

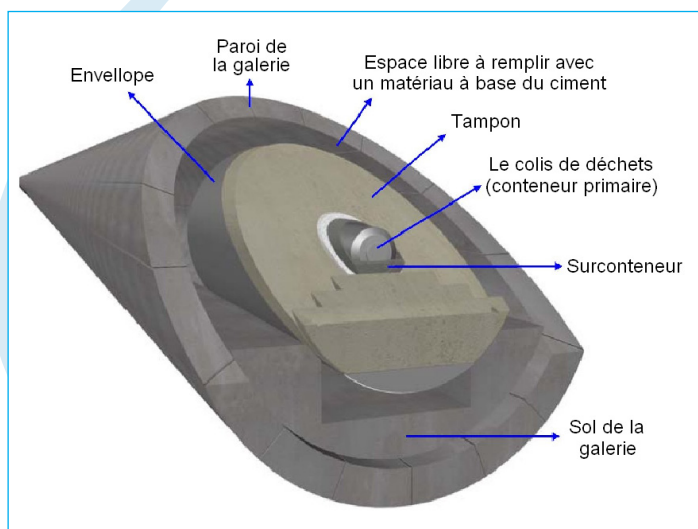
### Le contexte

Le concept actuel belge pour le stockage des déchets nucléaires de moyenne et haute activité est basé sur le stockage en couche géologique profonde. La formation d'argile de Boom est étudiée comme roche hôte. Dans le cas des déchets de moyenne activité, les colis de déchets sont placés dans des monolithes de béton dans la galerie de stockage. Pour les déchets de haute activité (à la fois déchets vitrifiés et combustible usé), le concept du Superconteneur prévoit l'emplacement des déchets dans un surconteneur en acier au carbone entouré par une couche de ciment Portland. L'unité de R&D "Colis de Déchets" étudie le comportement à long terme de ces deux types de déchets ainsi que celui du surconteneur. Les principales activités portent sur l'étude :

- des déchets de haute activité vitrifiés et le combustible usé;
- de la compatibilité entre l'Eurobitume bituminisé (déchet de moyenne activité) et l'argile de Boom;
- et de la corrosion du surconteneur en acier carbone.

### Etudes sur les déchets vitrifiés de haute activité et le combustible usé

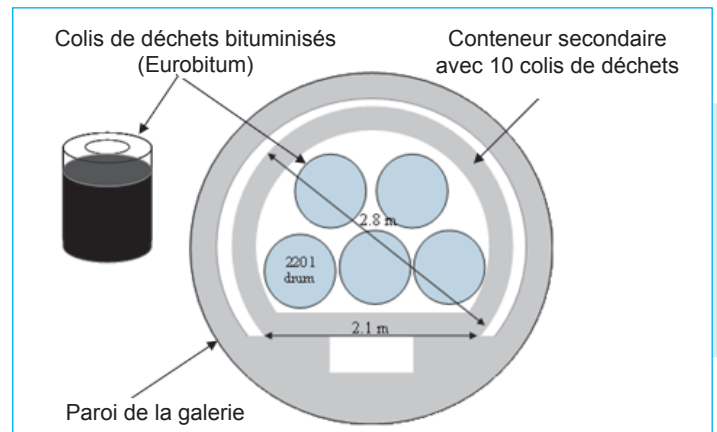
Le déchet vitrifié contient dans sa matrice vitreuse la plupart des radionucléides résultant du retraitement du combustible usé. Dans le combustible usé non retraité, la plupart des radionucléides sont dissous dans la matrice d'oxyde d'uranium. Bien que le verre et l'oxyde d'uranium soient des matériaux relativement inertes, ils ont tendance à s'altérer lentement quand ils sont au contact de l'eau souterraine. Ce comportement est également prévu en conditions de stockage géologique et entrainera un relâchement lent des radionucléides incorporés. Le relâchement retardé est une des fonctions de sûreté sur laquelle repose le stockage géologique.



