



**BERRE L'ETANG (13)**  
**Ville de Berre l'Etang**  
**Extension du cimetière Saint Roch**

SOLA-D24-0140  
**RAPPORT D'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE**

AFF.	DATE	PHASE	IND.	Sujet Révision	Rédacteur	Vérif.
SOLA-D24-0140	31/10/2024	R	0	Version initiale	LCL/MCV	LCL

**Forages - Pénétromètres - Essais in situ - Laboratoire - Conseil en Mécanique des Sols**

Société par Actions Simplifiée au capital de 72 000 € - SIRET 444 061 766 00010 immatriculée au RCS d'Aix-en-Provence - Code APE 7112 B  
N° TVA Intracommunautaire : FR17 444 061 766 - CCP PARIS 7 566 60

**Siège social et adresse de facturation :**  
460, avenue Jean Perrin  
13851 AIX EN PROVENCE Cedex 3  
Tél : 04 42 39 74 85 - Fax : 04 42 39 73 91  
e-mail : [aix@sol-essais.fr](mailto:aix@sol-essais.fr)

**Agence Côte d'Azur :**  
Les Algorithmes - Thalès B - 2000 rte des Lucioles  
06410 BIOT SOPHIA ANTIPOLIS  
Tél : 04 26 03 07 00 - Fax : 04 93 33 21 36  
e-mail : [nice@sol-essais.fr](mailto:nice@sol-essais.fr)



**FICHE SIGNALÉTIQUE**

<b>DONNEUR D'ORDRE</b>	
Donneur d'ordre	Ville de Berre l'Etang Hôtel de ville BP 30221 13138 BERRE L'ETANG CEDEX
<b>DESCRIPTION DE LA MISSION</b>	
Mission confiée à SOL-ESSAIS	Etude hydrogéologique
Localisation du projet	Extension du cimetière Saint Roch, BERRE L'ETANG (13)
<b>CONTACTS SOL-ESSAIS</b>	
Votre agence SOL-ESSAIS	Agence d'Aix-en-Provence 460, avenue Jean Perrin 13851 AIX-EN-PROVENCE Cedex 3 Tél : 04 42 39 74 85 E-mail : aix@sol-essais.fr
Responsable de projet	Thomas DENIS
<b>DONNEES CONTRACTUELLES</b>	
Référence et date commande	Marché n°2325005 notifié le 27 juillet 2023

**TABLE DES MATIERES**

<b>1. CONTEXTE ET OBJECTIFS .....</b>	<b>4</b>
1.1. Présentation de la mission .....	4
1.2. Objectifs de l'étude .....	4
1.3. Documents de référence .....	4
<b>2. DESCRIPTION DU PROJET .....</b>	<b>5</b>
2.1. Situation géographique.....	5
2.2. Caractéristiques techniques .....	6
<b>3. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL.....</b>	<b>8</b>
3.1. Contexte géologique.....	8
3.1.1. Cadre global.....	8
3.1.2. Données locales disponibles .....	9
3.2. Contexte hydrologique.....	10
3.3. Contexte hydrogéologique.....	12
3.3.1. Masses d'eau souterraines.....	12
3.3.2. Données piézométriques disponibles.....	12
3.3.3. Dynamique de la nappe.....	14
3.3.4. Usages de la ressource .....	16
3.3.5. Caractéristiques hydrodynamiques .....	16
<b>4. CONCLUSION.....</b>	<b>17</b>
4.1. Synthèse.....	17
4.2. Avis sur la faisabilité du projet.....	18
4.2.1. Critères topographiques .....	18
4.2.2. Critères géologiques.....	18
4.2.3. Critères hydrogéologiques.....	18
4.2.4. Aspects d'hygiène publique.....	19
<b>5. ANNEXES .....</b>	<b>20</b>

## 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

### 1.1. Présentation de la mission

Afin de résoudre, le manque de concessions à venir, la mairie de Berre l'Etang a décidé de réaliser une extension du cimetière Saint-Roch pour disposer d'emplacements suffisants aux horizons courts, moyens et longs termes. Ce terrain est séparé de la parcelle occupée par le cimetière actuel par une voie donnant accès à un ensemble de jardins privés.

Conformément au cahier des charges, la mission G2 AVP doit permettre :

- d'établir un modèle géologique permettant d'aboutir aux principes généraux de construction du projet ;
- d'identifier les risques hydrogéologiques associés que ce soit en phase chantier ou en phase définitive.

### 1.2. Objectifs de l'étude

Le présent document a pour but définir le contexte hydrogéologique au droit du site.

Cette estimation est basée sur les données géologiques, piézométriques et pluviométriques existantes.

Un piézomètre a été réalisé dans le cadre de cette mission. Le suivi piézométrique permettra d'évaluer l'évolution du niveau de la nappe, notamment au cours d'évènements pluvieux intenses.

Cette prestation s'inscrit dans la mission MC4 (Etudes complémentaires – Etudes Géotechniques) associée à l'OS n°3 du 20/02/2024 de la mission de maîtrise d'œuvre pour l'extension du cimetière Saint Roch sur la commune de Berre l'Etang.

### 1.3. Documents de référence

Au démarrage de l'étude, nous avons été destinataires des documents suivants :

- étude géotechnique G1-PGC, CONFLUENCE (23/04/2021) ;
- note hydraulique- Incidences du projet sur l'expansion des crues, AMETEN (Novembre 2023).

L'étude s'appuie également sur les données publiques usuelles (BRGM, ARS, AE, IGN...).



**2. DESCRIPTION DU PROJET**

**2.1. Situation géographique**

Le terrain, objet de l'étude, est situé sur le territoire de la commune de Berre l'Etang (13130), au Nord-Ouest du centre historique. Les parcelles cadastrales concernées sont les suivantes : section AI, parcelles n°8, 247, 248.

L'assiette foncière du projet atteint une surface totale d'environ 30 800 m<sup>2</sup>.

Le projet s'inscrit en limite d'un contexte urbain discontinu avec des terrains résidentiels à l'Est. Le terrain s'ouvre vers des espaces agricoles vers le Nord-Ouest.

Le site présente une altimétrie comprise entre + 1,6 et + 2,5 m NGF une pente globale vers le Sud (pente moyenne de 4%).

