



**HAL**  
open science

## Le réservoir minier de Gardanne, une formidable opportunité de connaissance du fonctionnement d'un réservoir minier

Bernard Brigati, Anne Dheilily, Pascal Dominique, Marc Moulin, Marc  
Nicolas, J. Stephan

### ► To cite this version:

Bernard Brigati, Anne Dheilily, Pascal Dominique, Marc Moulin, Marc Nicolas, et al.. Le réservoir minier de Gardanne, une formidable opportunité de connaissance du fonctionnement d'un réservoir minier. Congrès International sur la gestion des rejets miniers et l'après mine (GESRIM), Apr 2012, Marrakech, Maroc. hal-00824325

**HAL Id: hal-00824325**

**<https://hal-brgm.archives-ouvertes.fr/hal-00824325>**

Submitted on 21 May 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Le réservoir minier de Gardanne, une formidable opportunité de connaissance du fonctionnement d'un réservoir minier

B. Brigati, A. Dheilly, P. Dominique, M. Moulin, M. Nicolas, J. Stephan

BRGM, 3 Avenue Claude GUILLEMIN, BP 36009

45060 ORLEANS CEDEX 09 – France

b.brigati@brgm.fr, a.dheilly@brgm.fr, p.dominique@brgm.fr, m.moulin@brgm.fr, m.nicolas@brgm.fr, j.stephan@brgm.fr

**Abstract:** under the mining code or the environment code, BRGM/DPSM must ensure the safety of stakes in French former mining areas. The Gardanne lignite mine (southern France) stopped in 2003 is monitored (water, seismicity) requiring the maintenance of infrastructure and multi thematic tools combining geology, hydrogeology and hydromechanics.

**Résumé :** Dans le cadre du code minier et du code de l'environnement, le BRGM/DPSM est chargé de la mise en sécurité des biens et des personnes sur les anciens sites miniers français. La mine de lignite de Gardanne (Sud de la France) arrêtée en 2003 est instrumentée (pompage, eau (quantité, qualité), sismicité). Ceci nécessite la maintenance d'infrastructures et l'utilisation d'outils multithématiques combinant géologie, hydrogéologie, hydromécanique et sismicité.

*Key words: mine reservoir, pumping mine water, hydrogeology, seismicity*

*Mots clés : réservoir minier, pompage d'eau minière, hydrogéologie, sismicité*

## 1. INTRODUCTION

La mine de Gardanne (Bassin Houiller de Provence) est localisée dans le bassin de l'Arc, entre Aix en Provence et Marseille (Fig. 1). Elle a été exploitée de façon industrielle de 1850 jusqu'au 4 mai 2003. Durant toute cette période, l'eau présente sur le site minier était pompée à un débit de l'ordre de 850 m<sup>3</sup>/h afin de permettre l'exploitation du lignite hors eau. Après le remplissage naturel en eau de l'ancien réservoir minier, un pompage dans un ancien puits minier a démarré en 2010 pour empêcher un débordement non contrôlé de l'eau devenue ferrugineuse au contact du réservoir minier. Cette eau est évacuée par une ancienne galerie minière de 17 km de long qui relie la mine au Port de Marseille baptisée « *Galerie de la Mer* ».

## 2. GEOLOGIE DU BASSIN MINIER HOULLER DE PROVENCE

La mine de Gardanne s'inscrit dans un contexte géologique vaste : le bassin de l'Arc (Fig. 1).