Concept belge du Superconteneur pour le stockage des déchets nucléaires de haute activité. (© ONDRAF/NIRAS)

### Etude de compatibilité entre l'Eurobitume bituminisé (déchet de moyenne activité) et l'argile de Boom

A cause des grandes quantités de NaNO<sub>3</sub> contenues dans l'Eurobitume, ce sel étant hygroscopique et soluble, le dépôt du déchet bituminisé entrainera plusieurs processus qui pourraient avoir un effet significatif sur la fonction de barrière de l'argile. En raison de l'importance de la formation argileuse hôte dans la sûreté générale du dépôt, la compatibilité entre l'Eurobitume et l'argile de Boom est étudiée dans le cadre du programme de recherche belge sur l'Eurobitume. Les perturbations géo-mécaniques mais également géo-chimiques de l'argile sont considérées.



Concept belge pour le stockage des déchets nucléaires bituminisés Eurobitum de moyenne activité. (© ONDRAF/NIRAS).

### Etude de la corrosion du surconteneur en acier carbone

L'acier faiblement allié est considéré comme un matériau possible pour le surconteneur. Dans ce concept où l'environnement est très alcalin, le surconteneur en acier au carbone sera protégé par un film d'oxyde passif, censé permettre l'obtention de très faibles taux de corrosion uniforme. Le programme de R&D sur la corrosion a pour objectif de prédire le comportement de la corrosion à long terme du surconteneur en acier au carbone.

### Les objectifs

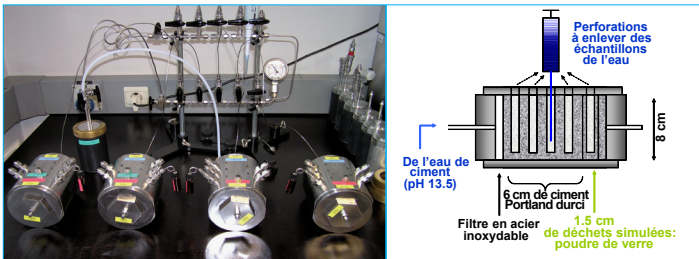
Le but des études de l'unité de R&D "Colis de Déchets" est de fournir des données pour l'évaluation de la sûreté dans le cadre du stockage des déchets nucléaires de haute et moyenne activité. Les études visent à :

- Déterminer des vitesses d'altération des verres et du combustible usé ainsi que des mécanismes d'altération dans les conditions applicables au concept du Superconteneur.
- Evaluer la compatibilité géo-mécanique et géo-chimique entre l'Eurobitume, déchets bituminisés de moyenne activité, et la couche d'argile de Boom.
- Evaluer le temps de vie des surconteneurs des déchets de haute activité, particulièrement étudier l'évolution de la corrosion active-passive du surconteneur en acier au carbone dans les conditions applicables au concept du Superconteneur.

## Les activités principales

### Etudes sur les déchets vitrifiés de haute activité et le combustible usé

Le programme de recherche sur les déchets vitrifiés de haute activité et sur le combustible usé consiste à étudier le relâchement lent des radionucléides de ces deux formes de déchets. La libération retardée est une des fonctions de sécurité sur laquelle repose le stockage géologique. La vitesse de relâchement est un paramètre important dans les calculs de sûreté. Pour déterminer cette vitesse de relâchement, des formes de déchets simulés et réels sont testés au laboratoire dans des conditions simulant celles existantes dans le dispositif environnemental. Les échantillons de déchets sont exposés à l'eau cimentaire, avec ou sans autres matériaux qui feront partie de la galerie du dépôt (ciment, acier et leurs produits de dégradation). L'altération de ces déchets est contrôlée en mesurant l'augmentation des concentrations des éléments relâchés dans l'eau cimentaire et sur la surface d'autres matériaux ainsi que par l'analyse des déchets après l'exposition. Les résultats sont interprétés au moyen de modèles géochimiques et cinétiques. La compréhension du système résultant permet une estimation robuste de la durée de vie des formes de déchets dans des conditions de dépôt.

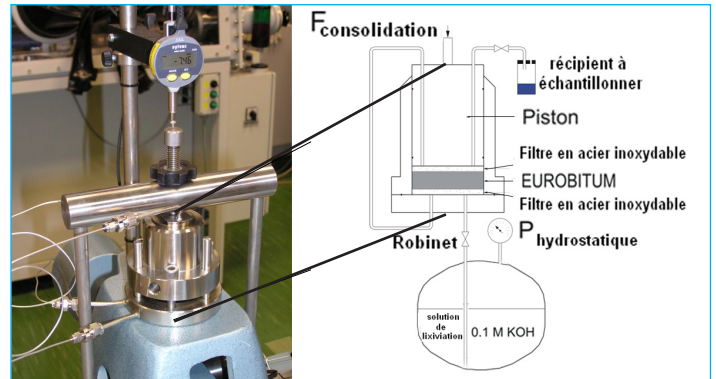


Montage expérimental et coupe transversale schématique des cellules de percolation pour la détermination des vitesses de dissolution des verres dans les conditions applicables au concept du Superconteneur.