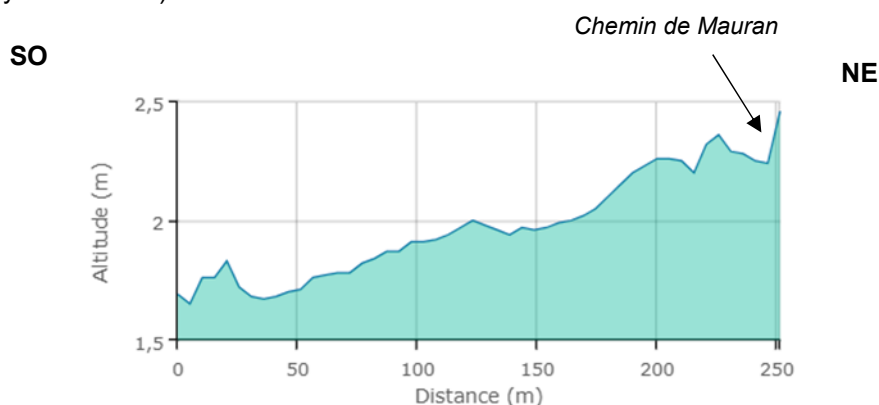


Figure 1 : Profil topographique du site (source : Géoportail)



Figure 2 : Situation géographique

## 2.2. Caractéristiques techniques

La mairie de Berre l'Étang dispose du terrain en continuité le long du cimetière existant.

Ce terrain est séparé de la parcelle occupée par le cimetière actuel par une voie donnant accès à un ensemble de jardins privés. Cette voie est à rétablir.

Le terrain est vierge de toute construction.

Ce terrain est bordé par trois voies :

- le chemin d'accès aux jardins privés ;
- le chemin de Mauran ;
- un ancien chemin communal servant d'itinéraire pour les convois exceptionnels ITER et fermé à la circulation.

Le projet d'extension du cimetière se compose de deux volets aux caractéristiques techniques suivantes :

- Le volet extension du cimetière, pour une superficie supplémentaire de 8 950 m<sup>2</sup> (zones de concessions et annexes), sur une parcelle naturelle de 30 140 m<sup>2</sup> (parcelle cadastrée AI 8) et le chemin existant au Nord du cimetière (parcelles AI 248 et AI 247).
- Le volet extension des places de stationnement avec la création de 26 nouvelles places au travers de l'extension du cimetière et de 35 places créées par la commune directement, afin de pallier le déficit actuel de places de stationnement existantes (sur une surface d'environ 955 m<sup>2</sup>).

D'un point de vue technique, le projet prévoit :

- Un remblaiement sur la surface de la future extension, soit 8 950 m<sup>2</sup> environ. **Pour permettre l'inhumation en pleine terre, la zone remblayée sera située à la cote minimum de + 5,44 m NGF, soit un remblaiement compris entre 3 m et 3,8 m.**
- Le raccordement la zone pleine terre au cimetière existant par une rampe de pente 4% dans l'extension.
- Le décaissement du reste de la parcelle (AI 8) à la cote + 1,5 m NGF avec deux zones en surprofondeur à la cote de + 1,3 m NGF.

Enfin, les articles R361-6 et R361-7 du Code des communes précisent que :

- chaque inhumation a lieu dans une fosse séparée ;
- chaque fosse a 1,5 à 2 mètres de profondeur sur 80 centimètres de largeur. **On considérera donc une cote d'ancrage des fosses située à + 3,44 m NGF au minimum ;**
- les fosses sont distantes les unes des autres de 30 à 40 centimètres sur les côtés, et de 30 à 50 centimètres à la tête aux pieds.



Figure 3 : Plan masse projet stade AVP (OTEIS, février 2024)



**3. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL**

**3.1. Contexte géologique**

**3.1.1. Cadre global**

Selon la carte géologique du BRGM au 1/50 000<sup>e</sup> (MARTIGUES-MARSEILLE n°1020), le projet se situe à l'interface entre des alluvions fluviales récentes (**Fx**) et des limons palustres récents (**Lz**). Leur extension est limitée au Sud par l'étang de Berre, et au Nord-Est par les calcaires et marnes du Bégudien.

Le secteur correspond à la terminaison occidentale du chaînon de La Fare – Saint-Chamas (flanc Sud), incluant la basse plaine et le delta de l'Arc. L'étang de Berre correspond en effet à l'exutoire naturel du cours d'eau.

D'un point de vue structural, le synclinal de l'Arc et de l'étang de Berre montre la présence à l'affleurement, d'Ouest en Est, des formations continentales du Crétacé terminal, de l'Éocène et de l'Oligocène. Des témoins de la transgression miocène existent à l'Ouest près de Martigues. Ce synclinal, s'allonge sur 65 km d'Ouest en Est, d'Istres à Aix-en-Provence.

D'un point de vue stratigraphique, on retrouvera au droit du projet la succession lithologique suivante :

- alluvions récentes : alternance de limon, argile et sable ;
- substratum Bégudien : calcaire marneux.

La profondeur du substratum dans le secteur est estimée à 15 m.

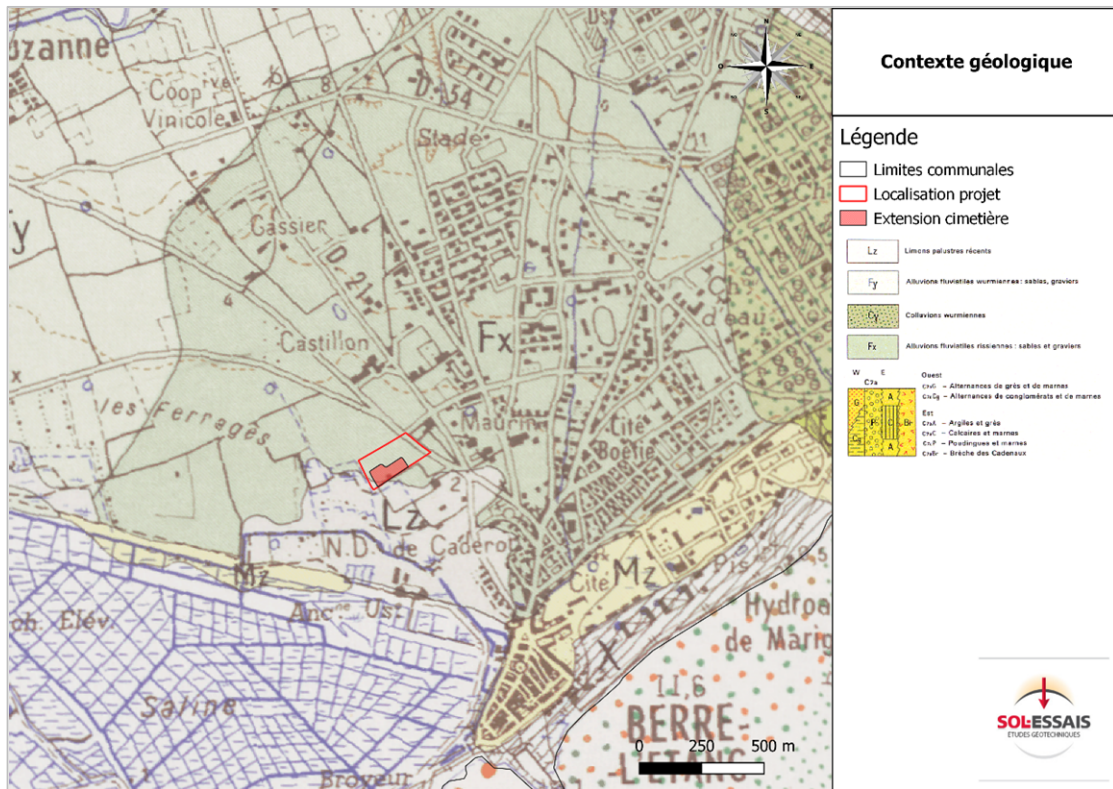


Figure 4 : Contexte géologique

# SOL-ESSAIS

## 3.1.2. Données locales disponibles

Les données locales correspondent aux investigations géotechniques préalables :

- G1 PGC, CONFLUENCE, avril 2021 ;
- G2 AVP, SOL-ESSAIS, octobre 2024.

