

## KARST-HUVEAUNE 2018-2022 : descriptif du projet de recherche

# Karst et ressource stratégique en eau souterraine du bassin de l'Huveaune : caractérisation par approches hydrodynamique, géologique et hydrochimique

### Résumé du projet Karst-Huveaune (version 2019)

Le projet de recherche multipartenarial Karst-Huveaune, dirigé par l'université Aix-Marseille, porte sur la caractérisation de la ressource en eau souterraine du bassin de l'Huveaune dans les aquifères carbonatés karstiques. Il intégrera des données multiples (géologie, karstologie, hydrogéologie, tests en forages, hydrochimie) pour une meilleure compréhension du fonctionnement actuel et futur des hydrosystèmes souterrains entre la Sainte-Baume et la mer. La zone d'étude inclut le bassin versant de l'Huveaune en amont d'Aubagne, qui recoupe le bassin versant plus large d'alimentation des sources sous-marines de Cassis. Le travail consistera à étudier la qualité et la quantité d'eau souterraine disponible, en fonction du contexte géologique régional. En effet, les écoulements dans les roches carbonatées karstiques sont hétérogènes, fortement influencés par la présence de vides karstiques très perméables qui peuvent jouer le rôle de zone de drainage préférentiel. Pourtant ces zones sont difficiles à détecter et à localiser a priori. L'objectif est d'améliorer les connaissances sur les eaux souterraines dans cette partie du territoire régional, et d'affiner des méthodes d'étude en croisant des approches de géosciences, de chimie de l'environnement et de tests en forages.



Le projet donnera lieu à une thèse de doctorat (3 ans) dont l'objectif sera d'une part de montrer comment relier la réponse de tests en forages à la structuration karstique d'un aquifère carbonaté, et d'autre part d'établir l'origine et le mode d'écoulement de l'eau souterraine à l'aide d'outils hydrochimiques complémentaires (ions majeurs, éléments traces et molécules organiques, isotopes de l'eau, du strontium et des sulfates de l'eau). En complément, une étude spécifique (post-doc 10 mois) sera menée pour identifier la mise en place, la géométrie et le rôle des grandes structures géologiques qui divisent l'unité du Beausset entre le sud d'Aubagne et la Sainte-Baume et le massif d'Allauch au nord.

Trois axes méthodologiques guideront les travaux de recherche scientifique : 1) améliorer les schémas de structuration karstique régionale à l'aide d'observations géologiques, géomorphologiques, hydrogéologiques, 2) interpréter les essais de pompage avec des méthodes modernes (type diagnostic plot) et voir comment faciliter l'application des méthodes dans les études hydrogéologiques, 3) valider l'origine et la qualité de l'eau des nappes investiguées par la caractérisation chimique de l'eau. L'application de ces approches aux grands aquifères régionaux de la Basse-Provence calcaire aidera à proposer une meilleure gestion de la ressource en eau.

## Contexte local

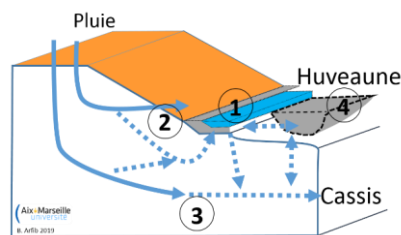
Sur le territoire du bassin versant de l’Huveaune, entre Marseille et Aubagne, les besoins en eau potable et pour l’agriculture sont historiquement satisfaits par des canaux de dérivation de l’eau de surface de la Durance et du Verdon. L’eau souterraine est prélevée localement pour l’alimentation en eau potable (AEP) uniquement en amont d’Aubagne sur les contreforts de la Sainte-Baume, à des débits limités aux besoins des communes, et dans la plaine d’Aubagne en secours des canaux.

La recherche de nouvelles ressources en eau souterraine sur le territoire encadrant Aubagne est devenue une nécessité sur ce territoire de plus en plus urbanisé, où il y a un fort enjeu social et économique. La ressource en eau profonde n’a pas encore été investiguée. Elle est accessible par quelques forages localisés généralement dans les plaines. La zone de recharge de l’eau souterraine se trouve nécessairement en amont, en partie sur le massif de la Sainte-Baume, dans une zone naturelle non urbanisée. La Sainte-Baume et sa continuité vers les calanques forment ainsi un vaste aquifère régional qui constitue une ressource en eau majeure, qui pourrait permettre de diversifier et de sécuriser les besoins en eau douce sur le territoire d’Aubagne et Marseille.

