

Modélisation hydrogéologique d'un aquifère calcaire fissuré : infiltration, double porosité et transport

Contexte

Certains aquifères carbonatés, fracturés voire karstiques (calcaires jurassiques en Bourgogne-Franche-Comté, craie de Champagne, calcaires des causses, ...), peuvent être représentés schématiquement par une juxtaposition de plusieurs réseaux, allant du milieu poreux matriciel au conduit karstique, en passant par le réseau de fractures interconnectées, même si, dans la réalité, il s'agit plutôt d'un continuum (*Bakalowicz, 2005*).

Pour les aquifères fissurés dont le karst est peu ou moyennement développé, il est possible de ne considérer que deux types de réseau poreux interconnectés, engendrant deux vitesses de circulation des eaux souterraines : le milieu matriciel (assurant la fonction de stockage) et le milieu fissuré (assurant la fonction de fonction de transport) (*Warren and Root, 1963 – Robineau, 2019*). Ceci entraîne un comportement très caractéristique de ce type de milieu, tant du point de vue hydrodynamique que transport (*Delbart, 2013*). La prise en compte de cette double cinétique est ainsi nécessaire pour prédire correctement la réponse du milieu souterrain à des contaminations instantanées ou chroniques.

La représentation de ce type de « double milieu » a été introduite dans le code METIS (*Goblet, 2017 – Gerke et Van Genuchten, 1993*), et utilisée dans le cadre des travaux de doctorat de T. Robineau (*Robineau, 2019*). Néanmoins, le modèle résultant est encore incomplet et perfectible. En effet :

- 1) Le modèle développé ne permet pas encore la reproduction simultanée de la piézométrie dans l'espace et dans le temps du site étudié (aquifère du Bathonien situé en Bourgogne).
- 2) La zone non saturée (ZNS) n'a pas été considérée. Hors, il semble essentiel de considérer ce réservoir pour comprendre la dynamique de migration dans les eaux souterraines au droit du site.
- 3) L'évaluation de la recharge, qui conditionne les flux d'eau souterraine, reste à confirmer par une analyse plus détaillée et plus robuste. Ce point spécifique sera traité à part.

Objectif du travail

L'objectif du travail est de développer un modèle numérique complet « double milieu » du site étudié, couplant le volet hydrogéologique et le volet transport (on considère ici seulement le transport non réactif). Ceci permettra son emploi dans le cadre « opérationnel » des études de site réalisées au sein du DASE. Le projet comporte ainsi 2 phases.

- **Phase 1 (6 mois) : Modélisation hydrodynamique « double milieu » sur un modèle 1D+2D** (colonnes 1D verticales pour la ZNS, 2D plan pour la zone saturée). Au cours de cette phase, il s'agit d'ajuster les paramètres régissant les écoulements dans les 2 milieux (matrice et fractures), de manière à reproduire simultanément le champ spatial de la piézométrie (carte piézométrique) ainsi que les variations temporelles de la piézométrie (chroniques piézométriques pluriannuelles) du site étudié. Une réflexion préalable sur les procédures d'ajustement spatio-temporel devra être menée (notamment au cours d'une phase de recherche bibliographique).
- **Phase 2 (6 mois) : Modélisation du transport dans le modèle 1D+2D**. Au cours de cette phase, on tâchera de reproduire l'évolution sur près de 40 ans des teneurs en tritium mesurées en nappe, ainsi que les 2 profils verticaux de tritium contenu dans l'eau matricielle de la ZNS, obtenus à 10 ans d'intervalle. Il pourra être nécessaire de procéder à une estimation des dépôts au sol par simulation atmosphérique.

Lieu de travail

Le travail sera effectué dans le cadre du laboratoire de recherche conventionné "Yves Rocard" (CEA-Ecole normale supérieure), à la fois dans le Département analyse, surveillance, environnement du CEA à Bruyères-le-Châtel (Essonne) et au laboratoire de Géologie de l'ENS Paris.

Durée du contrat 12 mois

Compétences recherchées :

- Thèse en hydrogéologie
- Compétence en modélisation de l'environnement et en programmation (Python notamment)
- Capacité de travail autonome et en équipe
- Expérience en écriture scientifique pour la valorisation des travaux dans des journaux scientifiques

Encadrement:

Les travaux seront menés sous la direction principale de Lionel Schaper au Département DASE du CEA et de Florence Habets au laboratoire de Géologie de l'ENS.

Salaire:

S'agissant d'un contrat ENS, le salaire brut mensuel varie entre 2540 € et 3240 € suivant l'expérience.

Modalité de candidature:

Les candidatures doivent inclure une lettre de motivation, un CV, et les contacts d'au moins 2 personnes de références. Elles doivent être envoyées avant le 1er Mars 2021 à Lionel Schaper (Lionel.SCHAPER@cea.fr), et Florence Habets (florence.habets@ens.fr).

Références

- Bakalowicz, M., 2005. Karst groundwater : a challenge for new resources. *Hydrogeol. J.* 13, 148–160.
- Delbart, C., 2013. Variabilité spatio-temporelle du fonctionnement d'un aquifère karstique du Dogger : suivis hydrodynamiques et géochimiques multifréquences ; traitement du signal des réponses physiques et géochimiques. *Sciences de la Terre. Université Paris Sud - Paris XI.*
- Gerke, H.H., Van Genuchten, M.T., 1993a. A dual-porosity model for simulating the preferential movement of water and solutes in structured porous media. *Water Resour. Res.* 29, 305–319.
- Goblet, P., 2017. Programme METIS : Simulation d'écoulement et de Transport Miscible en Milieu Poreux et Fracturé – Notice de conception – Mise à jour au 31/08/2017. *Geosciences Department Technical Report.*
- Robineau, T., 2019. Caractérisation du fonctionnement hydrodynamique d'un aquifère karstique : Traitement du signal et modélisation double milieu des écoulements et du transport. *Géosciences et géoingénierie. Université Paris Sciences et Lettre – Mines ParisTech.*
- Warren, J.E., Root, P.J., 1963. The behavior of naturally fractured reservoirs. *SPEJ* 245–255.