De façon synthétique, les résultats de la G1 PGC sont les suivants :

- Lithologie rencontrée au travers des sondages effectués (7 fouilles à la pelle mécanique) :
  - terre végétale d'une épaisseur de l'ordre de 20 à 30 cm ;
  - limon marron à graves d'une épaisseur comprise entre 0,5 et 1,2 m ;
  - grave sableuse légèrement limoneuse jusqu'à 4 m de profondeur.
- Niveaux d'eau mesurés le 22/04/2024 au droit des piézomètres :
  - entre 1,01 et 1,27 m/repère.
- Essai de perméabilité de type Matsuo :
  - profondeur d'essai à 1 m au sein de la fouille FP7 :  $1.10^{-6}$  m/s (limon marron à grave).

Mandatés dans le cadre du présent marché de maîtrise d'œuvre, la mission géotechnique confiée à SOL-ESSAIS a consisté en la réalisation de :

- **10 fouilles à la pelle mécanique** descendues jusqu'à une profondeur maximale de 1,7 m ;
- **2 sondages pressiométriques** descendus à 4 m de profondeur avec essai tous les mètres ;
- **1 sondage carotté** descendu jusqu'à 6 m de profondeur et équipé en piézomètre sur toute sa hauteur ;
- **12 essais au pénétromètre dynamique** ;
- **Des essais en laboratoire.**

Les sondages à la pelle mécanique montrent la présence de :

- terre végétale sur une épaisseur comprise entre 20 et 60 cm ;
- limon argileux sur une épaisseur comprise entre 40 et 80 cm. Cet horizon est absent au droit des fouilles PM1, PM3, PM5, PM7 et PM9, soit sur la frange Sud-Est de la parcelle ;
- alluvions sablo-graveleuses plus ou moins argileuses jusqu'à la fin des sondages.

Ces résultats sont cohérents avec les observations issues de la G1 PGC. A noter que des arrivées d'eau ont été rencontrées entre 1 et 1,6 m de profondeur, à l'exception des fouilles PM1 et PM2.

Le sondage carotté quant à lui permet de restituer une coupe lithologique fidèle des terrains traversés :

- de 0 à 0,1 m : terre végétale brune ;
- de 0,1 à 0,9 m : limon brun à cailloutis ;
- de 0,9 à 6 m : cailloutis et galets contenus dans une matrice sablo-limoneuse. Deux passes argileuses sont recensées à 4 m et 5,8 m de profondeur.

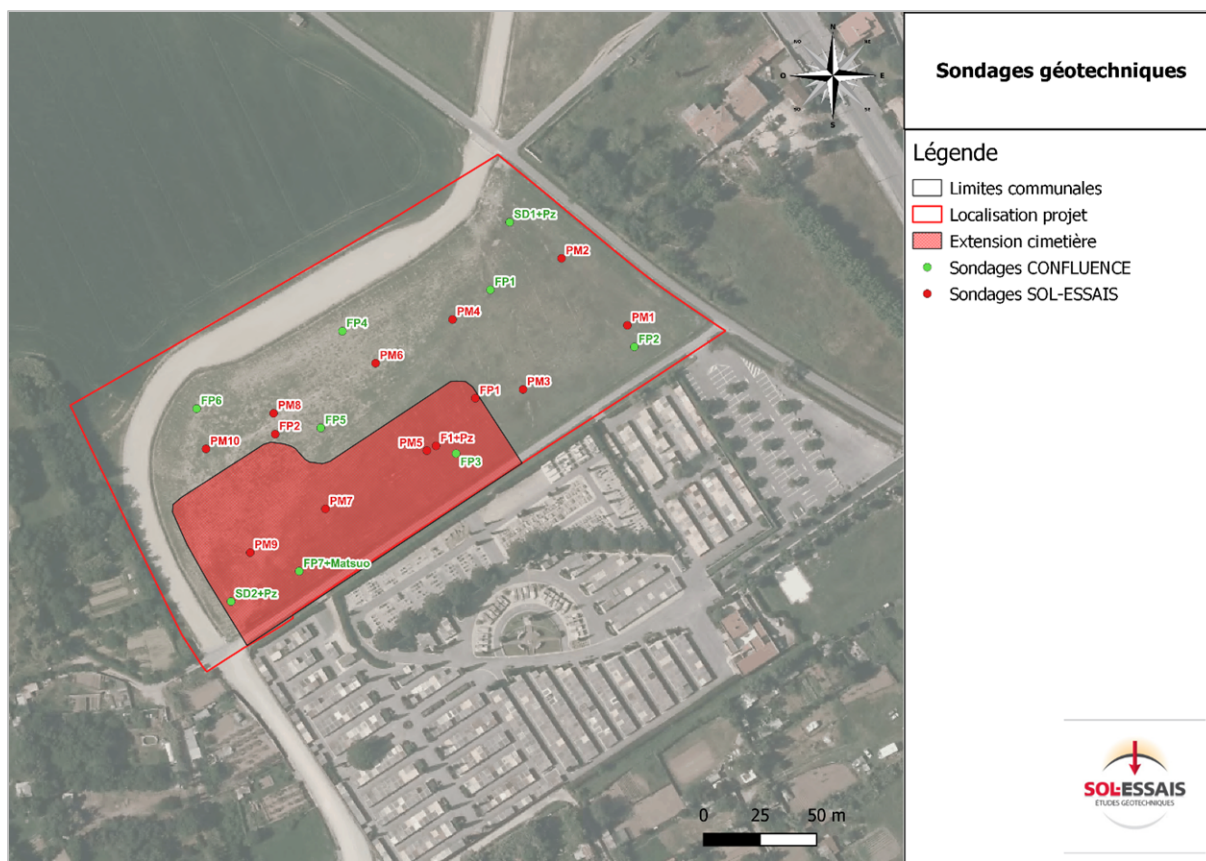


Figure 5 : Sondages associés aux études géotechniques préalables

### 3.2. Contexte hydrologique

Le projet fait partie intégrante du bassin versant topographique de l'Etang de Berre (n°Y422). D'une superficie de 432 km<sup>2</sup>, il comprend le cours de l'Arc et ses affluents. Celui-ci est situé à 2 km au Nord du projet.

