

La soutenance de thèse de Perrine FLEURY:

**"Sources sous-marines et aquifères côtiers méditerranéens. Fonctionnement et caractérisation"**

aura lieu le 10 mai 2005, à 14 heures, à la Maison des Sciences de l'Eau, Université Montpellier 2

devant le jury composé de :

**Ghislain de MARSILY, directeur de thèse**  
**Michel BAKALOWICZ, directeur de thèse**  
**Iñaki ANTIGUEDAD, Professeur, université du Pays Basque, rapporteur**  
**Séverin PISTRE, Maître de Conférence, Université Montpellier 2, rapporteur**  
**Jean-Marie ROUCHY, Directeur de Recherches, Président**  
**Bruno ARFIB, Maître de Conférence, Université Marseille I, examinateur**  
**Pierre BECKER, Président-directeur général de Géocéan, Invité**  
**Nathalie DÖRFLIGER, Chef de projet, BRGM-Eau, Invité**  
**Louis POTIE, expert en gestion des ressources en eau, Invité**

Il s'agit d'une thèse de Doctorat de l'Université Paris VI - P. et M. Curie, Sciences de la Terre, Géosciences et Ressources naturelles.

## **Résumé**

L'objectif de cette thèse est d'apporter les outils nécessaires à l'exploitation et à la gestion durable de la ressource des aquifères karstiques côtiers à exutoires sous-marins. Dans un premier temps, à partir d'études anciennes, la nature des relations entre la mer et ces karsts a été précisée (phénomènes d'intrusion saline et de sorties sous-marines d'eau douce ou saumâtre). Toutefois, à cause du manque de mesures fiables, ces travaux se sont révélés insuffisants pour comprendre le fonctionnement de ces aquifères en relation avec la mer.

Trois systèmes karstiques côtiers particuliers à exutoires sous-marins ont alors été étudiés, tous situés sur le littoral méditerranéen. Il s'agit du système de la Mortola situé en Italie et en France, de celui de Moraig-Toix en Espagne et du système de Thau en France. La démarche d'étude adoptée comprend d'abord une analyse du bassin d'alimentation de la source, de la structure interne et du caractère karstique de l'aquifère. Cette première partie permet de caractériser la nature des connexions mer-aquifère. Cette information est nécessaire pour comprendre les relations eau douce-eau de mer. Ensuite, une étude du fonctionnement hydrogéologique des trois aquifères a été conduite sur un cycle hydrologique. Elle a nécessité la mesure, à la source et dans les conduits principaux en connexion avec la mer, des débits ou de la charge hydraulique et de la température et conductivité électrique. Les données de précipitations sur le bassin d'alimentation ont également été collectées, ce qui a permis de construire, pour chaque système, un modèle hydrogéologique reliant débit et salinité aux précipitations. Les résultats de cette étude révèlent que le fonctionnement des aquifères diffère selon le karst en présence. Pour la Mortola, le karst est peu fonctionnel, les débits sont limités

et l'eau est douce toute l'année. Le karst de Moraig-Toix est bien développé en profondeur ; ouvert en plusieurs endroits sur le milieu marin, il est caractérisé par une forte intrusion saline. Les débits sont importants et l'eau est saumâtre toute l'année. Enfin le système karstique de Thau est bien développé ; partiellement isolé du milieu marin, l'eau est relativement douce toute l'année et les débits sont importants. Ces exemples montrent que les karsts des régions méditerranéennes ont été pour l'essentiel mis en place à la faveur de la crise messinienne de salinité, responsable de la création d'un potentiel de karstification exceptionnel.

Il ressort de ce travail que le fonctionnement des systèmes karstiques côtiers est induit par leur structure et par la nature de leurs connexions avec la mer. On propose une classification en trois catégories des aquifères karstiques côtiers. En fonction du type de système karstique en présence, différentes solutions techniques sont proposées soit pour recueillir l'eau douce de ces sources sans risquer de contaminer l'aquifère, soit pour rendre l'eau de l'aquifère potable en stoppant l'intrusion saline.

**Mots clefs :** source sous-marine, aquifère karstique, ressource en eau, modèle conceptuel, modèle pluie-débit, captage, Mortola, Moraig-Toix, Thau, Méditerranée, crise messinienne.

## Abstract

The main goal of the present work was to shed a new light in both coastal karst aquifer resource exploitation and management. Based on previous research, the first part of this study aimed at studying and describing relationships between sea and these karsts: *e.g.* phenomenon of seawater encroachment and brackish or freshwater submarine springs. There is, however, a lack of valuable data in those studies. By the way, there is a crucial need for research in this area since actual data are not sufficient to fully understand the functioning of karsts aquifers open on the sea.

Three particular coastal karst systems with submarine outlet were thus studied. There are all along the Mediterranean coast. The first system is the system of “la Mortola” in Italy and France, the second is the system of Moraig-Toix in Spain and the last one is the system of Thau in France. Firstly an analysis of the recharge area, of the karst structure and of the characteristics of the aquifer was undertaken. This allowed characterising the kind of sea-aquifer connections, which is fundamental to understand relationships between the freshwater and the seawater. Secondly, a survey of the three systems hydrological functioning was undertaken over a hydrological year. In this context, the flow rate or water head and temperature and conductivity were then measured. Rainfall data on the recharge area were collected as well. Those data allowed in each system a modelling of the flow rate and the salinity relationship at the spring. The present study exhibited that the functioning of the aquifers varied as a function of the development of the karst network. For the Mortola system, the karst little is functional, flow rates are limited and water is always fresh. Concerning Moraig-Toix karst, it is well developed in depth. Moreover, it is open on the sea in several places and a strong inflow of seawater could be evidenced. Flow rate are huge and water is brackish all year long at this place. At last, though well developed, Thau karst system is partially isolated from the sea. The whole year, water is found to be relatively fresh, and flow rate high. This results exhibit that karsts occurring in the Mediterranean area, mainly developed during the messinian salinity crisis. The latter was, indeed, responsible of a great karstification potential in this region.

This work showed, for the first time that coastal karst system functioning is linked to the structure of the aquifer and to the various types of connections to the sea. A three-category classification of coastal karst aquifers has been proposed. Depending on the karst system, different technical solutions are then proposed by either (i) sampling of the freshwater with no risk of aquifer contamination by seawater or (ii) preventing seawater inflow which could transform brackish water into freshwater.

**Keywords:** submarine springs, karst aquifer, freshwater resource, conceptual model, rainfall-runoff model, tapping, Mortola, Moraig-Toix, Thau, Mediterranean, messinian crisis.