

Scellement du stockage

Thème 2 - Maîtrise des risques liés à Cigéo

Contexte

La fermeture du stockage géologique comporte la mise en place progressive d'ouvrages de scellement qui doivent permettre de fermer et rendre étanche à très long terme les excavations. Ils constituent donc des verrous hydrauliques qui empêchent les radionucléides de circuler le long des ouvrages et infrastructures du stockage. Réalisés en argile gonflante, ces scellements contribuent à limiter à long terme la dissémination des radionucléides dans l'environnement à partir des alvéoles de stockage des déchets.

Les notions clés

- **Bentonite**

La bentonite est une argile gonflante, c'est à dire dont le volume augmente au contact de l'eau. Elle est étudiée par l'Andra comme possible matériau de scellement des alvéoles de stockage.

- **Essai *in situ***

Un essai *in situ* consiste en la réalisation d'une expérimentation directement dans le milieu géologique afin de se placer dans des conditions représentatives de celles attendues dans un stockage.

Questionnement

- Quelles sont les fonctions de sûreté associées aux scellements ?
- Comment fonctionne un scellement à base de matériau argileux gonflant ?
- Quelles sont les propriétés attendues des scellements ?
- Comment vérifier les performances attendues des scellements ?

CONTACT :

IRSN
01 58 35 88 88
contact@irsn.fr
www.irsn.fr/dechets

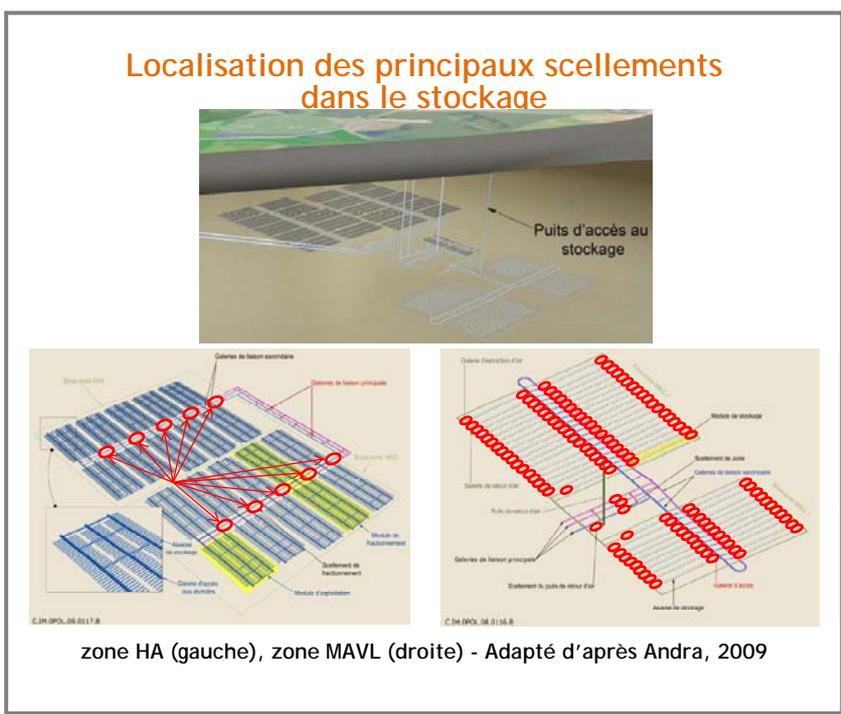
Fonctions de sûreté associées aux scellements

Différents scellements sont mis en place au fur et à mesure de la fermeture du stockage. Ceux-ci sont des dispositifs d'étanchéité un peu analogues à des « bouchons ». Plus précisément, ils participent aux **fonctions de sûreté** suivantes :

- S'opposer à la circulation d'eau dans le stockage, en rendant localement étanches des portions d'ouvrages ;
- Retarder et atténuer la migration des radionucléides, grâce à leurs propriétés favorables de confinement et de rétention des radionucléides.

