

RÉSUMÉ

Titre : Géochimie de l'eau interstitielle, comparaison des méthodes et argile à Opalinus – étude d'interface à la formation du Passwang menée par le laboratoire souterrain du mont Terri

Rapport n° : NWMO-TR-2017-10

Auteurs : H. Niklaus Waber et D. Rufer

Organisme : Interactions entre l'eau et la roche, Institut des sciences géologiques, Université de Berne, Suisse

Date : Juin 2017

Résumé

La présente étude porte essentiellement sur la caractérisation géochimique de l'eau interstitielle dissoute dans l'argile à Opalinus par le laboratoire souterrain du mont Terri. Elle a été menée par un consortium international dans le cadre de l'expérience DB-A du projet du mont Terri (trou de forage profond et incliné dans l'argile à Opalinus). Au laboratoire souterrain du mont Terri, le trou de forage BDB-1 est le premier trou traversant l'argile à Opalinus de part en part. En effet, il traverse la séquence sédimentaire jurassique composée de roches peu perméables : il perce d'abord la Grande Oolithe, passe par la formation du Passwang et l'argile à Opalinus, puis aboutit dans les roches de la formation Staffelegg. On a donc pu – pour la première fois – prélever des échantillons d'eau interstitielle à une fréquence spatiale élevée. Qui plus est, tous les échantillons ont été forés, prélevés et étudiés en laboratoire de la même façon, ce qui facilite la détermination des artéfacts causés par les techniques de caractérisation indirecte de l'eau interstitielle et améliore l'interprétation des données quant à l'évolution de l'eau en fonction de l'espace et du temps. Enfin, on a pu recueillir de l'eau souterraine dans une zone perméable de la formation du Passwang à 58,6 m β HL, mais on n'en a pas observé dans les pierres du compartiment inférieur de l'argile à Opalinus.

Les divers traceurs naturels dissous dans l'eau interstitielle (Cl^- , $\delta^{37}\text{Cl}$, Br^- , $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$, He, $^3\text{He}/^4\text{He}$, Ar) décrivent tous des profils de concentration bien définis d'une eau qui passerait de la formation Staffelegg à la formation du Passwang en passant par l'argile à Opalinus. Ces profils indiquent tous que la diffusion est le procédé le plus commun qu'emploie l'eau pour traverser l'argile à Opalinus. Ces résultats sont conformes à ceux des études précédentes menées par le laboratoire souterrain du mont Terri (Pearson et coll. 2003; Mazurek et coll. 2009, 2011). Les concentrations de traceurs dans les roches de la formation du Passwang comportent des profils plus complexes qui sont, du moins en partie, causés par le manque de connaissances sur la porosité aux anions des roches peu argileuses. Selon les concentrations de substances chimiques et de gaz nobles, les minimums locaux se trouveraient à des endroits plus proches de l'argile à Opalinus que de la zone perméable actuelle.

On observe également ces minimums locaux dans les ratios isotopiques et ioniques, quelle que soit la porosité. On croit qu'ils ont déjà été les conditions aux limites qui s'appliquaient aux échanges entre les solutions de l'argile à Opalinus et la formation du Passwang. La quantification du profil de concentration de l'isotope ^4He laisse croire que ces anciennes limites étaient peut-être encore actives il y a quelques dizaines ou une centaine de milliers d'années.

Les ratios ioniques des solutions aqueuses révèlent des profils aussi bien définis pour l'eau qui traverse l'argile à Opalinus pour aboutir dans la formation du Passwang. Les ratios de Br/Cl et de SO_4/Cl sont respectivement inférieurs et supérieurs à ceux de l'eau de mer actuelle. Ces ratios, dont les valeurs sont conformes à ce qu'on attend pour les traceurs naturels de l'eau interstitielle, s'expliquent par les échanges à long terme qui se sont effectués entre l'eau interstitielle de l'argile à Opalinus et l'eau interstitielle ou souterraine dissoute dans les séquences d'évaporites triassiques se trouvant sous l'argile à Opalinus. Ces résultats contredisent les interprétations antérieures, selon lesquelles l'eau de mer résiduelle aurait été l'origine principale des solutés de l'eau interstitielle de l'argile à Opalinus (Pearson et Waber 2001; Pearson et coll. 2003; Mazurek et de Haller 2017). Par contre, ils confirment les

chapitres les plus récents de l'histoire de l'évolution du profil des traceurs depuis des millions d'années (Mazurek et coll. 2009, 2011).

Les données actuelles et la modélisation géochimique indiquent que les concentrations d'ions SO_4^{2-} obtenues par extraction aqueuse sont compatibles avec les propriétés géochimiques des roches de l'argile à Opalinus (les propriétés d'échange de cations et l'équilibre minéral, par exemple) lorsqu'on les compare aux concentrations de SO_4^{2-} obtenues par esquichage sous haute pression lorsque l'eau s'est accumulée sur des longues périodes après le forage de trous, ce qui entraîne un potentiel d'oxydation avant l'analyse. On en conclut que la concentration de SO_4^{2-} obtenue par extraction aqueuse constitue une approximation raisonnable de la concentration de SO_4^{2-} dans l'eau interstitielle in situ. Pour la modélisation future de la composition de l'eau interstitielle dissoute dans l'argile à Opalinus au mont Terri, on recommande d'avoir recours au ratio SO_4/Cl obtenu en préparant avec précaution des solutions aqueuses, au lieu du ratio SO_4/Cl dans l'eau de mer ou la fixation de la concentration de SO_4^{2-} en contrôlant la solubilité des minéraux.