### Etude de compatibilité de l'Eurobitume bituminisé (déchet de moyenne activité) et l'argile de Boom

Le programme de recherche sur Eurobitume vise à étudier une éventuelle perturbation géo-mécanique et géo-chimique de l'argile. La perturbation géo-mécanique de l'argile, causée par le gonflement des déchets et par l'augmentation de la pression à l'intérieur mais également à l'extérieur des déchets, est étudiée dans des tests de prise d'eau par des échantillons d'Eurobitume non radioactifs et radioactifs. Une loi constitutive hydro-mécano-chimique pour l'Eurobitume est en cours d'élaboration au centre international pour les méthodes numériques et d'ingénierie (UPC-Université Polytechnique de Catalogne, Espagne) pour étudier l'interaction hydro-mécano-chimique entre l'Eurobitume et l'argile de Boom. La perturbation géo-chimique de l'argile est principalement causée par la libération de grandes quantités de  $\text{NaNO}_3$  de l'Eurobitume. Elle est étudiée dans les tests d'interaction entre l'argile de Boom et les nitrates. L'étendue et la vitesse de l'augmentation du gonflement, l'augmentation de la pression et le relâchement de  $\text{NaNO}_3$  seront influencés par l'évolution continue des propriétés rhéologiques du bitume dans les déchets bituminisés c'est-à-dire par le vieillissement du bitume donnant un bitume plus dur. Récemment, une procédure a été développée

pour caractériser le degré de vieillissement de l'Eurobitume par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (Réflectance Totale Atténuée).

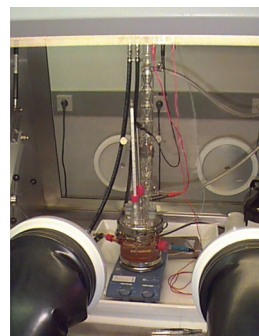


Montage expérimental et coupe transversale schématique des cellules de prise d'eau pour l'étude de la prise d'eau, du gonflement et du relâchement de  $\text{NaNO}_3$  par des échantillons d'Eurobitume non radioactifs.

### Etude de la corrosion du surconteneur en acier carbone

Dans le programme de R&D sur la corrosion, le comportement de la corrosion à long terme du surconteneur en acier au carbone est étudié. La prédiction de la durée de vie du surconteneur est basée sur une étude bibliographique permettant de réunir, à partir d'applications industrielles, une grande quantité de données sur les taux de corrosion uniforme. Des programmes expérimentaux sont réalisés ensuite pour étudier l'influence de plusieurs paramètres sur le taux de corrosion uniforme, comme par exemple, l'irradiation gamma, la température, la concentration d'espèces agressives (chlorures, sulfures, thiosulfates). Finalement, des calculs de modélisation sont effectués pour mieux décrire l'évolution des conditions environnementales auxquelles le surconteneur sera exposé pendant les longues périodes impliquées dans le stockage géologique (température, pH, degré de saturation, potentiel, chimie de l'eau interstitielle).

L'acier au carbone au contact du béton peut être dépassivé à cause, par exemple, de la pénétration des espèces agressives, conduisant ainsi à la corrosion localisée (corrosion par piqûres, corrosion cavernueuse, corrosion sous contrainte). Pour cette raison, un programme expérimental a été lancé pour étudier le comportement de la fissuration par corrosion sous contrainte du surconteneur en acier au carbone dans des conditions caractéristiques du Superconteneur. Un premier examen de la possibilité de cette fissuration par corrosion sous contrainte est réalisé à l'aide de la technique Slow Strain Rate Testing (SSRT).



Tests électrochimiques pour étudier l'évolution de la corrosion active-passive du surconteneur en acier au carbone dans les conditions applicables au concept du Superconteneur.

Contact

Frank Druyts

frank.druyts@sckcen.be

Tel. + 32 14 33 32 38