

« Étude expérimentale et modélisation des phénomènes couplés chimie-géométrie-écoulement-transport en milieu fracturé carbonaté »

L'étude du transport réactif dans les milieux hétérogènes fracturés et poreux trouve aujourd'hui de nombreuses applications dans des problématiques environnementales, comme évaluer la possibilité de stocker du CO₂ dans les réservoirs géologiques pour réduire les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. L'introduction de forts déséquilibres chimiques dans ces milieux naturels nécessite de pouvoir évaluer leur capacité de confinement dans l'espace et dans le temps. Cependant, la compréhension des écoulements réactifs ne peut se faire sans une meilleure connaissance des différents couplages qui s'opèrent entre les réactions chimiques d'une part, et les modifications de la géométrie, des écoulements et du transport d'autre part.

Ce travail a porté sur l'application de la microtomographie à rayons X à la caractérisation de la géométrie de fractures soumises à des réactions de dissolution. L'utilisation de cette technique non-invasive d'imagerie a permis de suivre l'évolution morphologique d'une fracture à l'échelle globale de l'échantillon, grâce à des méthodes statistiques, géostatistiques et fractales, et à l'échelle locale du pixel, à partir des images 3D. En résolvant l'écoulement dans ces fractures avec le logiciel Fluent[®], il a ensuite été possible de discuter des différences observées entre les simulations numériques et les mesures expérimentales d'ouverture mécanique, hydraulique et chimique.

Les observations structurales ont révélé la nature instable des phénomènes de dissolution en milieu fracturé, qui peut conduire rapidement à la formation de chemins d'écoulement préférentiel, associée à une augmentation très rapide de la perméabilité. L'implication de la minéralogie et de la texture des roches naturelles paraît également déterminante dans l'évolution de la rugosité des surfaces, du transport des éléments à l'interface eau-minéral, et des motifs de dissolution. Le modèle de transport réactif HYTEC (École des Mines), basé sur une approche à l'échelle de Darcy, a alors été utilisé afin de mettre en évidence le rôle de la géométrie, de la cinétique des réactions chimiques, de la relation porosité - diffusivité, et de la valeur des nombres de Damköhler et de Péclet dans l'évolution des motifs de dissolution et du transport des espèces en solution.

Mots clés : interactions eau-roche, dissolution, roches carbonatées, CO₂, fractures, milieu poreux, microtomographie à rayons X, traitement d'images, géométrie, écoulement, transport réactif, modélisation géochimique.