



## Présentation du projet de recherche KarstEAU 2007-2013



### Ressources en eau souterraine de l'Unité du Beausset : connaissance et fonctionnement des aquifères karstiques de Toulon (83) à Cassis (13)

Préambule ajouté le 13 janvier 2014 –

Ce document présente le projet KarstEAU initial, démarré en 2007 et aboutit en 2012 par la soutenance des thèses d'[Arnaud Fournillon](#) et [Aurélié Tassy](#) .

## 1- Contexte et enjeux du Projet KarstEAU (octobre 2007)

Les roches calcaires forment plus de 50% des réservoirs potentiels superficiels de la Région PACA et sont omniprésentes entre Marseille et Toulon. Cette zone est caractéristique du pourtour méditerranéen, avec en surface des cours d'eau peu nombreux et généralement temporaires, alors que l'eau souterraine coule toute l'année vers des sources dont certaines sont sous-marines, telles qu'à Port-Miou et au Bestouan (Cassis). La ressource en eau douce est donc limitée à l'eau souterraine circulant dans les roches fracturées ou karstifiées.

L'Unité du Beausset est composée d'une alternance de formations calcaires, marneuses et silicoclastiques déposées du Jurassique supérieur au Crétacé supérieur (Figure 1). Elle s'étend à cheval sur les départements du Var et des Bouches-du-Rhône, à l'ouest de la Vallée du Gapeau sur les plateaux de Siou Blanc et du Camp (Le Castellet), au sud de la Sainte Baume, jusqu'à la mer à Cassis, La Ciotat (Bouches du Rhône) et Saint-Cyr-sur-Mer. L'eau souterraine se répartie de manière hétérogène ; absente dans certains secteurs, elle est emmagasinée dans les zones fracturées et peut circuler rapidement à la faveur de conduits karstiques dans d'autres secteurs. A ce jour, seules des sources situées sur la bordure orientale de l'Unité du Beausset sont connues. Bien que certaines soient permanentes (par exemple Gapeau, Thon, Dardenne, Ollioules), elles ne permettent pas d'expliquer le drainage souterrain de l'eau infiltrée sur l'ensemble de l'Unité. Il apparaît ainsi un fort déficit de débit d'eau douce souterraine sur cette partie du Département du Var. L'hypothèse peut être émise qu'une partie de cette eau douce s'écoule en mer, drainée vers la partie occidentale de l'Unité en direction d'hypothétiques sources sous-marines dans la baie de La Ciotat, ou vers les sources de Port Miou et du Bestouan à Cassis. Cette eau échappe ainsi à tout usage à terre, et constitue un apport au milieu marin.

L'objectif du projet est de définir un schéma général de fonctionnement hydrogéologique, afin d'améliorer notre connaissance des ressources en eau souterraine. Un travail plus fondamental sur l'hydrodynamique de l'écoulement dans le karst sera mené en parallèle.

Il est proposé d'affiner les limites des grandes unités de drainage souterrain et d'étudier les venues d'eau littorales. Ces travaux seront menés en couplant les informations d'un modèle géologique 3D avec le suivi physico-chimique de sources. Des expérimentations de traçage artificiel et de prospection géophysique compléteront la base de données. Le suivi des sources sous-marines de Cassis permettra d'étudier plus en détail les mécanismes de salinisation des eaux karstiques côtières.

## 2- Cadre géographique et géologique du projet (octobre 2007)

La zone d'étude appartient à la basse Provence occidentale. Très schématiquement, du sud au nord, la basse Provence occidentale apparaît comme une succession de cuvettes synclinales évasées ou de plateaux subtabulaires, séparés par des bourrelets montagneux à structure plissée dont la direction globale est Est-Ouest. Cette topographie est la traduction d'une tectonique en grande partie tangentielle. L'élément majeur qui conditionne la structure et la morphologie est l'allochtonie générale de la couverture ante-oligocène, mise en place principalement à l'Eocène lors de chevauchements dirigés du sud vers le nord. Du sud au nord, on retrouve les Unités de Bandol, du Beausset, de la Sainte Baume, de l'Arc et de la Durance.