La commune de Berre l'Etang est soumise à un PPRi approuvé en date du 23 mai 2022 concernant les crues de l'Arc et ses affluents.

La station hydrologique de Saint-Estève permet de caractériser les débits de l'Arc sur la commune de Berre l'Etang depuis 1970. Le débit moyen mesuré à la station est de 3,18 m<sup>3</sup>/s, tandis que le débit centennal est estimé à 18 m<sup>3</sup>/s.



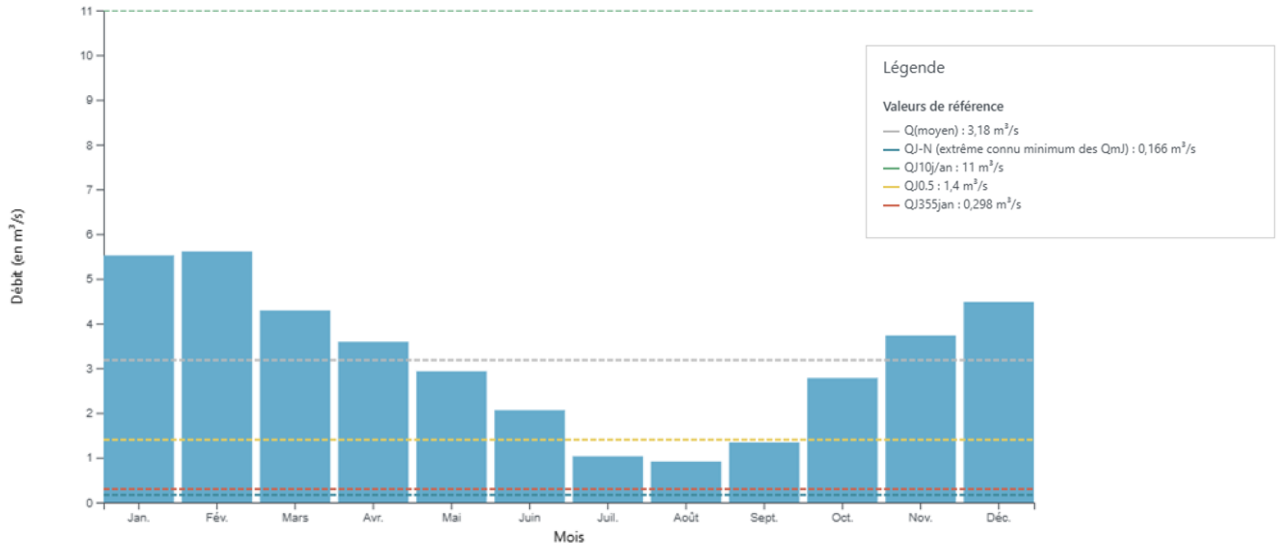


Figure 6 : Débits caractéristiques de l'Arc à Berre l'Etang (source : SCHAPI)

**Le site d'étude est situé en zone rouge du PPRI, caractérisant les espaces inconstructibles, inondables pour l'aléa de référence. Le principe d'inconstructibilité vise à éviter de créer de la vulnérabilité et à préserver la capacité des champs d'expansion. La cote PHE au droit du site est comprise entre + 2,42 et + 2,44 m NGF.**

Dans l'emprise de la zone rouge du PPRI sont admis l'extension des cimetières, uniquement en cas d'impossibilité d'implantation alternative en dehors de la zone inondable et sous réserve que le site fasse l'objet d'un affichage et d'un plan de gestion de crise permettant d'organiser l'évacuation ou la fermeture d'urgence en cas d'alerte. Les éventuels remblais nécessaires à ces aménagements doivent impérativement être compensés et ne pas avoir d'impact sur l'écoulement des crues.

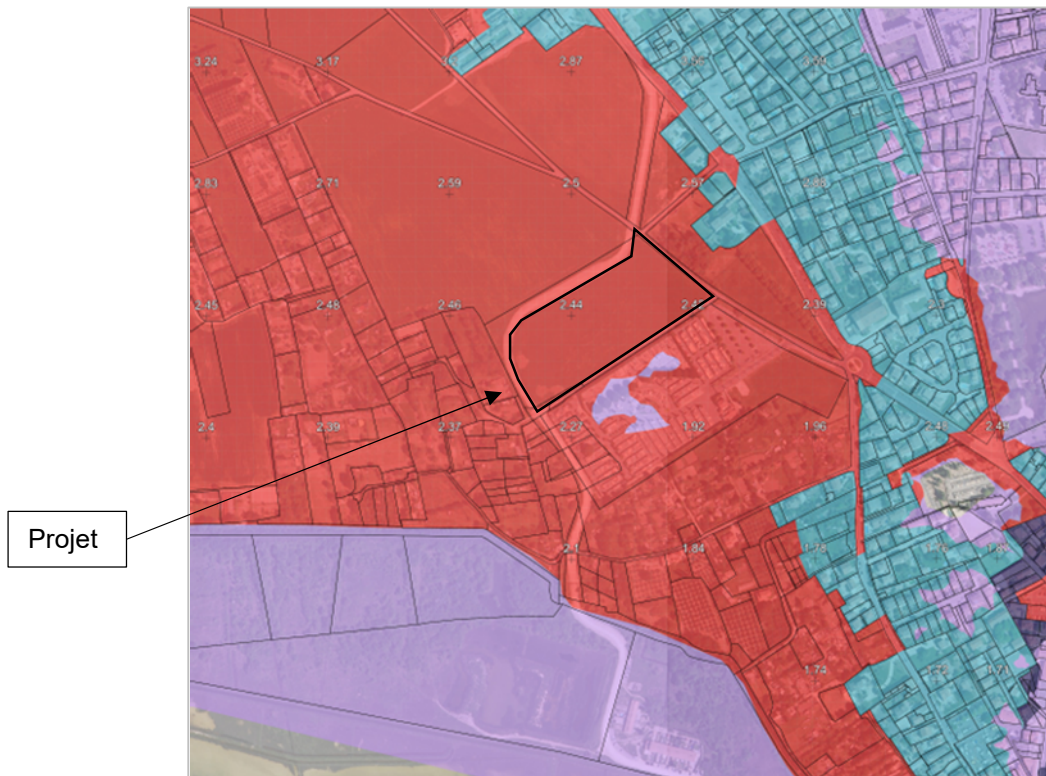


Figure 7 : Extrait du zonage du PPRI de la commune de Berre l'Etang

## 3.3. Contexte hydrogéologique

### 3.3.1. Masses d'eau souterraines

Le projet est situé au droit des masses d'eau suivantes :

- **FRDG210** : formations variées et calcaires fuvéliens et jurassiques du bassin de l'Arc ;
- **FRDG370** : alluvions de l'Arc de Berre.

