

Etude du transport de solutés en milieu poreux partiellement saturé : influence de la physique à l'échelle du pore sur le comportement macroscopique

La zone partiellement saturée (vadose) joue un rôle important dans de nombreux aspects de l'hydrologie. Au cours des dernières années l'intérêt pour cette zone s'est accru en raison des préoccupations croissantes que suscitent l'impact des activités industrielles, agricoles et urbaines sur la qualité de l'environnement du sous-sol et particulièrement sur la ressource en eau potable. La nappe phréatique peut être contaminée par les pesticides et engrais appliqués sur les terres agricoles traversant la zone partiellement saturée ainsi que par les produits chimiques qui migrent des sites d'assainissement urbains et industriels. En fonction des périodes pluvieuses et sèches, la saturation dans la zone vadose est variable et le transport des polluants dans cette zone en dépend fortement. De plus, à l'avenir, on s'attend à ce que des plus longues périodes de sécheresse alternent avec des épisodes de pluie intenses. L'extrapolation à partir des scénarios actuels sera donc délicate et une meilleure compréhension du transport à des saturations très faibles devient cruciale.

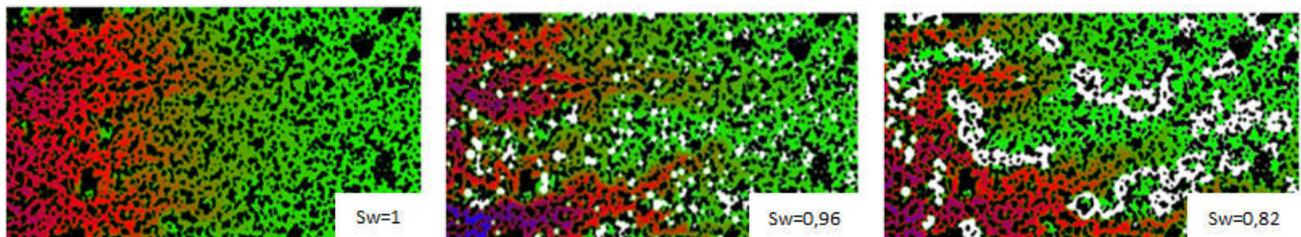


Figure : Expérience du transport d'un traceur (rouge) dans un milieu poreux insaturé. La phase solide est représentée en noir, la phase mouillante (eau) en vert et la phase non mouillante (air) en blanc .

Malgré un certain nombre d'études, le transport dans des milieux poreux partiellement saturés est toujours assez mal compris. Par ailleurs, on trouve dans la littérature des résultats fortement divergents concernant la dépendance du coefficient de dispersion à la saturation. La difficulté majeure réside dans le fait que le volume des pores accessible par le traceur dépend de la physique de l'écoulement diphasique non miscible sous-jacent. En effet, la distribution spatiale air-eau dans un milieu poreux dépend de plusieurs paramètres structuraux et physico-chimiques dont la tension interfaciale entre les deux phases. Par exemple, la libération de surfactant par les racines des plantes peut induire un changement de tension interfaciale et par conséquent influencer la distribution des fluides et donc le transport. De plus, l'hétérogénéité du milieu ainsi que les précipitations et l'évaporation affectent fortement la distribution des phases. Dans certaines situations, la connectivité des phases immiscibles se réduit et conduit à des distributions de déplacement des molécules différentes de celles du modèle classique de dispersion. Les coefficients de dispersion peuvent alors devenir dépendants du temps et/ou de l'espace. Ainsi, des études récentes montrent que les zones stagnantes créées par les phases non miscibles affectent fortement le transport. Cependant, l'influence de ces zones et leurs conséquences sur les équations macroscopiques de transport restent à approfondir.

L'objectif de cette thèse est de mieux comprendre le transport de solutés dans des milieux poreux partiellement saturés en air-eau et les équations macroscopiques qui en découlent. La thèse consiste en une partie expérimentale et une partie numérique, toute deux en continuation de travaux antérieurs. Dans un premier temps, nous effectuerons des déplacements non miscibles air-eau dans des micromodèles en verre et mini-plugs de différentes géométries afin d'étudier l'influence de la structure des pores ainsi que les propriétés des fluides (viscosité, IFT...) sur la distribution spatiale d'air. Dans une deuxième étape, nous ferons des simulations Lattice Boltzmann de transport de traceur passif dans les images prises du micromodèle à saturation partielle. La simulation permettra d'imposer des conditions limites précises nécessaires à l'interprétation des moments de déplacements. Nous nous intéresserons particulièrement aux faibles saturations en eau. Enfin, nous tenterons d'établir une corrélation entre la structure des pores, la saturation et les équations macroscopiques.

Contact : Daniela Bauer, Daniela.Bauer@ifpen.fr, Isabelle Faille, Isabelle.Faille@ifpen.fr
Souhail Youssef, Souhail.Youssef@ifpen.fr, Laurent Talon, talon@fast.u-psud.fr