L'étude du fonctionnement des aquifères karstiques portera sur l'Unité du Beausset, généralement dénommée "Bassin du Beausset", et ses relations avec les unités limitrophes. Cette unité est limitée au Sud par une zone complexe, plissée et écaillée, chevauchée par l'Unité de Bandol. Au sud-ouest, elle

plonge en mer sans recouvrement. L'Unité du Beausset s'étend au nord jusqu'au massif de la Sainte-Baume.

Le bassin du Beausset a une structure assez simple, globalement monoclinale ou synclinale dissymétrique avec un large flanc à faible pendage sud (Figure 1). Le bassin s'étend du nord de Toulon à Cassis sur sa bordure méridionale, et s'élève jusqu'au poljé de Cuges, le plateau du Camp et la vallée du Gapeau. Il culmine à plus de 800 mètres d'altitude sur le plateau de Siou-Blanc. Au nord de la vallée de Signes démarre la série de la Sainte-Baume. Le bassin du Beausset apparaît comme une série d'auréoles jurassico-crétacées, montrant la succession du nord au sud des terrains suivants (Figure 1) :

- Jurassique supérieur (js) : dolomie,
- Néocomien (n1-3) : calcaires et marnes,
- Barrémien (n4) : calcaires (faciès urgonien),
- Aptien (n5-6) : calcaires et marnes,
- Cénomaniens (c1-2) : grès, marnes et calcaires,
- Turonien (c3) : calcaires, marnes, grès,
- Coniacien-Santonien (c4-5) : grès, marnes, calcaires

