratoire de Meuse/Haute-Marne

et de caractérisation dans des conditions représentatives du fonctionnement du stockage. Citons notamment : aux États-Unis, WIPP dans une couche de sel (1982) et Yucca Mountain dans le tuff (1996-2009); en Allemagne, le dôme de sel de Gorleben (1990); en Suède, Äspö dans le granite (1995); en Finlande, Onkalo dans la roche granitique (2004); et en France, le laboratoire de Meuse/Haute-Marne dans l'argilite (2004). Dans la plupart des cas, ces

laboratoires sont considérés comme des précurseurs ou comme la phase initiale de l'aménagement d'un centre de stockage dans la même formation géologique. Äspö fait exception.

A l'avenir, de nouveaux types de laboratoires de caractérisation et de qualification des sites pourraient voir le jour, à savoir des installations instrumentées dans une des parties du stockage afin d'en confirmer les performances

Les laboratoires sont des installations coûteuses mais précieuses

La construction et l'exploitation des laboratoires, de même que la conduite des recherches à grande profondeur sous terre représentent un investissement élevé. Les coûts varient en fonction de plusieurs facteurs tels que la profondeur et les caractéristiques de la formation, l'emprise du laboratoire et les travaux de R-D qui y sont menés. La construction du laboratoire de Meuse/Haute-Marne dans de l'argilite à une profondeur de 490 mètres a coûté 280 M€. En 2011, les coûts annuels d'exploitation cités étaient de 60 M€ compte tenu des coûts du programme de R&D. Le fait que les laboratoires

soient aussi répandus malgré leurs coûts atteste de leur intérêt pour les programmes nationaux de stockage géologique. Dans certains pays, la création de ces laboratoires est prescrite par la loi (en France, par exemple). D'autres pays préfèrent collaborer à des programmes menés dans des laboratoires étrangers, afin de partager les coûts. C'est ainsi que des programmes de recherche multinationaux sont entrepris dans de nombreux laboratoires. Certains de ces laboratoires font aussi partie d'un réseau international de formation de professionnels géré par l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique.

Exemples de travaux effectués dans les laboratoires souterrains

Laboratoires génériques et méthodologiques : Les études et recherches menées classiquement dans les laboratoires génériques sont les suivantes : (i) mise au point et tests de méthodologies de caractérisation de la formation rocheuse ; (ii) techniques de creusement, de construction, de mise en place des colis de déchets et de fermeture et surveillance des perturbations; (iii) expériences destinées à approfondir la connaissance des processus thermo-hydro-mécaniques et chimiques couplés; (iv) tests des mécanismes de corrosion et de migration des radionucléides; (v) expériences à grande échelle destinées à apporter la démonstration du fonctionnement en vraie grandeur des systèmes de barrières ouvragées (par exemple, FEBEX à Grimsel et EB à Mont Terri); (vi) essais de scellement de puits et galeries; et (vii) mise au point de techniques d'observation et de surveillance (par exemple, les programmes internationaux ESDRED et MoDeRn).

Laboratoires de qualification de sites : on y mène des activités analogues à celles des laboratoires génériques qui sont

cependant approfondies afin d'étudier les propriétés réelles du site et de démontrer la faisabilité des procédés de construction, des technologies de mise en place des déchets, d'exploitation et de fermeture du stockage. C'est ainsi qu'à Äspö, à Onkalo et sur le site de Meuse/Haute-Marne, on effectue des expériences prototypes comme des essais d'installation et d'évaluation des performances des scellements, ou encore des études de l'impact des techniques de creusement sur l'étendue de la zone perturbée. Sur le site de Meuse/Haute-Marne, on procède également à des démonstrations des méthodes de mise en place du chemisage des galeries pratiquées dans l'argilite en prévision de la construction du centre de stockage dans la même formation géologique. Le laboratoire d'ONKALO, précurseur de l'installation de stockage, a permis de recueillir des données sur les techniques de creusement et les perturbations hydrogéologiques induites par cette opération.

Les travaux de recherches en cours ou récents sont souvent décrits de façon détaillée sur les sites web décrivant ces laboratoires.

L'AMÉNAGEMENT DE CENTRES DE STOCKAGE DE DÉCHETS NUCLÉAIRES EST UNE ENTREPRISE QUI S'ÉTEND SUR PLUSIEURS DIZAINES D'ANNÉES. LES LABORATOIRES DE RECHERCHE SOUTERRAINS PERMETTENT D'ACQUÉRIR LES INFORMATIONS TECHNIQUES ET LA MAÎTRISE DE LA GESTION INDISPENSABLES POUR PASSER D'UNE ÉTAPE DE MISE AU POINT D'UN STOCKAGE À LA SUIVANTE. ILS SONT SITUÉS DANS DES ENVIRONNEMENTS GÉOLOGIQUES FAVORABLES À L'INSTALLATION D'UN STOCKAGE OU QUI REPRODUISENT DE MANIÈRE RÉALISTE L'ENVIRONNEMENT DE CES FUTURS STOCKAGES. ILS PEUVENT ÊTRE CONSTRUITS À DES PROFONDEURS DE PLUSIEURS CENTAINES DE MÈTRES OU PLUS PRÈS DE LA SURFACE. LA CONSTRUCTION ET L'UTILISATION DES LABORATOIRES SOUTERRAINS REMONTE MAINTENANT À PLUS DE TRENTE ANS. LES LABORATOIRES SOUTERRAINS GÉNÉRIQUES SONT UN MOYEN D'APPRENDRE À ACQUÉRIR DES DONNÉES DANS UN ENVIRONNEMENT GÉOLOGIQUE. CE SONT PAR EXCELLENCE DES LIEUX DE COOPÉRATION INTERNATIONALE. LES LABORATOIRES DE QUALIFICATION DE SITES PERMETTENT D'ACQUÉRIR L'EXPERTISE MAIS AUSSI LES DONNÉES TECHNIQUES ET OPÉRATIONNELLES UTILES POUR DÉMONSTRER LA SÛRETÉ ET LA FAISABILITÉ D'UN STOCKAGE ÉTABLI DANS LA MÊME FORMATION OU DANS UNE FORMATION SIMILAIRE. LES EFFORTS SE CONCENTRENT DÉSORMAIS SUR DES EXPÉRIENCES INTÉGRÉES RÉALISTES À GRANDE ÉCHELLE AU COURS DESQUELLES SONT ÉTUDIÉS SIMULTANÉMENT PLUSIEURS COMPOSANTS ET/OU PROCÉDÉS EN INTERACTION. LES CREATIONS DE LABORATOIRES SONT DES OCCASIONS UNIQUES DE CONSTITUER DES ÉQUIPES TECHNIQUES RÉUNISSANT UN LARGE SPECTRE DE DISCIPLINES SCIENTIFIQUES ET PERMETTANT D'ACQUÉRIR UNE EXPÉRIENCE PRATIQUE. ILS DONNENT UNE IMAGE RÉALISTE DES FUTURS CENTRES DE STOCKAGE GÉOLOGIQUE ET CONTRIBUENT À ÉTABLIR LA CONFIANCE DU PUBLIC.