

Synthèse 53 : pièce [B34] bibliographie DDA

Etude de synthèse du comportement à long terme du stockage avec évaluation des flux potentiels de saumure contaminée et de l'efficacité des barrages de confinement (19R-017B1)

ITASCA 7 septembre 2020

Source étude : Bibliographie/Extraits dossier 2022/Annexe [B34]

Auteurs : CAMUSSO Marco

Vérificateur : BILLAUX Daniel

Approbateur : BILLAUX Daniel

Introduction, page 13 :

« Dans le cadre des études pour la fermeture définitive du stockage de Wittelsheim, la société MDPA a chargé ITASCA Consultants SAS (ITASCA) de la réalisation d'une étude de synthèse visant à vérifier l'absence d'un impact significatif sur la nappe d'Alsace du stockage après son confinement. »

« En s'appuyant sur les études antérieures déjà réalisées par ITASCA pour le stockage de Wittelsheim, de nouveaux calculs de modélisation numérique ont été réalisés en prenant en compte de nouvelles données et hypothèses de confinement, notamment le type et les propriétés mécaniques des matériaux de remblayage ainsi que la géométrie et les propriétés hydrauliques des barrages. »

« Les calculs de la date d'envoyage du stockage ont été réalisés pour deux configurations de barrage, avec un serrement interne en havrits de sel d'une longueur de 20 et 50m respectivement, cette deuxième longueur étant l'une des solutions proposées par MDPA pour retarder la date de sortie des contaminants dans la nappe alsacienne. »

« En parallèle aux calculs d'envoyage, deux autres types d'étude ont été réalisés :

- Evaluation de l'efficacité du rôle de confinement de barrage, en étudiant l'évolution de la perméabilité du massif entourant les bouchons étanches afin de valider l'hypothèse d'un flux de saumure en entrée dans le stockage limité uniquement aux barrages et aux minces couches de marnes

- Vérification de la stabilité des galeries aux emplacements des barrages 3 et 12 lors de la phase de construction des barrages. »

Conclusion, page 148 :

« L'étude de synthèse exposée dans ce document vise à vérifier l'absence d'impact significatif du stockage sur la nappe d'Alsace selon le critère indiqué dans la demande d'autorisation de fermeture. Celui-ci spécifie qu'aucune sortie du fluide ne doit avoir lieu pendant une période de sûreté fixée à 1000 ans.

Le « chargement » qui produit le fluage et donc in fine les flux sortants est la contrainte due au poids des terrains sus-jacents. Cette contrainte est perturbée par l'existence de deux niveaux d'exploitation datant du 20ème siècle dans le toit immédiat du stockage. La modélisation rigoureuse de la compaction des galeries du stockage sous l'effet du fluage nécessite alors non seulement la prise en compte du stockage et son remplissage, mais également de ces travaux miniers. Ceci est réalisé en découpant le travail en deux étapes :

- D'abord, étude d'un modèle global du site comprenant les exploitations minières et les galeries du stockage, visant à obtenir la variation de la contrainte verticale dans le massif au-dessus du stockage ; puis,

- Etude de modèles locaux des galeries ou les excavations sont finement reproduites avec application à la limite supérieure d'une contrainte variant dans le temps tirée des résultats du modèle global.

Le transfert de la saumure au travers des barrages est étudié en considérant l'hypothèse centrale de l'INERIS, en termes de vitesse de remontée de la saumure dans les travaux. Il faut 240 ans pour que la saumure atteigne le niveau du stockage et une soixantaine d'années supplémentaires pour que l'écoulement de la saumure vers le stockage atteigne son débit permanent (et maximum) de l'ordre de **9,5m³/an**.

Une première étape de simulation à l'aide des modèles locaux permet d'obtenir l'évolution du volume de vide disponible dans le stockage avant la mise en pression de la saumure, pour une première solution de confinement considérant des serrements internes des barrages d'une longueur de 20m. Il faut un peu plus de **1 700 ans** pour que les vides du stockage se remplissent. L'étude d'une deuxième solution comportant des serrements en havrits de 50m de long amène aux mêmes résultats. En effet, la longueur plus importante des serrements résulte en à une compaction plus poussée des havrits, ce qui contrecarre l'effet bénéfique d'un volume initial de vides plus important.