Un positionnement judicieux des ouvrages de scellement doit permettre de limiter les interactions potentielles entre les différentes zones de stockage. A cet égard, les scellements doivent être répartis aux endroits stratégiques du stockage (descenderie, puits, galeries, alvéoles, cf. figure).

Localisation des principaux scellements dans le stockage

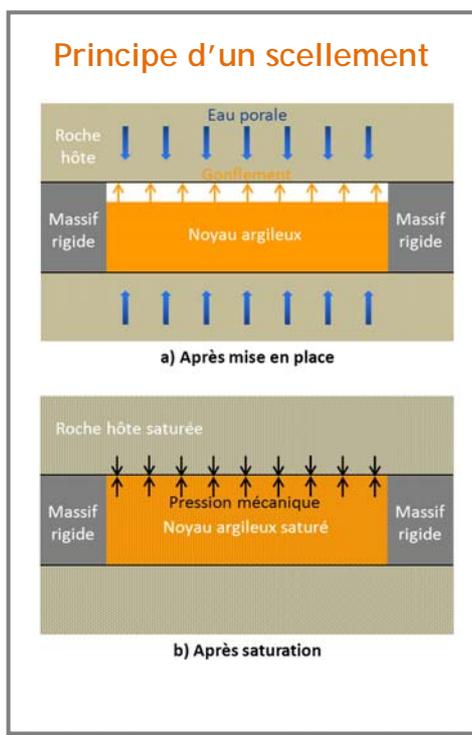


Principe d'un scellement en argile gonflante

Le principe du scellement repose sur la mise en place, au sein d'un ouvrage existant (alvéole ou galerie), d'un noyau gonflant enserré entre deux massifs rigides :

- Le **noyau gonflant** est composé principalement d'une bentonite, matériau argileux naturel constitué majoritairement de smectites (minéral argileux). Le choix de ce matériau provient de ses propriétés de confinement particulièrement favorables à savoir : i) un fort **potentiel de gonflement** lorsque l'eau, naturellement présente dans la roche hôte, pénètre progressivement dans le noyau. Ce gonflement favorise le **colmatage des vides** tels que les espaces (jeux) laissés pour permettre la mise en place des matériaux ; ii) une très **faible conductivité hydraulique^a** limitant la migration des radionucléides ; iii) le développement d'une **pression de gonflement^b** qui vient soutenir la roche et pourrait favoriser la fermeture de la zone fracturée induite autour des ouvrages lors de leur creusement.
- Les **deux massifs de confinement** encadrant le noyau argileux sont constitués de **béton**, un matériau rigide et résistant. Ils bloquent l'expansion du noyau, condition nécessaire au bon développement de sa pression de gonflement et au maintien de celle-ci dans le temps.

Principe d'un scellement



^a La conductivité hydraulique traduit l'aptitude d'un milieu poreux, ici la roche, à laisser circuler un fluide. Elle se mesure en m/s mais n'est pas directement comparable à une vitesse.

^b La pression de gonflement est la pression exercée par l'argile gonflante lorsqu'on empêche son gonflement.

Propriétés attendues des scellements

Deux propriétés principales sont spécifiées par l'Andra :

- une **conductivité hydraulique « globale »** suffisamment faible pour que la migration des radionucléides à travers les ouvrages de stockage soit limitée de sorte que le transfert à long terme des radionucléides se fasse de manière prépondérante au travers de la barrière géologique (cf. [Fiche barrière géologique](#)). Ces transferts se feront ainsi extrêmement lentement et permettront à la radioactivité relâchée de décroître avant d'atteindre l'environnement. Dans les études de faisabilité menées par l'Andra, l'ordre de grandeur des perméabilités qui semblent pouvoir être atteintes sont inférieures à 10^{-11} m/s pour les scellements de puits et 10^{-10} m/s pour les autres scellements.
- une **pression de gonflement du noyau**, dont la valeur doit se trouver entre deux limites : une valeur basse de 1 MPa^c (issue du retour d'expérience d'essais *in situ* étrangers) et une valeur haute (7 MPa) déduite de la résistance mécanique de la roche et des conditions *in situ* afin que la pression de gonflement n'endommage pas la roche.