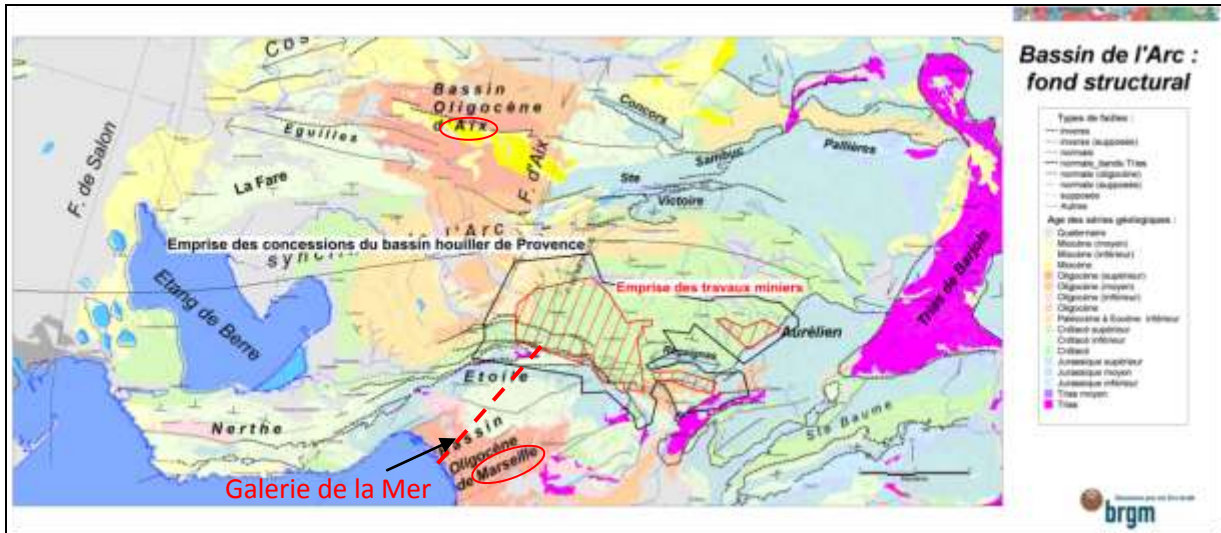


Fig. 1 : Géologie et emprise des travaux miniers

Afin de cerner les différentes unités géologiques de ce bassin, une modélisation géométrique 3D a été construite à l'échelle régionale.

Elle a été réalisée avec le logiciel 3DGeoModeller© (BRGM-Intrepid geophysics) qui permet de représenter au plus près les côtes des murs et toits des différentes formations géologiques. Le schéma structural de la région (failles, plis, chevauchements, diapirs), les relations entre les différents accidents et entre failles et formations ont, également, été pris en compte. Toutes les données disponibles ont été utilisées : coupes de sondages, cartes géologiques, coupes 2D issues de la bibliographie et lignes sismiques.

La modélisation géologique 3D consiste tout d'abord en la compréhension de la géologie régionale et sa retranscription simplifiée au niveau structural et stratigraphique. Une pile stratigraphique de référence a été établie (Fig. 2). Elle représente l'histoire géologique de la région en tenant compte des formations à modéliser et des relations les unes par rapport aux autres.

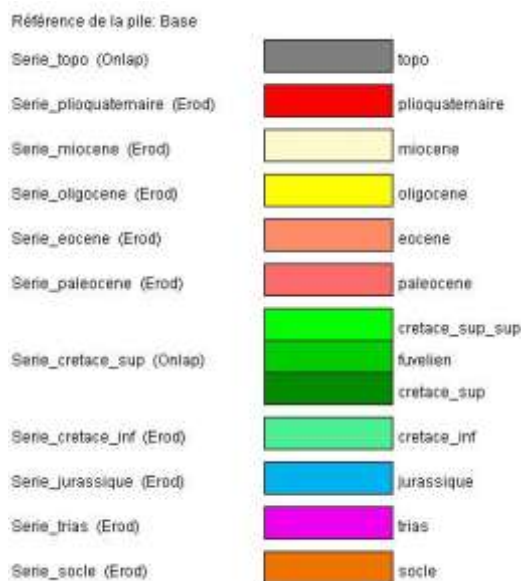
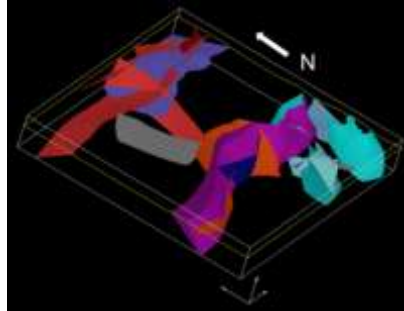


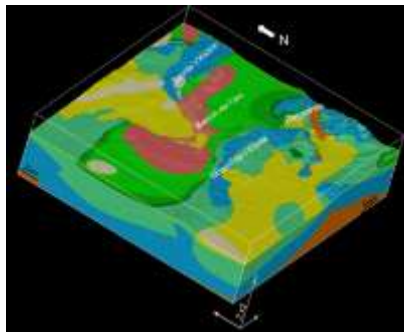
Fig. 2 : Pile stratigraphique de référence (logiciel 3DGeoModeller©)

Le réseau de failles a été construit en tenant compte de l'échelle du modèle et de l'importance des accidents d'après leurs rejets, leurs liens avec les séries, leurs relations avec les autres accidents et leurs étendues (Fig.3).