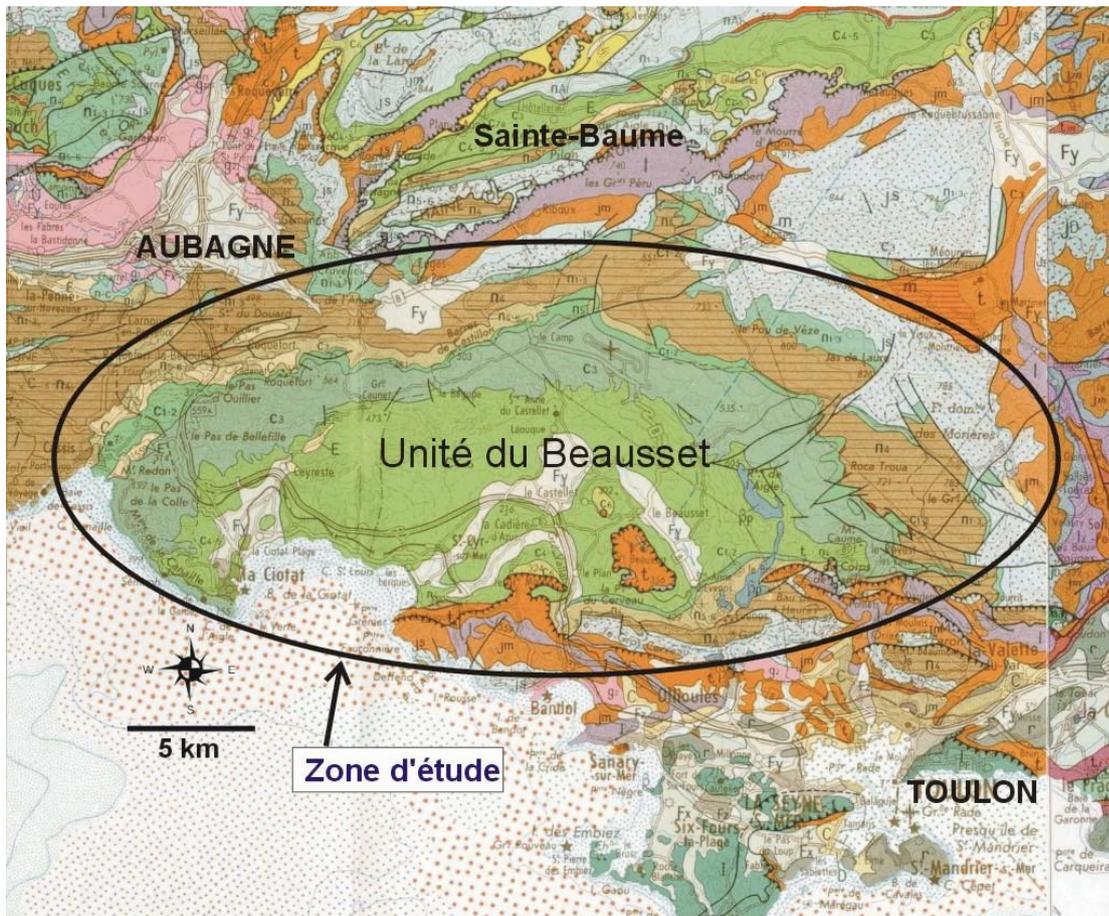


Figure 1 : Cadre géologique de la zone d'étude sur fond de carte BRGM 1/250 000.

### 3 – Objectifs

Les objectifs scientifiques du projet KarstEAU peuvent être résumés comme suit :

- Définir précisément la structure géologique de l'Unité du Beausset, et son impact sur l'écoulement de l'eau souterraine, afin d'individualiser les grandes unités de drainage.
- Définir les limites des bassins versants et établir des bilans hydrologiques.
- Evaluer l'importance des différentes phases de karstification au cours du temps, reconstituer l'évolution paléogéographique depuis l'oligocène.
- Développer des méthodes d'études des milieux calcaires karstiques, connus pour être hétérogènes et donc difficilement appréhendables par des mesures classiques en hydrogéologie.
- Définir les conditions hydrodynamiques de mélange de l'eau douce et de l'eau de mer dans les aquifères karstiques, à travers l'exemple de Port Miou et du Bestouan

- Reconstituer l'évolution 4D du canyon de la Cassidaigne et des systèmes karstiques associés depuis l'Oligocène.
- Définir l'impact de paramètres géologiques (cadre structural, eustatisme, géomorphologie), climatiques, paléocéanographiques et anthropiques sur l'intrusion saline.

#### 4 – Base de données et méthodes d'étude

La caractérisation des roches réservoirs et du mode de circulation de l'eau souterraine (de l'infiltration de l'eau de pluie jusqu'aux sources) nécessite l'acquisition préalable de données de terrain. Outre les objectifs ambitieux du projet KarstEAU, l'acquisition de nouvelles données de terrain est également un point fort de ce projet. Pour cela du matériel est mis en place, et des expérimentations mises en œuvre :

- Installation de pluviomètres répartis à différentes altitudes, complétés par des stations météorologiques.
- Suivi en continu par des sondes CTD (Conductivité, Température, Pression) des principales sources, complété par des jaugeages du débit.
- Equipement spécifique des sources sous-marines de Port Miou et du Bestouan avec sondes CTD et fluorimètres
- Prélèvements et analyses chimiques (éléments majeurs, oxygène 18, deutérium) sur l'eau des sources.
- Traçage artificiel : multitraçage en partie nord de l'unité du Beausset
- Géophysique terrestre et marine
- Relevés géologiques, géomorphologiques.

##### *Méthodes :*

- Traitement du signal (Analyses corrélatoires et spectrales par exemple) sur les chroniques de données (pluie et physico-chimie des sources)
- Déconvolution des courbes de restitution des traçages artificiels.
- Inversion de profils géophysiques
- Signatures hydrochimiques
- Interprétation sédimentologique, stratigraphique, structurale et géomorphologique
- Modèle géologique numérique 3D.

