

Titre de la thèse :

Contraire la recharge, les modalités et structures d'écoulement en contexte carbonaté : Application aux ressources en eau des bassins versants de l'Huveaune et du karst de Port-Miou (Sud-Est de la France)

par Thibaut Garin

Direction et encadrement : Julio Goncalvès¹, Bruno Arfib¹, Bernard Ladouche², Benoit Dewandel²

1-Aix Marseille Université, CNRS, IRD, INRAE, CEREGE, Marseille / Aix-en-Provence, France

2-BRGM, D3E/NRE-University of Montpellier, 1039 rue de Pinville, 34000 Montpellier, France

Date et lieu de soutenance : 15 décembre 2022, 14h30, amphithéâtre du laboratoire [CEREGE](#), l'Arbois, Aix en Provence

Jury

Valérie PLAGNES (Sorbonne Université)	Rapportrice
Patrick LACHASSAGNE (Université de Montpellier)	Rapporteur
Catherine BERTRAND (Université de Franche-Comté)	Examinatrice
Christine VALLET-COULOMB (Aix-Marseille Université)	Examinatrice
Julie JEANPERT (AERMC, experte eau souterraine)	Invitée
Julio GONCALVES (Aix-Marseille Université)	Directeur de thèse
Bruno ARFIB (Aix-Marseille Université)	Co-directeur de thèse
Bernard LADOUCHE (BRGM, Université de Montpellier)	Co-encadrant
Benoit DEWANDEL (BRGM, Université de Montpellier)	Co-encadrant

Résumé :

La gestion de la ressource en eau souterraine dans un territoire nécessite d'identifier les masses d'eau souterraine et leurs modalités de recharge et d'écoulement. En domaine carbonaté karstique, la tâche est compliquée par la présence des zones transmissives qui favorisent le transfert rapide dans les différents compartiments du karst. À l'échelle d'un hydrosystème, les grandes structures géologiques (chevauchements, failles, faciès) et géomorphologiques ou karstologiques (vallées, poljés) impactent également les écoulements. Dans ce contexte, l'hydrogéochimie permet d'établir la signature des masses d'eau en fonction de l'origine de l'eau, des roches traversées et des activités humaines. Toutefois, en Basse-Provence calcaire, l'histoire géologique depuis l'Oligocène a permis le dépôt de sédiments continentaux et marins au sein des structures karstiques, susceptibles de perturber le signal chimique acquis par l'eau.

Dans cette thèse il est proposé d'étudier l'hydrogéologie du bassin versant de la rivière Huveaune, en partie commun au bassin versant des sources sous-marines de Port-Miou (Cassis). Cette zone renferme

une ressource en eau définie comme stratégique par l'Agence de l'Eau, à proximité de la métropole Marseillaise. L'approche choisie repose sur plusieurs méthodes d'investigations complémentaires sur des forages, des eaux de surface et des sources. En incluant des forages dans l'analyse, il est ainsi possible d'améliorer la distribution spatiale des points d'observations et d'échantillonnage de l'eau, et de réaliser des essais de pompage pour tester l'aquifère en complément de l'approche hydrogéochimique.

L'interprétation d'essais de pompage par la méthode des dérivées (ou diagnostic plot), couplée à la modélisation des écoulements à l'aide de solutions analytiques a mis en évidence le caractère non univoque de l'interprétation, améliorée par la prise en compte du contexte géologique. Les essais dans la plaine alluviale d'Aubagne mettent en valeur la forte transmissivité des paléochenaux, qui montre qu'en contexte carbonaté les remplissages des bassins d'effondrement et poljés peuvent constituer une ressource en eau souterraine locale en quantité mais potentiellement affectée par les activités agricoles.

L'analyse hydrogéochimique multi-traceurs s'est appuyée sur des prélèvements mensuels d'eau sur des sources karstiques, forages, rivières et canaux sur la période 2018 à 2021. Les ions majeurs ont été systématiquement analysés, et complétés par l'analyse de plusieurs isotopes : $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$; $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SO}_4}$. Les isotopes stables de l'eau ont permis d'établir une classification graphique de référence pour les masses d'eau régionales et de quantifier l'influence de l'irrigation sur la plaine alluviale. Le signal en isotopes du strontium de l'eau souterraine est influencé par la nature des remplissages karstiques et diffère de la signature théorique des réservoirs crétacés et jurassiques. L'approche multi-traceurs confirme l'origine marine de la salinité observée sur les sources de Port-Miou.

En complément, la signature en isotopes stables de l'eau de pluie a pu être suivie à l'aide de deux stations de collecte des précipitations à deux altitudes différentes, représentatives de la zone d'étude. Un modèle d'infiltration couplé à un bilan isotopique mensuel a mis en évidence l'appauvrissement en isotopes stables de la pluie efficace par rapport aux précipitations. Ce signal se retrouve dans les eaux souterraines étudiées et permet ainsi d'expliquer les valeurs a priori anormales de ces eaux.

Dans le contexte de changement climatique, ces travaux pourront aider les acteurs locaux à gérer la ressource en eau souterraine de façon concertée et durable. La mise en place d'un suivi qualitatif et quantitatif de la ressource en eau souterraine est vivement encouragée.

Mots clés : Diagnostic de puits, traceurs naturels, intrusion saline, pluie efficace, isotopes stables de l'eau, karst, ressource en eau, Huveaune

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)
- Partenaire complémentaire : EPAGE HUCA (SMBVH/SIBVH - Syndicat Mixte du Bassin Versant de l'Huveaune)

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