**Fig. 3 : Réseau de failles utilisé pour la modélisation à l'échelle régionale (extrait Logiciel 3DGeoModeller©)**

La modélisation a été réalisée formation par formation en vérifiant leur cohérence avec les données d'entrée. Le modèle 3D final correspond parfaitement à toutes les données sources (forages, limites de formations à l'affleurement) et donne une image de la géométrie des séries en profondeur au vue du schéma interprétatif (Fig.4).



**Fig. 4 : Vue en 3 dimensions du modèle géologique à l'échelle régionale du bassin de Gardanne (logiciel 3DGeoModeller© – exagération verticale x2)**

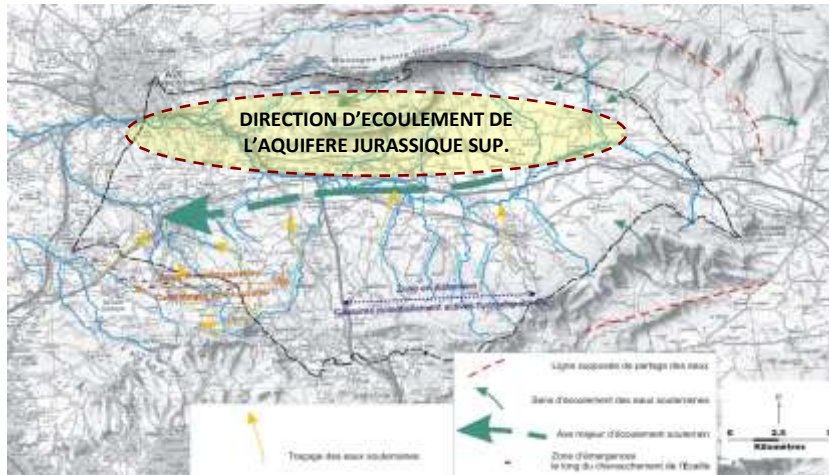
Cette modélisation 3D à l'échelle régionale sera affinée à l'échelle de la mine (projet GESMINE 3D) pour servir de base pour les modélisations hydrogéologiques futures, la stabilité des ouvrages, la chimie de l'eau et son évolution, la sismicité induite.

### 3. HYDROGEOLOGIE DU BASSIN DE L'ARC

#### 3.1 Hydrogéologie régionale

Le bassin de l'Arc est une cuvette synclinale bien individualisée, définie comme un aquifère multicouches, allant du Jurassique, le plus profond, au Quaternaire. Chaque couche correspond à un réservoir individuel, plus ou moins bien isolé des autres.

Les eaux souterraines de l'aquifère jurassique du bassin d'Aix-Gardanne, s'écoulent vers l'Ouest (Etang de Berre) avant de se perdre en mer, sans qu'on puisse, à ce jour, en retrouver la trace. Il est possible qu'une partie de ces écoulements se dirigent vers le sud et alimentent les émergences à l'est de Marseille, mais là encore, aucune preuve n'a permis de conforter cette hypothèse (Fig. 5).



**Fig. 5 : Schéma de fonctionnement et de circulation des eaux au sein de l'aquifère du Jurassique supérieur dans le bassin de l'Arc**

L'exutoire de l'eau de l'aquifère du Crétacé supérieur (Fuvélien) au sein duquel sont interstratifiés les niveaux de lignite, est exclusivement anthropique au niveau d'un ancien puits minier (Puits Gérard). La drainage de cet aquifère par le réseau hydrologique n'est pas souhaité à cause de la minéralisation importante en fer de l'eau liée à son transit dans le réseau minier.

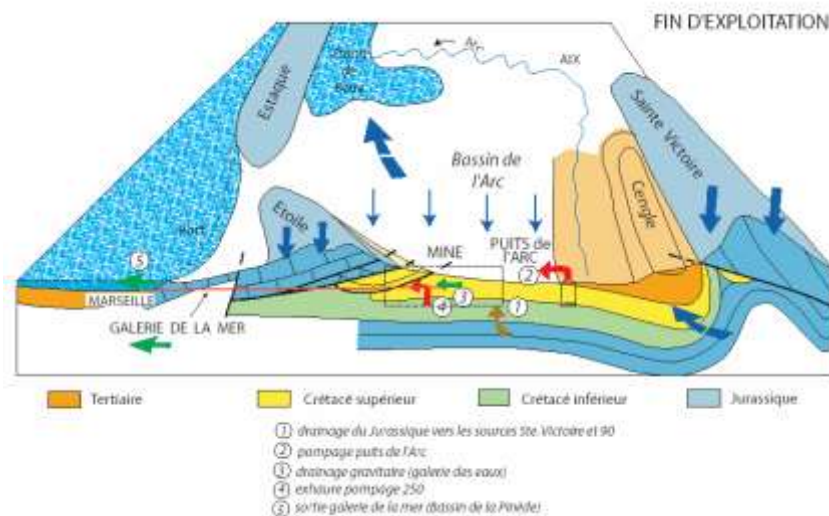
Les aquifères des niveaux supérieurs participent aux débits des rivières.