#### 5- Les thèses de doctorat

**M. Arnaud Fournillon** (2012) Modélisation géologique 3D et hydrodynamique appliquées aux réservoirs carbonatés karstiques : caractérisation des ressources en eau souterraine de l'Unité du Beausset (Var et Bouches-du-Rhône, SE France). Thèse de l'Université Aix-Marseille. 425p. Dir. B. Arfib, J. Borgomano. *Bourse Région PACA – Agence de l'Eau.*

**Mme Aurélie Tassy** (2012) Karsts côtiers et canyons sous-marins de la marge provençale au Cénozoïque : Contrôle géodynamique, eustatique, hydrologique et structural. Thèse de l'Université Aix-Marseille. 414p. Dir. B. Arfib, F. Fournier. *Bourse Ministère de l'Enseignement et de la Recherche.*

#### 6- Quelques références bibliographiques

- Arfib B.; Cavalera T. and Gilli E. (2006) Influence de l'hydrodynamique sur l'intrusion saline en aquifère karstique côtier. *Comptes Rendus Geoscience*, 338, pp757-767
- Arfib B., de Marsily G., Ganoulis J. (2007) Locating the zone of saline intrusion in a coastal karst aquifer using springflow data. *Ground Water* 45 No1, pp.28-35
- Blavoux B., Gilli E., Rousset C. (2004) Alimentation et origine de la salinité de la source sous-marine de Port-Miou (Marseille–Cassis). Principale émergence d'un réseau karstique hérité du Messinien. *Comptes rendus Geoscience*, Vol.336 – N.6 – pp.523-533
- Cavalera T. (2007) Etude du fonctionnement et du bassin d'alimentation de la source sous-marine de Port Miou (cassis, bouches-du-rhone). Approche multicritere. Thèse de doctorat de l'Université de Provence. 403 p.
- Chanut J.-P. (1976): Hydrogéologie des massifs jura-crétacés et du Trias du S.W. varois. Mémoire de Thèse, Université de Provence, 249 p
- Coulier C. (1985): Hydrogéologie karstique de la Sainte Baume occidentale (Bouches-du-Rhône - Var). Mémoire de thèse, Université d'Aix-Marseille I, Marseille, 400 p.
- Cova R., Durozoy G. (1972) Carte hydrogéologique du département du Var. DDA - BRGM

- Fleury P. (2005) Sources sous-marines et aquifères karstiques côtiers méditerranéens. Fonctionnement et caractérisation. Thèse de doctorat de l'Université Paris 6. 286 pages.
- Froget C. (1974) Essai sur la géologie du précontinent de la Provence Occidentale. Thèse de doctorat de l'Université d'Aix-Marseille. 218 pages.
- Gilli E. (2002) Etude préalable sur le drainage des karsts littoraux – Bouches du Rhône, Var et Corse. Rapport Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse. 85p.
- Leenhardt O., Pierrot S., Rebufatti A., Sabatier R. (1969) Etude sismique de la zone du Planier (Bouches-du-Rhône). Revue de l'Institut Français du Pétrole, vol. 24, n°11, p. 1261-1287.
- Maurel P. (2000) Spélé-H2O, Contribution à la connaissance de l'hydrogéologie du plateau de Siou-Blanc. Compte-rendu général des opérations de traçage 1993-2000. 122 pages
- Poté L. & Ricour J. (1973) Etudes et captage de ressurgences d'eau douce sous-marines. Revue technique internationale de l'eau pp.5-26
- Schnegg P.A. (2002) An inexpensive field fluorometer for hydrogeological tracer test with three tracers and turbidity measurement. Groundwater and Human Development. pp.1484-1488

*Direction et coordination :*

**M. Bruno ARFIB**, Maître de Conférences,

**Université de Provence**

**Laboratoire de Géologie des Systèmes et Réservoirs Carbonatés**

Case 67 - 3 Place Victor Hugo

13331 MARSEILLE cedex 3

**Tél** : 04 13 55 07 48

**email** : arfib@cerege.fr

*en collaboration avec*

**l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, la Région PACA, le Conseil Général du Var, le Conseil Général des Bouches du Rhône, le Conservatoire du Littoral.**