

Thèse de doctorat 2018-2021

Titre de la thèse : Corrélation entre les résultats de tests en forages et la structuration karstique d'un aquifère carbonaté pour la caractérisation de la ressource en eau souterraine stratégique du bassin versant de l'Huveaune (de la Sainte Baume à la mer, région PACA)

Date de démarrage : Oct. 2018

Doctorant : M. Thibaut Garin

Contexte

Les aquifères carbonatés karstiques sont reconnus pour être des milieux hétérogènes, aux forts contrastes de perméabilité. Les vides karstiques s'organisent en fonction de nombreux facteurs de contrôle géologiques et paléogéographiques, ce qui aboutit à la mise en place de réseaux karstiques successifs plus ou moins bien connectés (i) entre eux et (ii) avec la matrice carbonatée environnante. Il en résulte des zones où l'eau souterraine suit des chemins d'écoulement préférentiels, et des zones juxtaposées capacitives ou non. La prédiction des zones productives en eau souterraine dans de tels milieux est alors particulièrement difficile. Pourtant ces aquifères représentent souvent des ressources en eau majeures, autant par le stock d'eau qu'ils contiennent que par le volume qu'ils drainent annuellement. C'est le cas sur les karsts du pourtour méditerranéen, qui sont souvent l'unique ressource en eau locale, et qui se trouvent à l'interface entre les eaux continentales douces et l'eau de mer qui envahit les aquifères côtiers par le phénomène d'intrusion saline.

Objectif

L'objectif de la thèse de doctorat est d'explorer les méthodes de caractérisation de l'écoulement dans les aquifères karstiques en couplant deux échelles d'études : à l'échelle du puits, il s'agit d'améliorer l'interprétation de résultats de tests hydrauliques en forage, en les croisant avec le modèle conceptuel de mise en place du karst élaboré à l'échelle de l'aquifère ou de la région karstique. La thèse s'intègre dans un projet de recherche, Karst-Huveaune, dont l'originalité est de faire converger quatre approches scientifiques complémentaires : la géologie structurale pour définir la géométrie et l'histoire des massifs rocheux, la karstologie (ou géomorphologie karstique) pour étudier la mise en place des vides karstiques, l'hydrogéologie quantitative pour interpréter les variations du signal physico-chimique de l'eau, l'hydrochimie pour établir l'état qualitatif et l'origine des masses d'eau.

Site d'étude

La thèse portera sur un secteur d'étude en Basse-Provence calcaire qui est stratégiquement bien situé, car il présente de forts enjeux socio-économiques et géologiques. Le cas d'étude appartient au bassin de l'Huveaune, autour des localités de Marseille, Aubagne et Cassis, et s'étendant de la mer jusqu'au massif de la Sainte-Baume. C'est donc un secteur péri-urbain où la demande en eau est forte et la connaissance sur l'hydrogéologie locale est déficitaire. Il y a donc un véritable besoin d'amélioration des connaissances hydrogéologiques. En effet, la géologie du secteur de l'Huveaune est particulièrement complexe, avec une histoire polyphasée (grands chevauchements provençaux, ouverture oligocène du bassin de Marseille, basculement post-miocène). De fait, la structure des roches est encore mal contrainte en profondeur et en 3D. De plus, à cette évolution de la géométrie des massifs rocheux se surimpose l'évolution karstique, qui va engendrer la création d'un réseau de conduits très perméables. Par conséquent, la présence et la taille des réservoirs d'eau, ainsi que la circulation actuelle de l'eau souterraine ne sont pas bien connues et sont difficiles à contraindre.

Un élément clé de l'hydrogéologie sur le secteur d'étude est la convergence des eaux souterraines vers un exutoire régional majeur aux sources sous-marines de Cassis (Port-Miou et Bestouan) qui draine un débit moyen annuel jusqu'à 8 m³/s, bien supérieur au débit de l'Huveaune en surface. Ce karst s'est développé à plus de 233 mètres sous le niveau de la mer, montrant ainsi le fort impact des variations du niveau de la mer sur la structuration karstique régionale, en lien avec l'événement messinien (5 millions d'années environ, baisse du niveau de la mer Méditerranée de plus de 1500 mètres). Le site de Port-Miou est intégré au Service National d'Observation Karst (SNO Karst), suivi par l'Université Aix-Marseille, et bénéficie d'une base de données aux exutoires et dans le bassin versant.

Méthodes

La thèse reposera sur une approche multi-méthodes et multi-échelles : 1) Multi-méthodes car il s'agit de croiser les concepts obtenus par l'interprétation de tests de pompages sur forage, avec la signature chimique de l'eau et la mise en place du karst. 2) Multi-échelles car les observations seront faites sur des points localisés : forages, sources, affleurements géologiques, karsts, puis replacées à l'échelle de la masse d'eau et de la géologie Provençale.

Le travail de thèse de Thibaut Garin va donc explorer l'hydrogéologie de la zone d'étude en utilisant l'information délivrée par les forages. Deux approches méthodologiques complémentaires sont prévues et ont démarré en 2019 :

(1) l'interprétations des essais de pompage par les diagnostic plot (appelé aussi courbes de dérivées) et la modélisation des écoulements autour du forage par des solutions analytiques pour confirmer les schémas conceptuels établis, et

(2) le prélèvement d'eau et l'analyse des ions majeurs, des polluants organiques et de certains isotopes (stables de l'eau, soufre et oxygène 18 des sulfates, strontium).

Une vingtaine de points de mesure sont accessibles sur le territoire d'étude (environ 500 km²), incluant la rivière Huveaune, des forages pour l'alimentation en eau potable et des sources. Ils permettront d'investiguer des caractéristiques diverses telles que : la nature lithologique de l'aquifère (évacuaires, carbonates, alluvions), les échanges nappe-rivière, la proximité d'une zone d'occupation du sol affectée par l'homme (industrie, agriculture), l'intrusion saline, les unités géologiques (Sainte Baume, Beausset, Calanques).

Le croisement des résultats des tests en forage avec les modèles conceptuels d'écoulement établis par l'interprétation des données géologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques est un véritable défi, et permettrait de proposer un nouveau couplage méthodologique.

Directeurs de thèse : Bruno Arfib et Julio Gonçalves (CEREGE, Université Aix-Marseille)

Co-encadrant : Bernard Ladouche (BRGM - D3E/NRE)

Financement et partenaires :

- Salaire (3 ans) : Bourse Région PACA Emploi Jeunes Doctorants / BRGM (50%/50%)
- Fonctionnement : Projet de Recherche Karst-Huveaune (Agence de l'Eau, Conseil Départemental 13, Conseil Régional, Métropole Aix-Marseille-Provence, Université Aix-Marseille)
- Partenaires complémentaires : SMBVH/SIBVH (Syndicat Mixte du Bassin Versant de l'Huveaune)

Contact :

Bruno Arfib : arfib@cerege.fr, Julio Gonçalves : goncalves@cerege.fr

Université Aix-Marseille, Laboratoire CEREGE, 3 place V. Hugo, 13003 Marseille

Ecole Doctorale Sciences de l'Environnement

Informations générales : www.cerege.fr, www.karsteau.fr