La montée en pression de la saumure dans le stockage, après la fin de l'envahissement, est due au flux entrant, qui s'accompagne de la réduction du volume des vides dans le stockage. Le flux entrant va peu à peu s'annuler (lorsqu'il y aura équilibre des pressions entre le stockage et le reste des travaux miniers). Cette montée en pression, conditionnée par le module volumique de la saumure, est relativement rapide (une cinquantaine d'années), le taux de fermeture du stockage étant encore relativement rapide à la date d'ennoyage. Une fois la saumure montée en pression, l'écoulement « vers l'extérieur » à travers les barrages est amorcé. Les résultats des calculs indiquent pour la solution de confinement avec des serrements de 20m un flux sortant d'environ **1 m³/an**, environ 200 ans après la date d'ennoyage. Compte tenu de la quantité de mercure encore présente dans le stockage (1 400 kg) et en considérant une dissolution complète de ce polluant dans la saumure, il vient un flux massique d'environ **34 g/an**. Avec des serrements plus longs, le flux maximal sortant reste du même ordre, avec un flux massique maximal de **36 g/an**, valeur légèrement plus forte du fait d'une concentration en g/m³ de mercure légèrement plus importante.

Ces résultats permettent donc de valider la méthode de confinement choisie par MDPA et d'écartier l'hypothèse d'un confinement avec des serrements plus longs, plus onéreux à mettre en place et n'améliorant pas la sécurité du confinement vis-à-vis des débits de saumure sortant du stockage.

Les simulations réalisées pour les calculs des flux potentiels supposent que le flux de saumure entrant et sortant du stockage ne peut avoir lieu qu'à travers les barrages de confinement. Autrement dit, le sel autour des barrages est considéré comme imperméable. Cette hypothèse est validée par des études complémentaires sur l'évolution de la perméabilité à la fois dans le temps et dans l'espace autour des barrages. Les études, réalisées tant pour un barrage simple que pour un double, montrent un

reconfinement rapide du sel contre les barrages avec le temps, permettant à la perméabilité de redescendre vers des valeurs faibles et inférieures à celles du béton de l'élément étanche bien avant la date d'arrivée de la saumure à la profondeur du stockage.

Nous avons également réalisé une étude de la stabilité mécanique des galeries lors de la construction des barrages 3 et 12. L'étude, menée sur des modèles 2D de sections perpendiculaires à l'axe des barrages, considère l'ensemble des fines couches de marnes présentes au niveau du stockage et pouvant amener à une instabilité des bancs de sel en toit des galeries, suite aux opérations de surcreusement préalables à la réalisation des ouvrages de confinement. Plusieurs analyses ont été réalisées en considérant différentes valeurs de la résistance en traction des marnes. Les résultats ont montré des augmentations limitées des déplacements lors des phases de surcreusement, tout comme un faible développement de la plasticité dans la roche autour des barrages, ce qui semble donc écarter le danger d'instabilités potentielles lors des travaux. Une campagne de reconnaissance des propriétés de résistance des marnes avant le démarrage des travaux reste cependant fortement conseillée afin de permettre la validation (ou éventuellement la reprise) des hypothèses de modélisation prises en compte et donc des résultats obtenus sur ce point.

Une dernière analyse prend en compte les résultats de la récente étude hydrogéologique conduite par le bureau d'étude CESAME quant au scénario d'ennoyage du secteur minier dans lequel se situe le stockage. Cette étude a permis une réévaluation de la date d'arrivée de la saumure devant les barrages, grâce à l'analyse des différentes données aujourd'hui disponibles : les mesures piézométriques dans deux sondages profonds et les mesures topographiques donnant une indication de l'évolution des vides miniers résiduels. La date d'arrivée de la saumure est ainsi repoussée d'environ 300 ans. Au vu des données analysées, ce scénario apparaît plus réaliste que celui établi par l'INERIS en 2010, d'où la demande de MDPa de réaliser une étude de sensibilité permettant d'évaluer les conséquences de ce changement sur la date d'ennoyage du stockage, puis sur la date de sortie de la saumure polluée à l'extérieur du site, avec les nouvelles données hydrogéologiques. Les résultats obtenus mettent en évidence un flux maximal en sortie d'environ **0,75 m³/an**, presque 300 ans après la date d'ennoyage (200 dans le cas de l'hypothèse de l'INERIS). Ce résultat apparaît logique : un décalage dans le temps de l'ennoyage du site permet de tirer avantage de la réduction de la vitesse de fluage et ainsi de repousser encore plus loin la sortie de la saumure polluée et son débit **(-25%)**. Le flux massique maximal de mercure correspondant est ainsi réduit de 34 g/an (hypothèse INERIS) à **26 g/an.**»