La première est représentée, entre autres, par les formations du Crétacé supérieur de l'extrémité occidentale du synclinal de l'Arc. Sous son faciès de calcaires alternés de marnes, le Bégudien du massif de Berre ne nourrit que la petite source de Canourgue, et le tunnel du Rove n'a rencontré que de faibles venues d'eau à la traversée des brèches et poudingues.

Dans le haut bassin, les alluvions de l'Arc sont globalement peu développées, et la vallée façonnée par l'Arc est généralement étroite. Les alluvions sont représentées essentiellement par les alluvions anciennes (würmiennes), dites de basse terrasse. Elles sont constituées de cailloutis, graviers et sables, dont l'épaisseur est réduite (de l'ordre de quelques mètres). On peut noter d'importants placages de colluvions würmiens de part et d'autre du cours d'eau, constitués de limons et de cailloutis, et qui se connectent latéralement aux alluvions de basse-terrasse. Les alluvions de l'Arc sont le réservoir d'une nappe peu profonde, étroitement liée au cours d'eau, et dont l'intérêt aquifère est notable dans la partie aval (Arc de Berre).

Sur tout son parcours, les alluvions de l'Arc reposent sur un substratum rocheux composé des séries variées appartenant aux calcaires fuvéliens et jurassiques du bassin de l'Arc (FRDG210). Des échanges hydrauliques sont supposés avec certaines formations aquifères de ces masses d'eau (majoritairement avec un drainage des encaissants par les alluvions), mais ils restent à être démontrés : drainance ascendante des calcaires vers les alluvions au travers des séries semi-perméables du Bégudien.

**Compte-tenu des caractéristiques du projet, ce dernier ne sera concerné que par l'aquifère alluvial associé à la masse d'eau n°FRD370.**

### 3.3.2. Données piézométriques disponibles

Les sondages SD1+Pz (CONFLUENCE) et F1+Pz (SOL-ESSAIS) ont été équipés de la façon suivante :

- SD1+Pz :
  - de 0 à 1 m : tube plein PVC Ø 52/60 mm ;
  - de 1 à 4 m : tube crépiné PVC Ø 52/60 mm.
- F1+Pz :
  - de 0 à 1 m : tube plein PVC Ø 52/60 mm ;
  - de 1 à 6 m : tube crépiné PVC Ø 52/60 mm.

Le sondage SD2+Pz (CONFLUENCE) a été détruit (observation faite le 28/10/2024 sur site).

Un ancien piézomètre, appelé PZ2, est également disponible à l'Est du cimetière actuel. D'une profondeur d'environ 7 m, nous ne disposons pas de sa coupe technique.



Sondage	X	Y	Profondeur (m/rep)
<b>SD1+Pz</b>	874968	6267306	4,15
<b>F1+Pz</b>	874890	6267188	5,53
<b>PZ2</b>	875185	6267177	7,23

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des piézomètres existants



Figure 8 : Piézomètres existants à proximité du projet

La base de données ADES (portail national d'accès aux données sur les eaux souterraines) référence les ouvrages intégrés aux réseaux patrimoniaux de surveillance des eaux souterraines.

L'ouvrage le plus proche est situé sur la commune de Berre l'Etang, au lieu-dit Roche (n°BSS002JJXC localisé à 4,4 km au Nord-Ouest du projet). Le piézomètre capte les alluvions récentes de l'Arc jusqu'à 11,5 m de profondeur et dispose d'une chronique de mesure entre mars 2003 et octobre 2024.

A noter que la dynamique du piézomètre pourra être sensiblement différente à cause de la nature des alluvions (plus ou moins perméable) et d'éventuelles influences extérieures (drainage de la nappe par le cours d'eau par exemple).

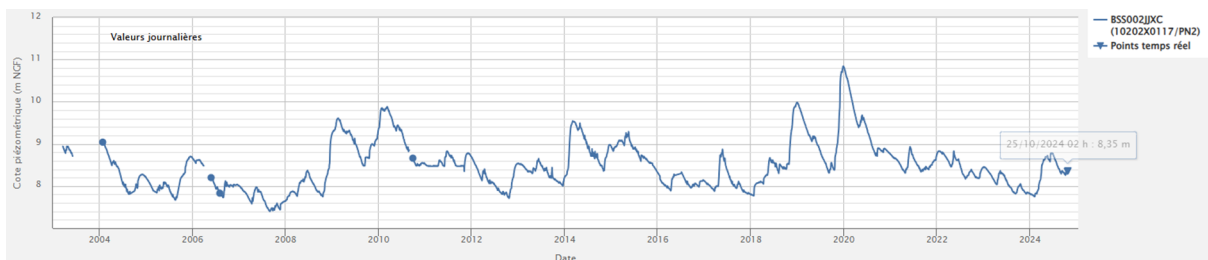


Figure 9 : Chronique piézométrique de l'ouvrage ADES BSS002JJXC

## 3.3.3. Dynamique de la nappe

Le niveau de la nappe a été relevé au droit de chaque ouvrage existant le 28/10/2024. Les niveaux mesurés sont compris entre 1,2 et 1,7 m/repère, soit entre + 0,85 et + 0,99 m NGF.

Selon ces premières mesures, les écoulements sont orientés vers le Sud-Est en direction de l'Etang de Berre.