### 3.1 Hydrogéologie locale

#### 3.1.1 Interprétation initiale

Lors de l'exploitation du lignite, l'origine de l'eau pompée (Fig. 6) sur le site minier avait été identifiée comme provenant de :

- l'aquifère fuvélien (Crétacé supérieur) alimenté par les infiltrations d'eau de pluie au droit des affleurements de cette formation géologique (siège du lignite) ;
- l'aquifère jurassique sous-jacent mis en contact avec le réservoir minier par des travaux anthropiques.



**Fig. 6 : Schéma de circulation des eaux souterraines en fin d'exploitation minière (Géodéris, 2003)**

### 3.1.2 Nouveau schéma conceptuel

Après le remplissage naturel en eau de l'ancien réservoir minier et pour empêcher un débordement non contrôlé de l'eau devenue ferrugineuse au contact du réservoir minier, un pompage dans un ancien puits minier (Puits Gérard) a démarré en 2010 à un débit de 600 m<sup>3</sup>/h.

Après un an de fonctionnement et de suivi de la réactivité du réservoir minier, il est apparu indispensable d'augmenter le potentiel de pompage de l'ensemble de l'installation hydraulique à 1 000 m<sup>3</sup>/h pour gérer les niveaux d'eau dans l'ancien réservoir minier.

Un nouveau schéma conceptuel de l'hydrogéologie locale a été conçu pour expliquer l'évolution des niveaux et l'augmentation des débits pompés par rapport aux prévisions (Fig.7). Il est basé sur :

- la compartimentation du réservoir minier avec un secteur est (où le Fuvélien affleure) en charge par rapport à la zone de pompage localisée à l'ouest dans une structure géologique particulière (Lambeau Charrié) ;
- une augmentation des débits issus des entrées de l'aquifère jurassique par le fond de la mine (Sources 90 et Ste Victoire), également situées dans la zone est, du fait de l'arrêt des pompages du secteur oriental liés à la fin de l'exploitation minière.

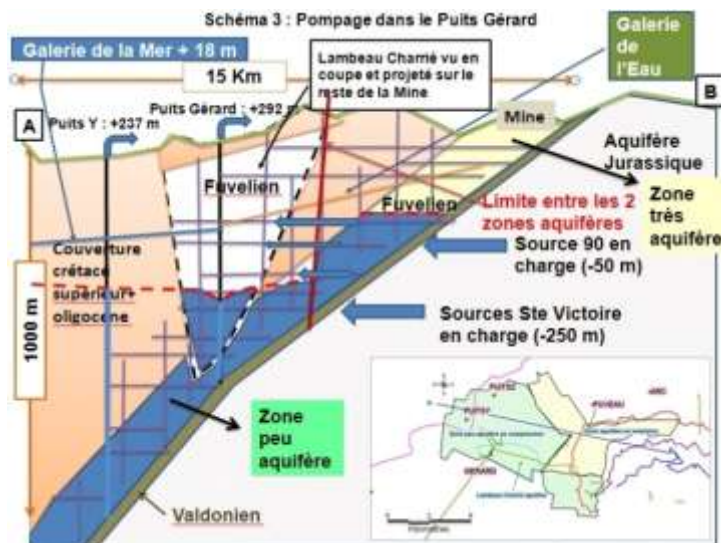
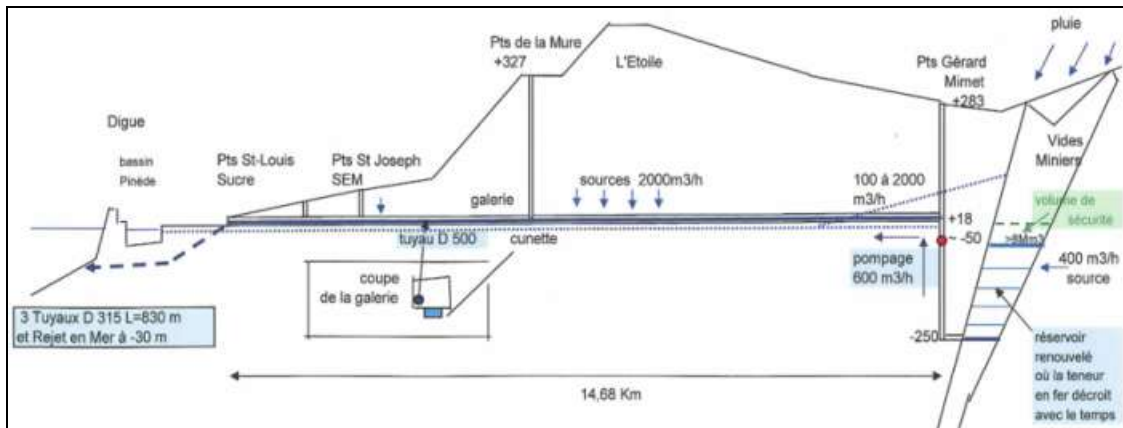


