

RÉSUMÉ

Titre : Examen de la marge de corrosion du cuivre déterminée par la SGDN
Rapport n° : NWMO TR-2013-04
Auteurs : John R. Scully¹ et Marc Edwards²
Société : ¹ University of Virginia
² Virginia Polytechnic Institute and State University
Date : Mai 2013

Résumé

Dans le cadre de cette étude, les attentes de la SGDN relatives à la piqûration et à la fissuration par corrosion sous contrainte uniformes, sous dépôt, d'origine microbienne, de fines couches de cuivre au sein d'un dépôt géologique en profondeur ont été examinées. L'étude portait sur des questions qui pourraient remettre en cause ou modifier la marge de corrosion déterminée par la SGDN, soit 1,27 mm sur une période approximative de 1 million d'années, une estimation qui a semblé appropriée suivant cet examen, d'après les connaissances actuelles. Ce résumé met en relief les principaux constats tirés d'un examen critique de la documentation de la SGDN et des autres études sur le sujet.

Les données expérimentales actuelles sur la corrosion spontanée du cuivre dans des eaux exemptes d'O₂ n'ont pas été corroborées par de multiples chercheurs et il n'y a pas consensus concernant les pressions partielles de l'hydrogène à l'équilibre pour la corrosion du cuivre [$\text{Cu} \rightleftharpoons \text{Cu(I)} + \text{e}^-$] au sein de l'environnement exempt d'oxygène d'un dépôt. Bien que cette question ne soit pas entièrement résolue, il y a des raisons convaincantes d'accepter que ces incertitudes ne devraient pas avoir d'incidence sur la marge de corrosion puisque, même après avoir considéré les attentes raisonnables concernant les pressions partielles du Cu(I) et de l'hydrogène à l'équilibre dans les données disponibles, la corrosion spontanée devrait essentiellement s'arrêter après une brève période en raison de l'établissement de pressions partielles de l'H₂ à l'équilibre et du transport de masse limité qui aurait lieu à travers la couche épaisse de bentonite. Des expériences supplémentaires pourraient confirmer les prédictions thermodynamiques (et relatives au transport de masse) pour les conditions où les processus de corrosion spontanée s'arrêtent.

Les recherches semblent également confirmer qu'il y a lieu d'anticiper une corrosion spontanée du cuivre dans des situations exemptes d'oxygène en présence de concentrations élevées de Cl⁻, de températures élevées et de faibles niveaux de Cu⁺, et chacune de ces conditions pourrait se présenter à un certain point de la durée de vie d'un DGP canadien. Ces conditions devraient être étudiées plus en profondeur pour mieux déterminer si la corrosion spontanée peut survenir et à quel moment ce serait le cas, et quelles réactions de transport de masse ont une incidence sur le taux de corrosion. Si un transport moléculaire lent de l'hydrogène influence ces taux également, la corrosion sera probablement très lente. La transition probable d'une corrosion spontanée à une corrosion non spontanée en fonction du changement de certains paramètres pourrait théoriquement être confirmée expérimentalement.

Selon l'hypothèse que la corrosion uniforme en l'absence d'O₂ survient de façon spontanée, des modèles cinétiques ont été mis au point pour la formation de CuOH en eau pure et de Cu₂S dans des milieux contenant du sulfure. Ces modèles cinétiques pour le taux de corrosion uniforme spontanée sont basés sur des arguments solides concernant l'influence sur le transport de masse et les faibles niveaux de HS⁻ alimentés par des processus microbiens. Dans ces conditions, les taux de corrosion seraient cinétiquement lents et la corrosion devrait s'arrêter selon les arguments thermodynamiques. D'autres facteurs d'atténuation du taux de corrosion ont été discutés.

Les profondeurs de la corrosion sous dépôt semblent avoir été adéquatement représentées pour la courte période où la corrosion est alimentée principalement par l'oxygène, mais cette question pourrait être explorée plus avant pour des conditions qui pourraient tendre à produire davantage d'anodes permanentes, telles que celle engendrée par la diffusion non uniforme du sulfure en direction du conteneur ou par la diffusion de l'hydrogène gazeux en s'éloignant du conteneur. En principe, un mécanisme de fissuration par corrosion sous contrainte (FCC) en présence d'HS⁻ pourrait être possible en conditions anoxiques, mais les facteurs atténuants tels que la concentration limitée d'HS⁻ dans la bentonite, le transport limité de l'HS⁻ aux extrémités des fissures et la séquestration du sulfure indiquent qu'il ne devrait pas être pris en compte pour le moment dans l'estimation de la marge de corrosion.

Globalement, cet examen conclut que la marge de corrosion de 1,27 m déterminée par la SGDN sur une période approximative de 1 million d'années est appropriée. Pour étoffer ce constat, des activités de recherche connexes qui corroboreront et exploreront plus avant la validité des hypothèses de base ont été suggérées.