Comprendre le transport de polluants dans les milieux fracturÃ©s

Dossier de
 la rÃ©daction de H2o
February 2025

Dans les milieux gÃ©ologiques cristallins qui constituent une grande partie des continents, l'eau souterraine circule presque uniquement via des rÃ©seaux de fractures crÃ©Ã©es au long de l'histoire gÃ©ologique. Ces rÃ©seaux sont complexes avec des fractures qui varient du micron jusqu'Ã une dizaine de kilomÃ¨tres. Or mieux connaÃ®tre ces fractures, et la circulation des fluides qu'elles permettent, est essentiel pour dÃ©velopper les technologies liÃ©es Ã la gestion de l'eau souterraine, Ã la gÃ©othermie ou au stockage souterrain de dÃ©chets radioactifs, et Ã©valuer les pollutions qu'elles pourraient engendrer.

Le CNRS, l'UniversitÃ© de Rennes et la sociÃ©tÃ© Itasca ont crÃ©Ã© en 2018 un laboratoire commun : la Fractory, qui s'est spÃ©cialisÃ©e dans une mÃ©thode de modÃ©lisation spÃ©cifique pour ces milieux : la mÃ©thode Discrete Fracture Network (DFN), oÃ¹ le milieu gÃ©ologique est reprÃ©sentÃ© par un rÃ©seau de pseudo-fractures statistiquement Ã©quivalent aux fractures rÃ©elles. Il se pose nÃ©anmoins aujourd'hui une question fondamentale : quelle est la pertinence de ces diffÃ©rents modÃ¨les de rÃ©seaux de fractures pour prÃ©dire les propriÃ©tÃ©s des roches fracturÃ©es, notamment pour estimer le temps rÃ©sidence de l'eau dans les fractures, qui contrÃ´le la dispersion des polluants dans le milieu ? Dans une nouvelle Ã©tude, la Fractory a Ã©tudiÃ© une large gamme de modÃ¨les de rÃ©seaux, allant des plus simples, constituÃ©s de fractures de taille constante, aux plus complexes avec une distribution multi-Ã©chelle de fractures partiellement scellÃ©es. L'Ã©quipe a montrÃ© que les temps de rÃ©sidence des Ã©lÃ©ments chimiques dans les rÃ©seaux de fractures pouvaient Ãªtre anormalement longs, en contradiction avec les thÃ©ories classiques d'advection-dispersion. Seuls certains modÃ¨les DFN reproduisent la dispersion trÃ¨s singuliÃ¨re des Ã©lÃ©ments chimiques observÃ©e sur les essais hydrauliques de terrain.

Cette Ã©tude apporte une comprÃ©hension fondamentale de la dispersion de solutÃ©s transportÃ©s par les flux d'eau dans les rÃ©seaux de fractures. Celle-ci constitue un socle indispensable pour sÃ©lectionner les modÃ¨les pertinents, capables de simuler les Ã©coulements souterrains dans les milieux gÃ©ologiques et ainsi de renforcer leur capacitÃ© prÃ©dictive. Les concepts et modÃ¨les dÃ©veloppÃ©s par la Fractory sont utilisÃ©s dans les analyses du risque de pollution associÃ© au stockage des dÃ©chets nuclÃ©aires. Ils sont aussi pertinents pour de multiples applications en gÃ©othermie profonde ou en gestion de l'eau souterraine.

CNRS