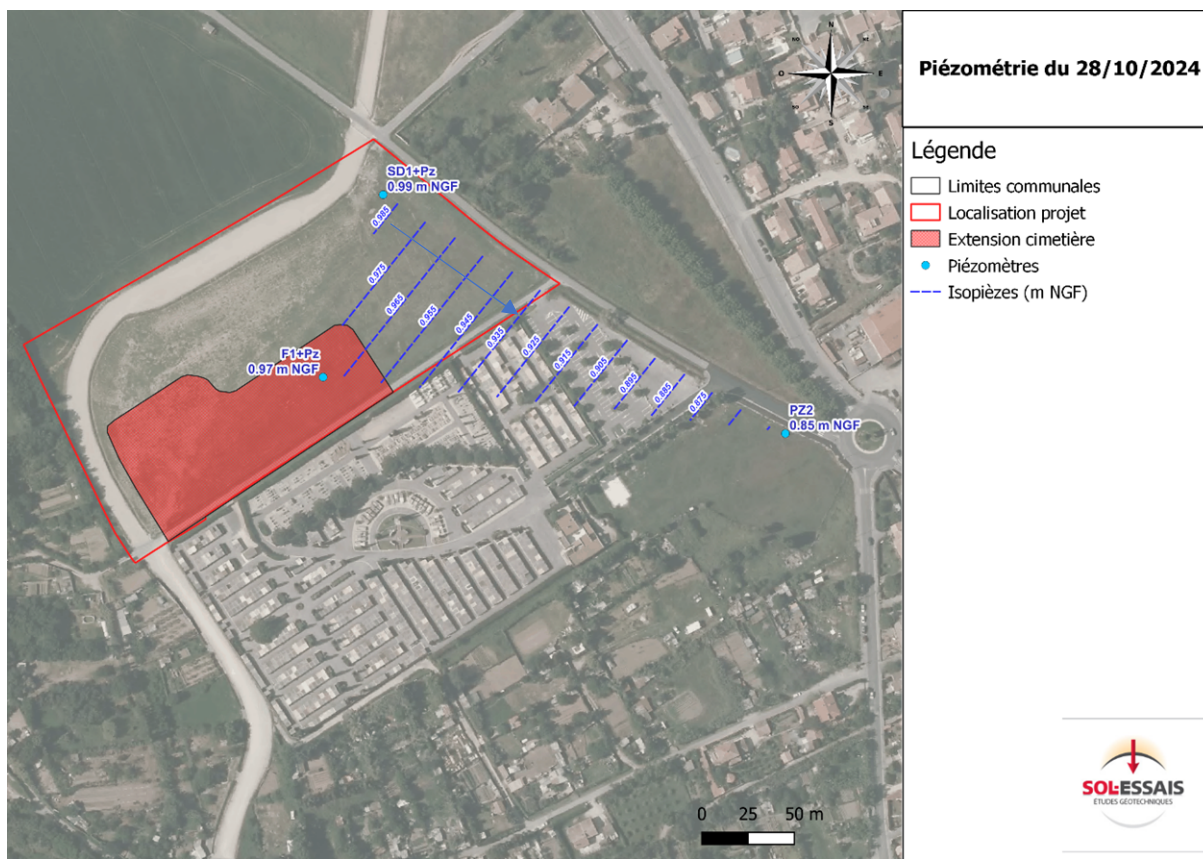


Figure 10 : Piézométrie octobre 2024

Le suivi piézométrique associé à l'ouvrage ADES (BSS002JJXC) rend compte des éléments suivants :

- cote piézométrique moyenne située à + 8,5 m NGF ;
- cote piézométrique comprise entre + 7,75 et + 10,84 m NGF, soit un battement interannuel de 3,09 m ;
- la période de basses eaux est comprise entre les mois d'août et octobre, tandis que la période de hautes eaux est comprise entre les mois de décembre et février ;
- le battement saisonnier moyen est de 1,1 m.

Après une année 2023 caractérisée par une sécheresse marquée, les fortes pluies survenues en février et mars 2024 ont permis de recharger efficacement les nappes phréatiques, d'où des niveaux actuels proches de la moyenne mensuelle.

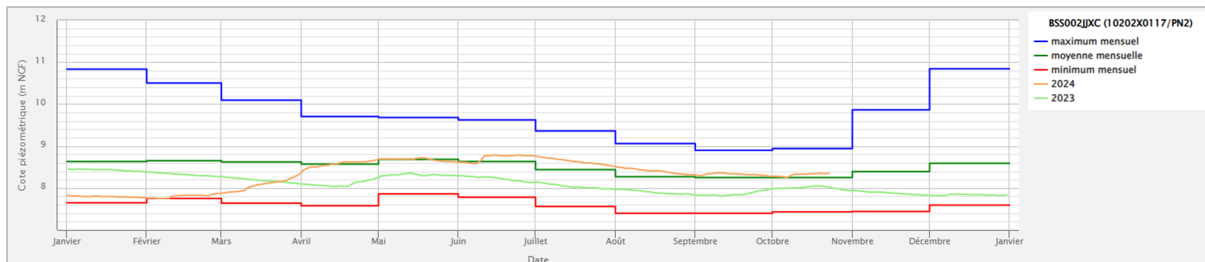


Figure 11 : Cotes piézométriques mesurées en 2023 et 2024 (piézomètre ADES BSS002JJXC)

Une analyse statistique a été menée sur les données piézométriques associées à cet ouvrage. En effet, sa chronique étendue permet d'utiliser l'analyse statistique usuelle par ajustement graphique (loi de Gumbel).

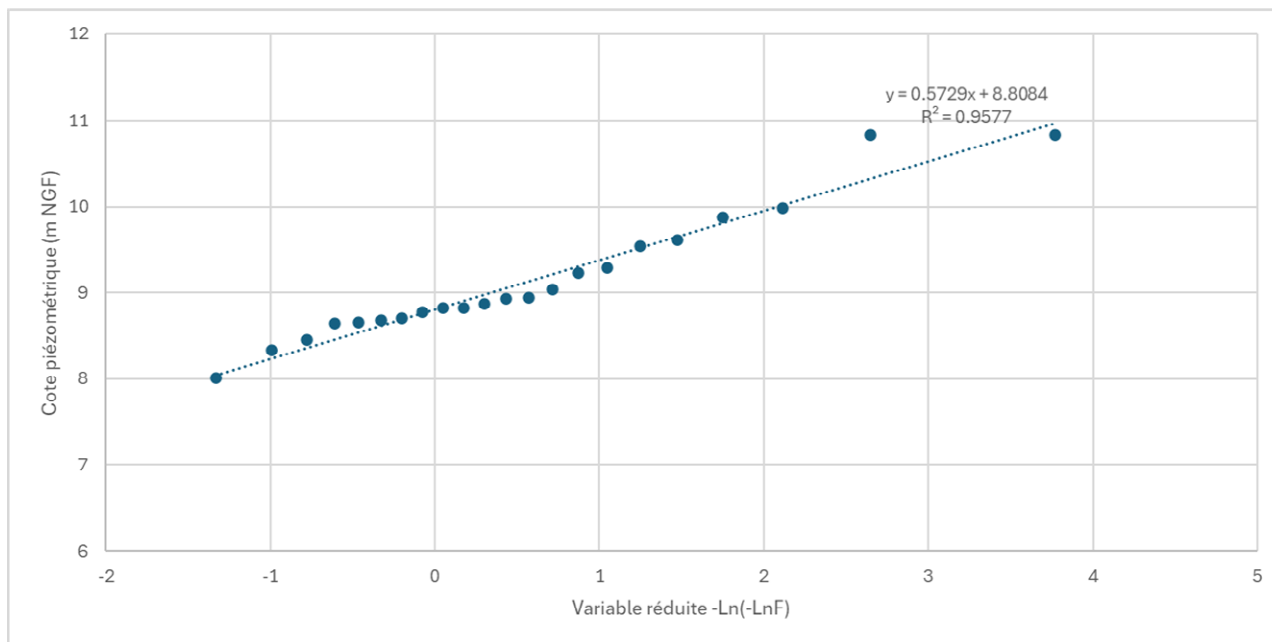


Figure 12 : Variations piézométriques au droit de l'ouvrage ADES (ajustement de Gumbel des cotes piézométriques maximum annuelles)

**Les variations piézométriques calculées sont comprises entre 0,97 et 3,4 m.** Ces valeurs comprennent les variations induites par la recharge pluviométrique et par d'éventuelles influences annexes.

