

# SNO Karst : Observatoire du karst côtier, le site de Port-Miou (Cassis) entre terre et mer

Bruno Arfib<sup>1</sup>

(1) Aix-Marseille Université, OSU PYTHEAS, CEREGE, case 67 centre St Charles, 3 Place V. Hugo, 13331 Marseille, Email : arfib@cerge.fr , www.karsteau.fr



## Présentation générale

Les sources de Port-Miou et de Bestouan sont des sources saumâtres, qui émergent en mer à quelques mètres de profondeur sous le niveau de la mer dans la baie de Cassis. Elles drainent une large partie de la basse Provence calcaire et constituent ainsi l'exutoire majeur des eaux souterraines de cette région, avec un débit variant de quelques mètres cubes par seconde à plus de 50 m<sup>3</sup>/s en crue. De plus, ces sources donnent accès à plusieurs kilomètres de conduits karstiques noyés explorables par l'homme en plongée.

Le site observatoire de Port-Miou est un site souterrain, situé 500 mètres en amont de la mer, construit dans les années 1970, où l'eau souterraine et le karst peuvent être suivis en continu. Le site secondaire de Bestouan est constitué d'un forage, regard sur la deuxième branche du système karstique côtier. Le suivi hydrogéologique des sites a démarré en 2005.



## Service National d'Observation KARST

Labélisé par l'INSU en 2012, le SNO Karst a pour objectif de :

- Fédérer les forces d'observation et de recherche actuelles sur les aquifères karstiques pour comparer, mutualiser et unifier les approches (outils, méthodes, concepts).
- Développer des outils pour caractériser et modéliser l'évolution de la ressource en eau.
- Pérenniser une surveillance temporelle des différents laboratoires naturels par des mesures in-situ.



Le site de Port-Miou affiche plusieurs atouts : contexte méditerranéen, zone côtière, échanges terre-mer, zones naturelles et péri-urbaines.

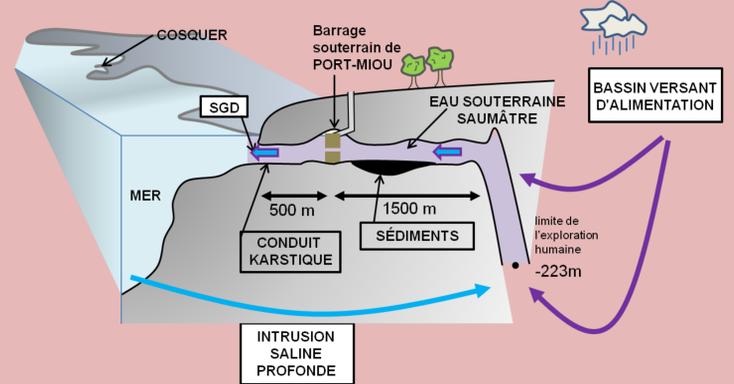
## Un site d'observation à l'interface continent-océan

### Des objets d'études variés :

- L'eau souterraine saumâtre, mélange dans l'aquifère entre l'eau de pluie infiltrée et l'eau de mer
- La zone de décharge d'eau souterraine en mer (SGD : Submarine Groundwater Discharge)
- Des galeries karstiques noyées, de plus de 10 mètres de diamètre, et 2 km dans les terres
- Des dépôts de sédiments au fond des galeries karstiques

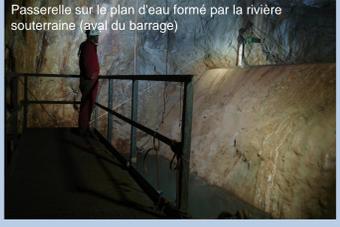
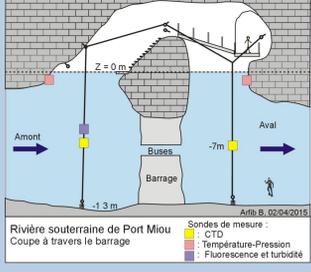
### Des sujets d'études variés :

- Le mécanisme d'intrusion saline
- SGD : impact, méthodes de mesure, qualité
- Un milieu de vie particulier : biodiversité
- Fonctionnement hydrodynamique du karst côtier
- La ressource en eau régionale à proximité de l'agglomération marseillaise
- Un site de référence pour l'enregistrement des variations liées au changement global
- Un site de référence pour le suivi des conditions environnementales autour de la grotte Cosquer

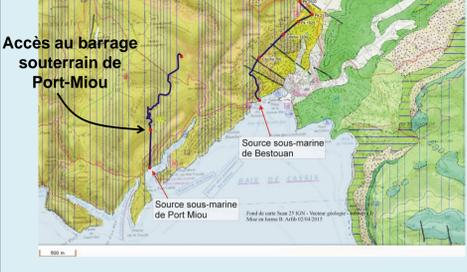


## Le barrage souterrain de Port-Miou

- Un site unique au monde, creusé dans les années 1970, à 44 m sous le sol, pour atteindre la galerie karstique naturelle 500 m en amont de la mer.
- Un barrage sous-marin qui obstrue toute la galerie karstique. L'eau souterraine traverse 4 buses, et les vides karstiques alentours.
- Un barrage qui stoppe la remontée du biseau salé venant de la mer, mais qui ne réduit pas l'intrusion saline profonde venant de l'amont.
- Un site protégé pour l'installation d'instruments de mesure en continu.
- Un point d'accès à l'eau souterraine pratique pour des prélèvements ponctuels à partir de la surface de l'eau ou en plongée.
- Propriété du Conservatoire du Littoral, accessible par convention de 5 ans.



