

Synthèse 24 : pièce [A5] bibliographie DDA

Dossier de prolongation pour une durée illimitée de l'autorisation du 03 février 1997 relative au stockage souterrain de produits dangereux non radioactifs

Rapport géomécanique

Artelia, K-Utec, IFG, mai 2016

Source étude : Bibliographie/Extraits compléments 2016/Annexe [A5] :

Auteurs : Artelia, K-Utec, IFG

Introduction, page 1 :

« Le présent rapport correspond au rapport Géomécanique de la tierce expertise. Il a été rédigé par les experts en géomécanique du sel de l'Institut für Gebirgsmechanik de Leipzig (IfG). »

Objectif de l'étude, pages 1 à 2 :

« MDPA étudie la fermeture du site de stockage de déchets de StocaMine. L'option retenue suite aux études réalisées est le déstockage partiel des déchets contenant du mercure et la transformation du site de stockage en site de stockage définitif. La sûreté du confinement doit donc être démontrée. Le concept de stockage-confinement consiste à isoler de manière définitive et irréversible des substances toxiques (par exemple des métaux lourds) de la biosphère, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à un traitement ou à une surveillance ultérieure, une fois les opérations de confinement et d'isolation du stockage réalisées.

Conformément à la réglementation (CE) No.1102 / 2008, les mines de sel sont l'option privilégiée pour ce concept, car elles permettent le confinement sûr et permanent des contaminants à l'aide de la mise en place d'un système multi-barrières. Ce système multi-barrières se compose des éléments suivants :

- Les déchets : le contenu des déchets, leurs caractéristiques (par exemple leur solubilité chimique) et les conditionnements contrôlent la composition de la saumure contaminée ;
- Les mesures de remblayage : il s'agit du remblayage des vides miniers en vue d'améliorer la stabilité géomécanique du stockage ;
- Les mesures de scellements des galeries et des puits : ces mesures doivent « cicatriser » les voies de circulations créées au sein du sel gemme par l'exploitation de la mine et du stockage ;
- La roche hôte : cette roche assure un confinement total des contaminants (dans le cas idéal) ;
- Les formations géologiques sus-jacentes : elles peuvent constituer une barrière naturelle additionnelle (par exemple dans le cas d'une formation argileuse d'une épaisseur suffisante, qui possède en outre des propriétés d'adsorption des substances).

Afin de justifier la sûreté du confinement, les éléments les plus cruciaux sont les suivants

(1) la barrière géologique, à savoir le sel gemme en place, qui doit :
o être imperméable aux liquides et aux gaz ;

o avoir une extension et une épaisseur de sel intacte suffisantes au droit du stockage, de façon à ce que la fonction de barrière ne soit pas remise en cause ;

o se refermer progressivement autour des déchets, et à l'issue des processus de déformation, les encapsuler, en raison de ses propriétés géomécaniques (convergence par fluage).

(2) l'ensemble des mesures techniques (en particulier le remblayage et les mesures de scellements). »

« Ce concept a été développé principalement par l'INERIS, et a été complété par d'autres organismes, qui ont notamment précisé les aspects techniques des mesures proposées, en particulier les études ERCOSPLAN (concept de barrages) et ITASCA (modélisation géomécanique complexe de la fermeture des vides souterrains). »

Résumé et conclusion, pages 75 à 77 :

« L'arrivée d'eau sur le site de StocaMine étant inévitable, des mesures appropriées de scellement doivent être mises en œuvre pour assurer un confinement sûr des déchets restant dans la zone de stockage (et des substances toxiques qu'ils contiennent), afin d'exclure tout risque vis-à-vis de la biosphère.