La ressource en eau souterraine identifiée comme stratégique par le SDAGE est une eau de bonne qualité, disponible en quantité, et située à proximité des zones de besoins. L’utilisation de cette ressource en eau nécessite préalablement une bonne connaissance du fonctionnement de l’aquifère pour en organiser l’exploitation, la gestion et la préservation de manière durable. Cet objectif de connaissance a été défini dans la fiche Action C1.1, du contrat de rivière Huveaune signé en octobre 2015. L’Université Aix-Marseille porte cette action dans l’enjeu C, Etat des ressources en eau, avec pour titre « *Caractérisation de la ressource en eau souterraine stratégique du secteur Calanques/Beausset/Sainte-Baume* ».

### L’eau souterraine sur le territoire du bassin de l’Huveaune

- 1- Rivière Huveaune et nappe d’accompagnement
- 2- Eau du karst (sources en pied de versant et remontée vers la nappe de sub-surface)
- 3- Écoulement souterrain profond régional
- 4- Alluvions et remplissage du bassin Oligocène d’Aubagne



La difficulté pour caractériser les ressources en eau souterraine sur ce territoire tient au contexte géologique. Les roches sont principalement de nature carbonatée (calcaire et dolomie), et vont se comporter comme un milieu hétérogène en fonction de leur fracturation et de leur évolution spéléogénétique. Dans ces calcaires se créent alors des réseaux karstiques, composés de zones d’écoulement préférentiel qui convergent vers des axes de drainage majeurs. D’autres ressources existent, soit au sein même des roches carbonatées localement altérées qui forment ainsi un vaste réseau poreux (ces réseaux peuvent être associés à des fantômes de roche), soit au sein des alluvions le long du cours d’eau ou dans les plaines de divagation d’origine tectonique ou karstique (poljé).

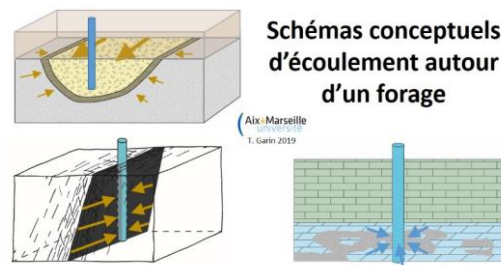
A l’échelle régionale, les sources de la baie de Cassis (Port-Miou et Bestouan) forment ainsi le point de drainage souterrain profond du bassin versant de l’Huveaune ([Coulter 1985](#), [Cavalera 2007](#), [Arfib et Charlier 2016](#)). Une large partie de l’eau infiltrée sur le bassin versant de l’Huveaune s’écoule donc en profondeur et ne vient pas alimenter le cours d’eau. L’eau qui sort à Cassis devient saumâtre au sein de l’aquifère, contaminée par le phénomène d’intrusion saline.

## Une originalité du projet : l’étude spatialisée en forage en domaine carbonaté

Une originalité de l’étude repose sur l’utilisation de points d’observations généralement négligés en hydrogéologie karstique : les forages. En effet, l’eau souterraine circule dans les roches carbonatées karstiques de manière hétérogène, avec des vitesses d’écoulement très variables entre les zones peu perméables de la roche calcaire (ou dolomitique) et les zones fracturées et karstifiées caractérisées par une perméabilité en grand. Dans ce contexte, chaque forage est susceptible de recouper des zones aux propriétés hydrogéologiques très différentes.

Historiquement, les forages sont donc peu utilisés dans les études hydrogéologiques dans les domaines carbonatés car il est difficile de corréler les informations obtenues d'un point à l'autre. De plus, les aquifères karstiques étant généralement drainés par une source, les scientifiques et gestionnaires ont privilégié le suivi et l'étude des sources karstiques, ce qui a pour avantage majeur d'apporter une information globale sur le fonctionnement de l'aquifère et de donner accès à un site où les mesures (en particulier de débit) sont facilitées. Pourtant, l'observation dans des forages est le seul moyen d'avoir accès directement à l'eau souterraine en amont des sources, sauf lorsque des réseaux spéléologiques atteignent la zone noyée du karst.

Le forage propose d'autres avantages : il permet de tester la réponse de l'aquifère à l'échelle de plusieurs dizaines de mètres, voire centaines de mètres. C'est donc une source d'information non négligeable qui renseigne sur le mode d'écoulement de l'eau souterraine, là où elle est invisible. Les investigations reposent alors majoritairement sur les essais de pompage in situ avec suivi du niveau d'eau au cours du temps, et sur la signature chimique de l'eau rencontrée. L'interprétation de l'essai de pompage reste encore un défi lorsque le milieu est hétérogène, comme c'est souvent le cas en aquifère carbonaté karstique. Une méthode adaptée d'interprétation permet de montrer si les écoulements autour du forage sont équivalents à ceux d'un milieu poreux, ou au contraire s'ils sont orientés dans une direction (chenal, faille), ou si des limites hydrogéologiques sont atteintes en cours de pompage.