## Un laboratoire in-situ

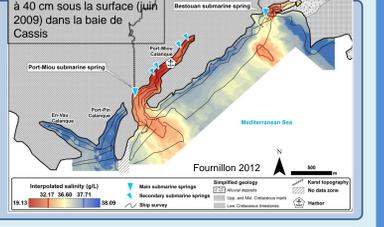


## Le forage de Bestouan

- Un site pour accéder à la deuxième source de SGD de la baie de Cassis.
- Un point d'accès à l'eau souterraine pratique pour des prélèvements ponctuels à partir de la surface.
- Un site protégé, propriété de la Camargo Foundation, à 50 m de la mer.

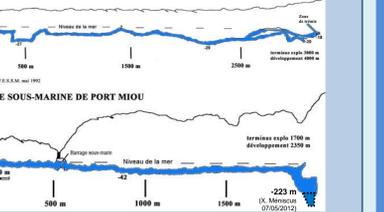
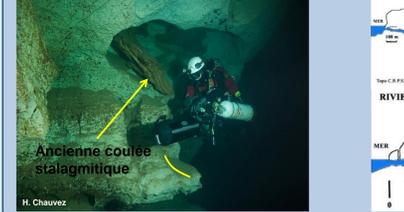
## Les apports à la mer (SGD)

- Les apports à la mer (SGD) dans la baie de Cassis sont très localisés, en face des venues d'eau karstiques de Port-Miou et Bestouan.
- Toute la calanque de Port-Miou est affectée par une baisse de salinité liée aux sources sous-marines en lien avec la rivière souterraine.



## Les galeries karstiques noyées

- Deux galeries karstiques majeures drainent les rivières souterraines de Port-Miou et Bestouan (longueurs entre 2000 et 3000 m, profondeur extrême à Port-Miou -223 m).
- Les galeries karstiques ont une histoire polyphasée, avec présence de concrétions et de sédiments fins sur le fond.
- Les salinités et températures sont constantes sur toute la longueur explorée.



## Les données

- Les mesures et enregistrements automatiques in-situ au pas de temps 15 minutes :
  - Depuis 2005 : Conductivité électrique
  - Température
  - Pression
- Depuis 2010 : Fluorescence
- Turbidité
- En 2006, depuis 2011 : Débit
- Des mesures ponctuelles : Analyse des ions majeurs
- Isotopes de l'eau
- Sédiments



## Le fonctionnement hydrogéologique des sources d'eau saumâtre

**Le bassin versant**  
Le bassin d'alimentation des sources de Cassis (Port-Miou et Bestouan) s'étend sur plus de 400 km<sup>2</sup>, de la mer à la Sainte Baume (altitude max. 1148 m). Les limites du bassin versant sont encore approximatives, mais elles englobent des territoires variés en terme d'occupation du sol : zones naturelles de garrigues, de pins d'alep, forêt de chênes et de hêtres du nord de la Ste Baume, zones urbaines et industrielles d'Aubagne-Gémenos.

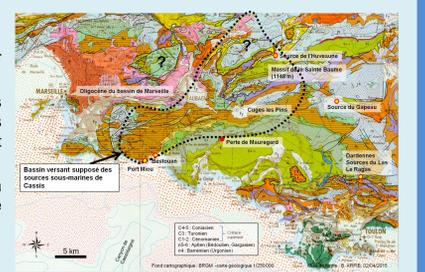
Le secteur d'étude est situé à proximité immédiate de l'agglomération Marseillaise et sa continuité urbaine vers Aubagne ; l'eau souterraine qui sort à Cassis représente une ressource en eau stratégique pour la région.



## D'où vient la salinité de l'eau saumâtre ?

Les sources de Port-Miou et Bestouan présentent une salinité variable au cours du temps : elle est maximale (environ 22mS/cm ou 14g/l) en fin d'étiage lorsque le débit total de la source est le plus bas. Durant les crues, la salinité chute de manière proportionnelle au débit ; les plus fortes crues engendrent les plus fortes baisses de salinité (minimum 2 g/l). Une des particularités des sources de Cassis réside dans leur salinité due à un mélange permanent entre l'eau douce des précipitations et de l'eau de mer, y compris durant les crues.

Le mélange entre l'eau douce et l'eau salée a lieu dans l'aquifère, dans les terres, en amont des zones explorées par les spéléo-plongeurs.



## Perspectives : un observatoire à pérenniser et à enrichir de nouvelles collaborations

L'observatoire de Port-Miou a été inclus dans le SNO KARST, mais c'est aussi un site d'observation sur la Méditerranée susceptible d'enregistrer les changements sur notre environnement sur le moyen et le long terme.

L'enregistrement de longues séries de données permet aujourd'hui de comprendre le fonctionnement de l'hydrosystème, et de prévoir les périodes d'acquisition de données complémentaires les plus adaptées en fonction d'objectifs scientifiques ou sociétaux nouveaux.

De nouveaux projets collaboratifs débutent, comme le projet OSKAR (Origine de la Salinité du KARst) utilisant la génomique, ou le projet COSQUER avec le Service Régional de l'Archéologie. Le site peut servir à d'autres projets, à inventer.

## Modèles d'écoulements

Le fonctionnement hydrodynamique de l'aquifère alimentant la source de Port-Miou peut être synthétisé dans un modèle conceptuel simplifié :

- (1) Une part de l'eau des précipitations se mélange avec de l'eau de mer entrée en profondeur par intrusion saline. Cette masse d'eau saumâtre contribue pour un débit très peu variable au cours du temps, et avec une température plus chaude que la normale.
- (2) L'autre part des précipitations reste douce, circulant plus ou moins vite suivant qu'elle emprunte le karst ou la matrice moins perméable, et dilue l'eau saumâtre profonde. Un modèle numérique à 3 réservoirs permet de simuler la contribution de chaque type d'eau.