Démontrer la performance des différents types de scellements

Démontrer la performance des ouvrages de scellement nécessite la réalisation d'**essais *in situ*** à une échelle représentative de celle envisagée pour le stockage. Ainsi, en complément d'essais de laboratoire réalisés à petite échelle, un certain nombre d'essais *in situ* ont été réalisés à l'étranger. Pour sa part, l'Andra a défini un programme expérimental qu'elle a mis en place dans le laboratoire souterrain en 2005 et qui se poursuit actuellement.

L'IRSN estime que la performance des ouvrages de scellement doit être déterminée en tenant compte d'une part des caractéristiques propres de l'ouvrage et de son environnement immédiat (perméabilité, degré de saturation, présence d'une zone endommagée par l'excavation, caractéristiques des massifs d'appui...) et d'autre part, des sollicitations auxquelles il est susceptible d'être soumis (effets éventuels des gaz, défaut de resaturation, glissement des massifs d'appui, ...).

Si un ensemble d'essais expérimentaux à diverses échelles existe démontrant la faisabilité de concepts de scellement relativement simples (essais TSX et FEBEX par exemple^d), la confirmation à l'échelle industrielle des performances attendues d'un concept de scellement donné doit faire l'objet d'une démonstration *in situ* en vraie grandeur et dans les conditions réelles du stockage. Compte tenu de la taille des scellements envisagés par l'Andra et des durées de resaturation associées, un tel démonstrateur ne pourra livrer de résultats qu'au terme de nombreuses années d'observation, et en tout état de cause bien après l'échéance de 2015 (date prévue de remise de la demande d'autorisation de création d'un stockage). Ceci conduit à la position de l'IRSN présentée ci-après (cf. [Rapport 2010-002](#) et [Avis IRSN 2013-057](#)).

Le projet SEALEX

Dans l'objectif de vérifier si la conductivité hydraulique globale d'un scellement peut effectivement atteindre les spécifications fixées par l'Andra, l'IRSN mène dans le tunnel de Tournemire des essais *in situ*, baptisés SEALEX, dans lesquels les principaux composants fonctionnels des scellements, à savoir le noyau argileux gonflant et les dispositifs de confinement mécanique, sont reproduits dans un forage horizontal de 60 cm de diamètre et de 5 à 6 mètres de long. Les premiers essais SEALEX ont débuté en 2011.

Position IRSN

En raison de la complexité des phénomènes rencontrés et des délais nécessaires à la conception, mise en place, réalisation et interprétation d'essais à grande échelle, l'Andra ne disposera pas, pour la demande d'autorisation de création d'un stockage (DAC) en 2015, d'un démonstrateur d'ouvrage de scellement *in situ* à l'échelle 1.

L'IRSN estime qu'il n'est pas inacceptable que des compléments de démonstration soient apportés ultérieurement à la DAC dans la mesure où la réalisation des différentes parties du stockage peut faire l'objet de demandes d'autorisation spécifiques, étalées dans le temps et délivrées sur la base d'une démonstration de sûreté actualisée. Mais il reste indispensable que soient réunis à l'échéance de la DAC suffisamment d'éléments probants montrant que les performances visées des scellements pourront être atteintes. Aussi, l'IRSN estime que l'Andra devra présenter pour la DAC des concepts de scellement dont les performances suffisantes puissent être attestées sur la base des connaissances du moment, et notamment des résultats d'essais disponibles. Ultérieurement, un démonstrateur de scellement devra être réalisé et avoir délivré, pour la mise en exploitation du stockage, des résultats qui permettent de confirmer à l'échelle industrielle le bien-fondé des concepts de scellement retenus.

^c 1 MPa : valeur correspondant à 10^6 pascals (unité de pression du système international). La pression atmosphérique correspond à environ 0,1 MPa

^d TSX – Essai de scellement réalisé au Canada (Pinawa) ; FEBEX – Essai de scellement réalisé en Suisse (Grimsel)