**Les valeurs calculées sont propres aux données piézométriques de l'ouvrage BSS002JJXC. Seul un suivi piézométrique sur le long terme permettra de définir la dynamique de la nappe réelle au droit du projet.** Compte-tenu du contexte géologique, on pourra s'attendre à retrouver une dynamique similaire au droit du site, quoique plus stable compte-tenu de la proximité de l'exutoire.

**Le rapport sera mis à jour après 6 mois d'acquisition de données (avril 2025).**

Période de retour T	100	50	20	5	2	[ans]
Probabilité de non dépassement de Qp	0.99	0.98	0.95	0.8	0.5	[-]
Variable réduite de Gumbel	4.60	3.90	2.97	1.50	0.37	[-]
Niveau piézométrique calculé	11.44	11.04	10.51	9.67	9.02	[m NGF]
Battement calculé	3.40	3.00	2.46	1.62	0.97	[m]

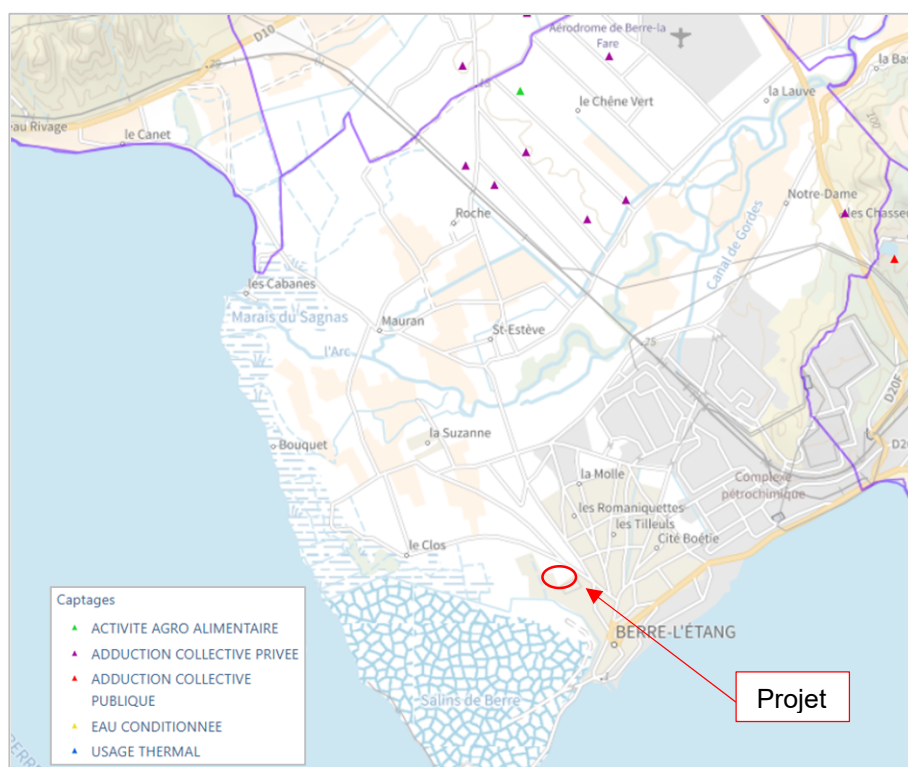
Tableau 2 : Variations piézométriques calculées pour l'ouvrage ADES

## SOL-ESSAIS

### 3.3.4. Usages de la ressource

La Banque Nationale des Prélèvements quantitatifs en eau (BNPE) recense les données sur les prélèvements d'eau à l'échelle nationale. Les données sont issues de la gestion des redevances par les agences et offices de l'eau et font l'objet d'une mise à jour annuelle. Cette base de données n'inclut pas les prélèvements non déclarés, notamment les forages privés à usage domestique.

Sur la commune de Berre l'Étang, aucun ouvrage AEP n'est recensé. **Le projet n'est donc concerné par aucun périmètre de protection.** Les prélèvements d'eau souterraine sur le territoire de la commune sont associés à de l'adduction collective privée ou à une activité agro-alimentaire (quartiers les Grands Lots et les Chasseurs). Le plus proche est situé à 4,4 km du projet.



### 3.3.5. Caractéristiques hydrodynamiques

Un essai de perméabilité de type Matsuo a été réalisé par l'entreprise CONFLUENCE au droit du sondage FP7. Localisé entre 0 et 1 m de profondeur, l'essai rend compte d'une perméabilité de  $1.10^{-6}$  m/s associée à des limons à graves.

Dans le cadre de son intervention, SOL-ESSAIS a réalisé 2 essais de type Lefranc entre 1 et 1,8 m de profondeur au droit des sondages F1 et FP2. Ils rendent compte des résultats suivants :

- F1 :  $3.10^{-4}$  m/s (alluvions sablo-graveleuses) ;
- FP2 :  $5.10^{-5}$  m/s.

Les résultats sont cohérents avec la lithologie rencontrée (pas de corrélation possible avec sondage FP2, la présence d'une passe argileuse peut expliquer la perméabilité plus faible mesurée).

A noter que les futures fosses et caveaux seront ancrés dans les matériaux de remblais mis en place. Les essais de perméabilité présentés ne sont donc pas représentatifs de la perméabilité future des matériaux encaissants.



## 4. CONCLUSION

### 4.1. Synthèse

Le terrain, objet de l'étude, est situé sur le territoire de la commune de Berre l'Etang (13130), au Nord-Ouest du centre historique. Les parcelles cadastrales concernées sont les suivantes : section AI, parcelles n°8, 247, 248.

Le projet d'extension du cimetière prévoit :

- un remblaiement sur la surface de la future extension, soit 8 950 m<sup>2</sup> environ. Pour permettre l'inhumation en pleine terre, la zone remblayée sera située à la cote minimum de + 5,44 m NGF, soit un remblaiement compris entre 3 m et 3,8 m ;
- le raccordement la zone pleine terre au cimetière existant par une rampe de pente 4% dans l'extension ;
- le décaissement du reste de la parcelle (AI 8) à la cote + 1,5 m NGF avec deux zones en surprofondeur à la cote de + 1,3 m NGF.

Selon la carte géologique du BRGM au 1/50 000<sup>e</sup> (MARTIGUES-MARSEILLE n°1020), le projet se situe à l'interface entre des alluvions fluviales récentes (**Fx**) et des limons palustres récents (**Lz**). Leur extension est limitée au Sud par l'étang de Berre, et au Nord-Est par les calcaires et marnes du Bégudien.

Le sondage carotté permet de restituer une coupe lithologique fidèle des terrains actuellement en place au droit du projet :

- de 0 à 0,1 m : terre végétale brune ;
- de 0,1 à 0,9 m : limon brun à cailloutis ;
- de 0,9 à 6 m : cailloutis et galets contenus dans une matrice sablo-limoneuse. Deux passes argileuses sont recensées à 4 m et 5,8 m de profondeur.