Fig. 7 : Nouveau schéma conceptuel des circulations d'eau dans le réservoir minier

## 4. POMPAGE ET EVACUATION EN MER (FIG. 8)

Gérée par un automate, la station de pompage (Fig. 9) est installée à la recette +18 m NGF et à 260 m de profondeur par rapport à la surface. Elle se compose de 4 pompes de 75 kW installées en parallèles permettant un débit de 1000 m<sup>3</sup>/h. Les colonnes de refoulement verticales sont en diamètre 200 mm et réalisées en Inox 316.



**Fig. 8 : Gestion des exhaures minières via la Galerie de la Mer (CESAME, 2002)**

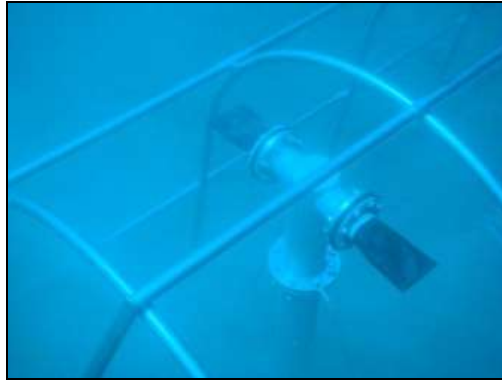


**Fig. 9 : Station de pompage**

L'évacuation de l'eau est réalisée par l'intermédiaire d'une conduite en PEHD de 550 mm de diamètre et de 14,7 km de long installée dans la *Galerie de la Mer*.

Les teneurs en hydroxyde de fer de l'eau du réservoir minier engendreraient une coloration rouge des eaux du port autonome de Marseille, lieu très emblématique de la ville. Pour empêcher ce phénomène, une installation hydraulique composée d'un groupe motopompe et d'un dispositif de tuyauteries et de trois sondages a été mise en œuvre à la sortie de la Galerie de la Mer au niveau de Marseille afin de transférer le rejet des eaux minéralisées en mer au large du port.

Ces 3 sondages de 800 m de long et de diamètre 350 mm passent sous les infrastructures du port maritime de Marseille et sont équipés chacun de 14 diffuseurs « bec de canard » installés sur le fond marin à 30 m de profondeur pour favoriser la dispersion des eaux minières au sein de l'océan (Fig. 10). L'ensemble du dispositif est équipé d'organe de mesures et de systèmes de sécurité.



