

RÉSUMÉ

Titre : Modélisation du transport diffusif d'agents de corrosion à travers le système de barrières ouvragées d'un dépôt géologique en profondeur de combustible nucléaire irradié

Rapport n° : NWMO-TR-2018-06

Auteurs : Scott Briggs, Magdalena Krol

Société : Université York, Canada

Date : Mai 2018

La Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN) travaille actuellement à la conception d'un dépôt géologique en profondeur (DGP) pour la Gestion adaptative progressive (GAP), le plan de gestion à long terme du combustible nucléaire irradié canadien. Ce DGP utilisera un système à barrières multiples pour protéger la population et l'environnement. Pour confier et isoler les radionucléides, un système de barrières ouvragées (SBO) sera construit au sein d'une formation rocheuse à faible perméabilité. Le SBO sera notamment constitué de conteneurs de combustible irradié (CCI) entourés d'argile de bentonite. Le projet avait pour but d'élaborer un modèle numérique permettant d'estimer le taux de transport du sulfure à travers la bentonite, en supposant la présence d'une source constante de produits de corrosion influencée par les microorganismes (CIM), et d'examiner l'effet de ce transport sur les CCI revêtus de cuivre.

Ce rapport décrit la conception d'un modèle numérique tridimensionnel (3D) basé sur le code COMSOL Multiphysics (version 5.3). Le modèle permet de modifier aisément les paramètres afin d'effectuer des calculs d'établissement de la portée. Le modèle peut simuler la diffusion des composés corrosifs à travers le tampon de bentonite dans des diverses conditions thermiques et de saturation variable. La modélisation du transport des composés corrosifs fournit des renseignements qui peuvent aider à établir la marge de CIM pour la conception des CCI. Le modèle élaboré pourra être appliqué à divers scénarios d'établissement de la portée.

Les simulations présentées ici prennent en considération la géométrie de la conception actuelle du SBO de la SGDN ainsi que les conditions environnementales prévues d'un dépôt aménagé sur un site générique. Les résultats démontrent que la corrosion induite par la diffusion du sulfure ne se répartit pas de façon uniforme sur le CCI, comme le présideraient les calculs unidimensionnels (1D). Dans tous les cas, la modélisation 3D prédit des zones de corrosion plus élevée sur les têtes hémisphériques du CCI, lesquelles seraient attribuables à des effets de géométrie. Ce phénomène serait le résultat de la géométrie unique de la salle de stockage et des CCI, qui occasionnerait des voies de diffusion complexe du sulfure se déplaçant radialement vers l'intérieur, en direction des têtes hémisphériques du CCI. Le présent rapport souligne la nécessité d'utiliser la géométrie 3D pour modéliser le transport du sulfure dans le dépôt canadien.

Vu la nature changeante du DGP, le modèle a été élaboré pour tenir compte de diverses conditions : 1) un dépôt isotherme entièrement saturé; 2) un dépôt non isotherme entièrement saturé; et 3) un dépôt isotherme de saturation variable. Pour chacune de ces conditions, une condition limite de concentration en sulfure constante de 1 ppm a été présumée à la source en champ éloigné. Toutefois, cette condition et d'autres paramètres seront affinés à mesure que les renseignements sur la conception du dépôt se préciseront et que les données propres aux sites envisagés dans le cadre du processus de sélection d'un site de la SGDN seront incorporées. Pour un dépôt isotherme (25 °C) entièrement saturé, le taux de corrosion a été estimé à 0,76 nm/an/ppm de sulfure. Des taux de corrosion ont été obtenus pour chaque unité de concentration en soufre, mais les résultats évoluent de manière linéaire en fonction de la concentration en sulfure, comme le prédit la loi de Fick sur la diffusion (incorporée dans le modèle). Le modèle a également prédit que le temps nécessaire pour que le sulfure sature la bentonite serait d'approximativement 2 000 ans. En prenant en considération les effets thermiques (températures à long terme proches de 11 °C), le taux de corrosion serait de 0,53 nm-an/ppm de sulfure. Enfin, le module à saturation variable prédit une saturation complète du DGP par l'eau vers l'an 2 000, les premières voies saturées apparaissant à la surface du CCI vers l'an 200.