Les mines de sel constituent l'option privilégiée pour ce type de stockage si un concept de fermeture multi-barrière est réalisé. Afin de justifier le confinement sûr, les composants les plus cruciaux sont (1) la barrière géologique et (2) l'ensemble des mesures techniques (en particulier, le remblayage et les mesures de scellements). »

« D'une façon globale, les conclusions sont les suivantes :

- *Les études géomécaniques réalisées par l'INERIS fournissent la base fondamentale pour discuter des différents scénarios du devenir du site de stockage de StocaMine. La connaissance générale spécifique au site (par exemple les propriétés géomécaniques du sel) est suffisante pour décrire le comportement à court et à long terme de la masse de sel :*

o Comparé à la roche de sel d'autres sites de stockage (par exemple en Allemagne), le fluage du sel alsacien est relativement rapide, c'est-à-dire que le taux de convergence des vides souterrains est favorablement élevé, ce qui résulte en un rétablissement rapide des contraintes lithostatiques autour des barrages de scellements des galeries.

Une lacune mineure des études disponibles est la non-prise en compte de l'accélération du fluage lors de l'ennoyage, liée à des processus de déformations assistées par le fluide.

o Malgré cette lacune, les scénarios de convergence considérés, qui décrivent l'évolution du taux de convergence avant, pendant et après la phase d'ennoyage sont plausibles et correspondent aux observations faites pendant l'ennoyage dans d'autres mines de sel.

- *Sur le site de StocaMine, un concept de barrières géotechniques a été développé par MDPA, pour lequel les barrières géologiques (en plus des barrières géotechniques) constituent des éléments décisifs de sûreté afin de garantir l'absence de risque vis-à-vis de la biosphère sur le long terme.*

La roche de sel à l'état non perturbée est considérée comme imperméable, c'est pourquoi le concept de confinement sûr est justifié, pour autant que l'intégrité de la barrière géologique ne soit pas remise en cause pendant la totalité de la période considérée par l'étude de sûreté.

o La formation saline entourant la zone de stockage est un élément clé de la sûreté du confinement. C'est pourquoi la démonstration d'une épaisseur suffisante et de l'intégrité de cette barrière interne, quel que soient les conditions de contraintes à court et à long terme, est essentielle. Bien que l'épaisseur de cette barrière sur le site de StocaMine, entre la zone de stockage et la couche de potasse exploitée sus-jacente, soit seulement de l'ordre de 25 m, cette épaisseur est jugée suffisante sur la base des connaissances disponibles et des expériences d'analogues naturels et techniques ;

o L'endommagement du sel gemme environnant a été évaluée par l'INERIS à l'aide d'un modèle numérique, utilisant des lois de comportements des matériaux adaptées, et calé avec des mesures de contraintes et de perméabilités réalisées sur le site. Il en ressort que l'endommagement est généralement limité à quelques mètres autour de la paroi des vides souterrains, y compris dans le cas de l'endommagement additionnel créé par l'incendie du bloc 15. Les résultats obtenus dans les différentes études de modélisation du site (INERIS, ITASCA) correspondent très bien aux résultats obtenus sur d'autres sites ;

Néanmoins, il faut mentionner que l'analyse réalisée par l'INERIS ne se réfère pas de façon explicite aux critères bien connus de dilatance et de contrainte minimum, qui offrent une explication simple des portions de roche endommagée ou saine.

o Le recouvrement de l'intégrité hydraulique après la fermeture du stockage se produit en raison de l'aptitude du sel à s'auto-sceller et s'auto-cicatriser, ce qui est très important pour la fonctionnalité des barrages de scellements.

o L'analyse de la stabilité des piliers dans la zone de stockage, basée sur une relation empirique développée pour les mines de sel conventionnelles, démontre que les vides de la zone de stockage sont stables pendant la phase d'exploitation et à long terme.

- Il est prévu d'isoler la zone de stockage avec 19 barrages dans des galeries simples et doubles, à 12 endroits différents, avec comme objectifs (1) d'éviter ou de minimiser l'entrée de saumure dans la zone de stockage et (2) de retarder l'expulsion de saumure polluée à l'extérieur de la zone de stockage. Sur la base des recommandations de l'INERIS, un concept technique a été développé par ERCOSPLAN (2013), qui consiste en des barrages de 18 m de long constitué d'un noyau de 6 m de bentonite (élément de scellement) et de deux butées de béton de 6 m positionnées de part et d'autre.*