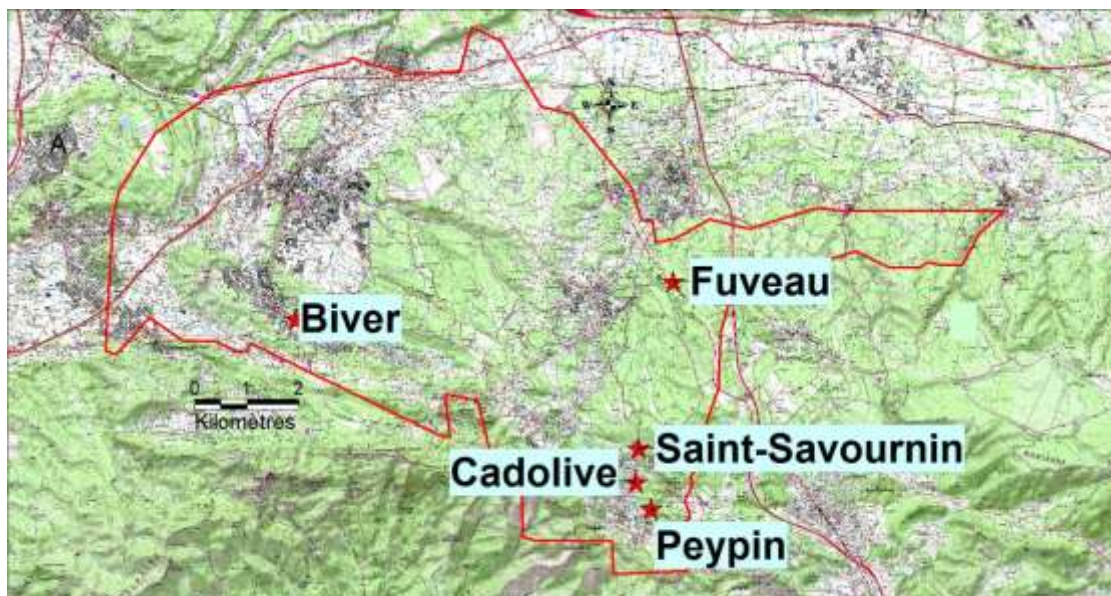
**Fig. 10 : diffuseur « bec de canard » en mer**

Avant la mise en route du pompage, un état initial du milieu marin a été réalisé au niveau du futur rejet : qualité chimique de l'eau, inventaire de la faune et de la flore. Depuis le début du rejet, le 4 août 2010, l'impact sur le milieu marin est contrôlé. A ce jour, aucune évolution défavorable n'a été constatée.

## 5. SUIVI SISMIQUE

La remontée de l'eau dans le réservoir minier après l'arrêt de la production en 2003 a été accompagnée d'événements sismiques dont certains ont été ressentis nettement par les populations. Ainsi, 5 réseaux de surveillance microsismique ont été mis en place sur le bassin minier de Gardanne par l'INERIS et sont opérationnels depuis 2006-2007 (Fig. 11).

Ils permettent de détecter de façon précoce des mécanismes élémentaires de fracturation et de réajustements des terrains dans le recouvrement d'édifices miniers abandonnés exploités par chambres et piliers.



**Fig. 11 : Stations sismiques du bassin de Gardanne**



Ces dispositifs permettent de corréliser l'évolution spatio-temporelle de l'activité microsismique avec les battements de la nappe (comportement hydromécanique), la géométrie des ouvrages miniers, le mode d'exploitation minière, les conditions de site et les composantes géologiques et structurales du bassin.

## 6. CONCLUSION

La compréhension globale de l'ancien réservoir minier de Gardanne doit continuer à s'appuyer sur la capitalisation des données existantes et en cours d'acquisition dans le cadre du suivi de l'objet minier.

L'objectif est d'arriver à terme à modéliser les écoulements hydrogéologiques locaux, à planifier les débits d'exhaure et les niveaux dynamiques associés (battements de nappe), à prévoir l'évolution des teneurs en fer des eaux pompées et anticiper la répartition spatio-temporelle de l'activité microsismique.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CESAME, (2002). Etude hydrogéologique-Concessions minières de la région de Gardanne (13) - (concessions C2 à C8, C10, C13, C14, C16 et EG) - Volumes 1 (texte) et 2 (Figures et Annexes) - Conseil en Environnement, Sols et Aménagement- H.B.C.M.

DHEILLY A., (2011). Evolution des niveaux de l'eau dans le réservoir minier de Gardanne (13) après la fin de l'exploitation minière en mai 2003 et analyse de la première année de pompage (août 2010 – juillet 2011). BRGM/RP-60231-FR-Décembre 2011

GEODERIS, (2003). Expertise internationale du dossier d'arrêt définitif des travaux des concessions de Gardanne(13) – Géodéris 03 PACA - 5001R03 – 15 octobre 2003 ;

MOULIN M., (2010). Étude des ressources en eau souterraine profonde dans le bassin d'Aix-Gardanne (13). Synthèse des résultats de la dernière phase. Rapport final. BRGM/RP-57641-FR – Janvier 2010.