

Comprendre le transport de polluants dans les milieux fracturés

Dossier de la rédaction de H2o
February 2025

Dans les milieux géologiques cristallins qui constituent une grande partie des continents, l'eau souterraine circule presque uniquement via des réseaux de fractures créées au long de l'histoire géologique. Ces réseaux sont complexes avec des fractures qui varient du micron jusqu'à une dizaine de kilomètres. Or mieux connaître ces fractures, et la circulation des fluides qu'elles permettent, est essentiel pour développer les technologies liées à la gestion de l'eau souterraine, à la géothermie ou au stockage souterrain de déchets radioactifs, et évaluer les pollutions qu'elles pourraient engendrer.

Le CNRS, l'Université de Rennes et la société Itasca ont créé en 2018 un laboratoire commun : la Fractory, qui s'est spécialisée dans une méthode de modélisation spécifique pour ces milieux : la méthode Discrete Fracture Network (DFN), où le milieu géologique est représenté par un réseau de pseudo-fractures statistiquement équivalentes aux fractures réelles. Il se pose néanmoins aujourd'hui une question fondamentale : quelle est la pertinence de ces différents modèles de réseaux de fractures pour prédire les propriétés des roches fracturées, notamment pour estimer le temps de résidence de l'eau dans les fractures, qui contrôle la dispersion des polluants dans le milieu ? Dans une nouvelle étude, la Fractory a étudié une large gamme de modèles de réseaux, allant des plus simples, constitués de fractures de taille constante, aux plus complexes avec une distribution multi-échelle de fractures partiellement scellées. L'équipe a montré que les temps de résidence des éléments chimiques dans les réseaux de fractures pouvaient être anormalement longs, en contradiction avec les théories classiques d'advection-dispersion. Seuls certains modèles DFN reproduisent la dispersion très singulière des éléments chimiques observée sur les essais hydrauliques de terrain.

Cette étude apporte une compréhension fondamentale de la dispersion de solutés transportés par les flux d'eau dans les réseaux de fractures. Celle-ci constitue un socle indispensable pour sélectionner les modèles pertinents, capables de simuler les écoulements souterrains dans les milieux géologiques et ainsi de renforcer leur capacité prédictive. Les concepts et modèles développés par la Fractory sont utilisés dans les analyses du risque de pollution associées au stockage des déchets nucléaires. Ils sont aussi pertinents pour de multiples applications en géothermie profonde ou en gestion de l'eau souterraine.

CNRS