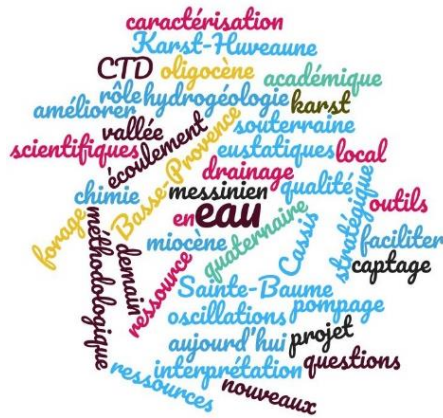


Le travail de thèse de Thibaut Garin va donc explorer l'hydrogéologie de la zone d'étude en utilisant l'information délivrée par les forages. Deux approches méthodologiques complémentaires sont prévues et ont démarré en 2019 : (1) l'interprétation des essais de pompage par les diagnostic plot (appelé 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). L'objectif est de croiser ces différentes méthodes, avec la connaissance du contexte géologique et karstologique, pour caractériser les ressources en eau souterraine entre la Sainte Baume et la mer (Cassis).

### **Quelques questions scientifiques**

Karst-Huveaune est un projet d'intérêt local, académique et méthodologique, qui explorera des questions telles que :

- L'interprétation des essais de pompage dans le karst peut-elle être améliorée et facilitée par l'émergence de nouveaux outils informatiques ?
- Le suivi CTD d'un forage est-il un complément indispensable et/ou suffisant pour la caractérisation des ressources prélevables sur un ouvrage de captage ?
- Quel est le rôle de la structuration oligocène sur l'écoulement entre la Sainte-Baume et Cassis ?
- Quel est le rôle des oscillations eustatiques (miocène, messinien, quaternaire) sur le drainage de la Basse-Provence ?
- Quel est l'état qualitatif de l'eau souterraine ?
- Quelles sont les molécules chimiques d'aujourd'hui et de demain qu'il faut suivre pour caractériser cette ressource en eau stratégique ?
- Existe-t-il plusieurs compartiments hydrogéologiques, avec des signatures chimiques différentes ?
- Depuis quand la vallée de l'Huveaune existe-t-elle ? Quelle a été l'évolution paléogéographique de ce territoire au cours de l'histoire géologique ?



## **Partenaires financiers et techniques, interactions avec les acteurs du territoire.**

Le projet est financé par l'Agence de l'Eau, l'université Aix-Marseille, le Conseil Départemental 13, la Métropole AMP (Aix-Marseille-Provence). Il est soutenu par le Syndicat mixte du bassin versant de l'Huveaune porteur du contrat de rivière Huveaune. La thèse de doctorat de T. Garin est financée par l'université Aix-Marseille et une bourse « emploi jeune doctorant 2018-2021 » cofinancée par la Région PACA et le BRGM (50%/50%).

Tous les 6 mois, un comité technique est organisé pour présenter les résultats aux partenaires financiers, ainsi qu'aux interlocuteurs du territoire travaillant sur la ressource en eau (PNR Sainte Baume, ARS, distributeurs d'eau potable), et favoriser ainsi les synergies entre Agences, EPCI, collectivités territoriales et acteurs locaux. Le projet bénéficie également des collaborations avec les bureaux d'études travaillant sur la zone d'étude.

## **Partenaires scientifiques :**

### **CEREGE, Aix-Marseille Université - Coordination**

- Coordinateur du projet : B. Arfib
- Collaborateurs : J. Goncalves, J. Borgomano, J. Lamarche, N. Espurt, C. Vallet-Coulomb
- Doctorant : T. Garin, Post-doc : C. Matonti

### **Laboratoire Chimie et Environnement, Aix-Marseille Université**

B. Coulomb, J-L. Boudenne, L. Vassalo, C. Demelas

### **BRGM – Direction de l'Eau, Environnement et Ecotechnologies, Montpellier,**

B. Ladouche, B. Dewandel

## **Contact :**

Université Aix-Marseille, CEREGE Centre Saint Charles  
Case 67 - 3 Place Victor Hugo 13331 MARSEILLE cedex 3

Bruno Arfib, Maître de Conférences,  
Tél : 04 13 55 07 48, email : [arfib@cerege.fr](mailto:arfib@cerege.fr)  
Site internet [www.karsteau.fr](http://www.karsteau.fr)