Sur la base d'une longue expérience relative à la construction de barrages dans des mines de sel conventionnelles, et des nouveaux résultats issus de recherches récentes, concernant le stockage de déchet chimiques toxiques ou radioactifs dans les mines de sel (notamment en Allemagne), le concept d'ERCOSPLAN peut être considéré comme un concept possible, mais des améliorations sont suggérées, sur la base de concepts de barrages actuels en mines de sel.

o L'élément de scellement doit être le plus long possible, c'est à dire que les butées dans le concept d'ERCOSPLAN doivent être construites de façon à agir à la fois comme soutien de charge et comme éléments de scellement. Une longueur de 11 m, telle qu'envisagée par l'ITASCA (2013b), est jugée suffisante.

o L'exigence qui consiste à considérer la bentonite comme matériau de scellement privilégié constitue une limitation significative, car sans cette contrainte, des solutions plus performantes existent. L'efficacité d'un barrage monolithique en tant qu'alternative doit être démontrée.

o Les butées ou les barrages peuvent être réalisés en béton coulé ou en béton projeté, mais, pour plusieurs raisons (notamment un retrait thermique limité, un meilleur contact avec la roche encaissante, et une souplesse de travail plus grande), la technique du béton projeté est recommandée.

o Il existe des matériaux variés pour la construction d'éléments en bétons. Les exigences générales permettant de sélectionner le matériau sont spécifiées (par exemple une résistance mécanique et une étanchéité suffisante).

- *Les mesures de remblayage dans la zone de stockage sont recommandées pour minimiser les effets négatifs de la convergence, et pour maintenir la stabilité du toit de la zone de stockage. Mais les mesures planifiées doivent être spécifiées de façon plus détaillée afin d'éviter de « nouveaux » impacts négatifs. Les options de matériaux avec du mortier de remplissage requièrent des quantités significatives d'eau liée uniquement physiquement, qui va être expulsée sous l'action de la convergence directement dans la zone de stockage. Ainsi :*

o La réalisation d'un remblayage sec est un impératif du concept de sûreté. "Sec" signifie que sous l'augmentation des contraintes liée à la convergence, aucun fluide n'est expulsé du matériau ;

o La possibilité d'installer un réservoir de 'vides' permanent permettant ultérieurement d'être rempli par la saumure (par exemple en utilisant des graviers ou des cendres volantes comme matériau de remblayage) dans les vides actuels de StocaMine doit être étudiée, car cela semble être une mesure efficace pour réduire significativement la sortie de saumure polluée de la zone de stockage ;

o De plus, l'option de mesures de remblayage par du sel broyé à l'avant des barrages doit être considérée car cela peut permettre, après une période de consolidation suffisante, de retrouver l'efficacité d'une barrière naturelle.

- *Le rétablissement de l'intégrité hydraulique dans la zone de stockage est essentiel car lors de l'excavation des vides souterrains, une zone endommagée (EDZ) s'est inévitablement créée. Celle-ci peut jouer un rôle de court-circuit hydraulique. Cependant, d'après les résultats des études présentées précédemment, il peut être affirmé que la roche de sel dilatée a la capacité de sceller (et probablement de cicatrizer) les endommagements existants, si l'état de contrainte revient à l'état initial après l'installation des barrages et la fermeture du stockage. Ainsi, comme cela est démontré par modélisation numérique, la performance des barrages à StocaMine est obtenue après une période de moins de 100 ans (voire une trentaine d'année selon ITASCA). Cela a un impact significatif sur le scénario d'entrée d'eau dans le stockage.*

Pour conclure, l'expert constate que le concept de MDPA, complété par les rapports d'expertise de l'INERIS et d'autres organismes spécialisés (dont ITASCA), forme une base très complète pour l'évaluation géomécanique du concept de fermeture par rapport aux exigences applicables à la sécurité à long terme. L'analyse des documents présentés montre que le concept de "confinement sûr" des polluants dans une formation salifère peut effectivement être mis en œuvre pour le site de StocaMine.

Elle ne soulève aucun nouvel aspect susceptible de remettre en question la suite des opérations de scellement prévues.

Indépendamment de cela, des recommandations détaillées devront être fournies pour certaines mesures permettant de renforcer davantage le niveau de sécurité existant, ou des précisions requises pour atteindre effectivement les objectifs. »