

Synthèse 19 : pièce [78] bibliographie DDA

Stockage de Wittelsheim, étude de l'évolution de la perméabilité du sel (13R-016/A3)

ITASCA, 16 septembre 2013

Source étude : Bibliographie/Extraits dossier 2015/Annexe [78]

Auteur : CAMUSSO Marco, CATALANO Emanuele

Vérification : BILLAUX Daniel

Approbation : BILLAUX Daniel

Conclusion intégrale pages 64 et 65

« L'objectif de cette étude était la prédiction de l'évolution de la perméabilité du sel autour des barrages en bentonite du site de stockage de Wittelsheim. En effet, les résultats de la première étude réalisée par ITASCA en début 2013 pour l'évaluation des flux potentiels de saumure contaminée a été fait en considérant comme imperméable le sel entourant les excavations, dans l'attente des résultats d'une campagne de mesure en cours. Ces mesures étant maintenant disponibles, StocaMine a demandé à ITASCA de se pencher sur l'évolution de la perméabilité du sel au voisinage de la galerie, à la fois dans l'espace (jusqu'où se propage l'endommagement ?) et dans le temps (y a-t-il « cicatrisation » de la perméabilité induite lors du re-confinement des matériaux à long terme ?).

Initialement nous avons réalisé une étude bibliographique pour définir une loi vraisemblable de variation de la perméabilité du sel avec la contrainte qu'il subit. Cette étude nous a amenés à la formulation de Stormont, qui a été mise au point spécifiquement pour le sel endommagé. Dans ce cas, la perméabilité est déduite à partir de la variation de la contrainte ainsi que d'un jeu des paramétrés comprennent la perméabilité et la porosité initiale du sel, la compressibilité des pores et un terme liant la porosité à la perméabilité.

Une fois ce point acquis, nous avons calé les paramètres de la loi en nous basant sur les résultats de la campagne de mesure de la perméabilité. Celles-ci présentent une dispersion marquée, typique des données expérimentales. Cependant, elles montrent généralement des valeurs de l'ordre de 10^{-14} m^2 près de l'excavation pour tous les forages sauf ceux réalisés dans les piliers entre deux galeries parallèles. Dans ce cas, les valeurs sont nettement plus faibles en raison de l'état de compression auquel le sel des piliers est soumis. Le calage réalisé permet de reprendre ces deux aspects. Il utilise un modèle 2D des trois sites de mesure pour obtenir les variations de contrainte moyenne au droit des mesures. En cohérence avec les études de Stormont, nous avons considéré une valeur minimale de perméabilité du sel cicatrisé égale à la valeur de la perméabilité initiale du sel (10^{-21} m^2). Cette valeur est confirmée par les mesures de IBeWa qui montrent des perméabilités inférieures à $10^{-21} - 10^{-23} \text{ m}^2$ à une distance de plus de 3 mètres de la paroi de la galerie. De fait, nous avons introduit un seuil inférieur à la variation de la perméabilité, en-deçà de laquelle la perméabilité ne peut pas descendre, même pour un état de contrainte supérieur à l'état initial du sel vierge.

Une fois la loi calée au sel de Wittelsheim, nous avons mis en œuvre des modèles 3D permettant de suivre l'évolution de la contrainte autour des barrages. Trois modèles ont été considérés, pour des barrages situés au droit des trois sites de mesure de la perméabilité. Il s'agit d'un modèle de barrage simple et de deux modèles de barrages doubles. Les barrages sont mis en place après un temps de

fluage de 10 ans et ils se composent d'un noyau en bentonite de 6 m de longueur confiné le long de l'axe du tunnel par une longueur de 6 m de béton et, en série, par une longueur de 10 m de havrit de sel. La partie en bentonite est composée par un assemblage de blocs préfabriqués de type FS 50 (50% de bentonite et 50% de sable). Leur comportement mécanique est simulé avec un modèle de Mohr-Coulomb, dont les propriétés ont été reprises d'une étude faite sur des blocs FS 40 (60% de bentonite) pour le confinement des déchets radioactifs. L'étude a principalement montré que :

- *L'excavation de la galerie et le fluage sur une période de 10 années engendrent une augmentation de la perméabilité jusqu'à une valeur de 10^{-14} m^2 près des parois du tunnel. En s'éloignant de la paroi, la perméabilité redescend de façon linéaire dans le plan semi-logarithmique, avec des valeurs de 10^{-18} à 10^{-19} m^2 à une distance de 3 m. Nous avons aussi observé que la variation de la perméabilité après l'excavation survient très rapidement après le début de la simulation de fluage ;*
- *La mise en place des barrages cause une réduction drastique de la vitesse de convergence de la galerie au droit de la partie en bentonite et en béton. Le re-confinement du sel qui en découle cause une réduction de la perméabilité très rapide jusqu'à la valeur initiale du sel de 10^{-21} m^2 dans les premières dizaines d'années après l'installation du barrage, ce qui permet d'éviter toute surprise d'invasissement rapide du stockage par la saumure ;*
- *Une faible rediminition de la contrainte moyenne autour du barrage est observée à partir de 50-80 ans de fluage. Cela est dû au changement des conditions aux limites appliquées sur la frontière supérieure du modèle, ce qui permet de prendre en compte l'effet de la fermeture des vides miniers (et du stockage) sur l'état de contrainte dans le sel. Cependant la perméabilité autour du barrage n'est pas affectée par ce changement de contrainte et reste de l'ordre de 10^{-21} m^2 sur le long terme.*

Les résultats ainsi obtenus sont valables dans le cadre des hypothèses retenues pour la simulation des barrages, notamment en termes de propriétés des matériaux qui constituent le barrage. En effet, comme nous le montrons, leur déformabilité influence sensiblement l'évolution de l'état de contrainte autour du barrage et donc le retour de la perméabilité du sel encaissant vers de faibles valeurs.

Sur la base de ces résultats, nous pouvons donc considérer le sel autour des barrages comme étanche, bien avant la date d'arrivée de la saumure à la profondeur du stockage. Cela signifie que l'invasissement du stockage ne peut avoir lieu que par l'écoulement de la saumure au travers du barrage. »