La profondeur du substratum dans le secteur est estimée à 15 m.

Le projet est concerné par la masse d'eau souterraines n°**FRDG370** : alluvions de l'Arc de Berre. La nappe siège au sein des alluvions sablo-graveleuses, et peut être captive sous une couche limoneuse peu épaisse (inférieure au mètre). Les niveaux mesurés le 28/10/2024 sont compris entre 1,2 et 1,7 m/repère, soit entre + 0,85 et + 0,99 m NGF. Selon ces premières mesures, les écoulements sont orientés vers le Sud-Est en direction de l'étang de Berre.

À la suite du remblaiement de la zone, il est pris en considération à ce stade **une cote d'ancrage des fosses située à + 3,44 m NGF au minimum**, soit entre 2,45 et 2,59 m au-dessus du niveau d'eau mesuré en octobre 2024.

Une analyse statistique a été menée sur les données piézométriques associées à l'ouvrage ADES BSS002JJXC. Pour des événements exceptionnels, les variations piézométriques calculées sont comprises entre 0,97 et 3,4 m. **Les valeurs calculées sont propres aux données piézométriques de l'ouvrage BSS002JJXC. Seul un suivi piézométrique sur le long terme permettra de définir la dynamique de la nappe réelle au droit du projet.** Compte-tenu du contexte géologique, on pourra s'attendre à retrouver une dynamique similaire au droit du site, quoique plus stable compte-tenu de la proximité de l'exutoire.

**Le rapport sera mis à jour après 6 mois d'acquisition de données (avril 2025).**

## 4.2. Avis sur la faisabilité du projet

L'analyse de faisabilité du projet s'est appuyée sur l'annexe 3 du « Guide technique : Protection des captages d'eau – Acteurs et stratégies ».

### 4.2.1. Critères topographiques

*« L'installation des cimetières doit se faire, de préférence, sur des terrains à surface horizontale ou de pente faible (de l'ordre de 5 à 7 % au plus). »*

La pente du terrain sera créée après remblaiement pour se conformer à cette prescription. Le raccordement à la zone pleine terre au cimetière existant est prévu avec une rampe de pente 4%.

### 4.2.2. Critères géologiques

*« Il est indispensable de disposer d'une épaisseur suffisante de terrains faciles à creuser afin que la profondeur d'inhumation empêche l'action des animaux fouisseurs. »*

Les terrains à l'affleurement sont constitués de limons sur une épaisseur inférieure à un mètre surmontant des alluvions sablo-graveleuses. Cette couche limoneuse n'est toutefois pas continue.

**À la suite du remblaiement de la zone, les futures fosses et caveaux seront ancrés dans les matériaux d'apports mis en place.**

*« Outre la nature des terrains, l'hydrogéologue étudiera leurs caractéristiques physiques et s'assurera, en particulier, qu'il présente une porosité et une perméabilité suffisante pour permettre l'oxydation des matières organiques. Pour cela, les formations géologiques concernées doivent favoriser la circulation de l'air et la percolation des eaux, sans que ces dernières stagnent pour autant dans le fond des fosses »*

Les essais Lefranc réalisés entre 1 et 1,8 m au droit des sondages F1 et FP2 ont montré des perméabilités comprises entre  $5.10^{-5}$  et  $3.10^{-4}$  m/s (en l'absence de coupe géologique au droit du sondage FP2, on supposera qu'une passe argilo-limoneuse au sein des alluvions a induit une perméabilité mesurée plus faible).

Les essais de perméabilité présentés ne sont toutefois pas représentatifs de la perméabilité future des matériaux encaissants. Ces derniers devront présenter une perméabilité suffisante pour favoriser la circulation de l'air et de l'eau.

### 4.2.3. Critères hydrogéologiques

*« L'hydrogéologue agréé devra s'assurer que le fond des fosses ou des caveaux restera, en toute circonstance, au-dessus du plus haut niveau de la première nappe ; une marge de sécurité d'au moins un mètre paraît souhaitable. »*

Les niveaux d'eau mesurés en octobre 2024 étaient situés entre + 0,85 et + 0,99 m NGF, soit **entre 2,45 et 2,59 m sous la future cote d'ancrage des fosses**. Le suivi piézométrique en cours (fin prévisionnelle en octobre 2025) permettra d'évaluer le battement de la nappe et d'estimer les niveaux de plus hautes eaux.

## SOL-ESSAIS

Les variations piézométriques exceptionnelles calculées au droit du piézomètre ADES BSS002JJXC atteignent 3,4 m pour un temps de retour centennal. On s'attendra à un battement plus faible au droit du site à cause de l'influence de l'étang de Berre (limite hydrogéologique).

### 4.2.4. Aspects d'hygiène publique

*Dans le cadre de la protection des captages d'eau potable « l'article L.2232-1 du Code général des collectivités territoriales régit la création d'un cimetière à moins de 35 mètres des habitations. L'article L. 2223-5 du Code général des collectivités territoriales interdit le creusement d'un puits à moins de 100 mètres des nouveaux cimetières (...). En l'état actuel des connaissances, la distance minimale de 35 mètres peut être considérée, pour des captages limités à un usage purement familial, comme une marge de sécurité acceptable dans de nombreux cas. Elle peut, par contre, se révéler insuffisante en cas de contexte hydrogéologique défavorable ou de prélèvement important d'eau souterraine (captage public). »*

- Usage des eaux souterraines : d'après la bibliographie disponible, aucun puits ou captage AEP n'a été recensé à proximité immédiate du projet ou en aval hydraulique. **La faisabilité du projet est compatible avec l'usage actuel des eaux souterraines, sous réserve de la présence d'ouvrage non déclaré en aval qu'un recensement bibliographique ne saurait déceler.**
- Présence anthropique : la faisabilité du projet est compatible avec l'occupation des sols, les habitations étant situées à plus de 35 m du projet.

En conclusion, **le contexte hydrogéologique est compatible avec la réalisation du projet d'extension du cimetière**, sous réserve que le suivi piézométrique en cours ne vienne pas remettre en cause les hypothèses émises à ce stade.

Aix-en-Provence, le 31 octobre 2024

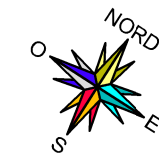
Léo CLENET




**5. ANNEXES**

**Résultats des investigations géotechniques**





Prof.	Alt. (m)	Description	Prof. (m)	Description de l'échantillon	Observations de forage
0		Terre végétale	- 0.1		Tubage Ø140mm sur 6m
1	1	Limon brun à cailloutis	- 0.9		Essai Lefranc de 1m à 2m E.I. de 1m à 2m
2	0	Cailloutis et galets contenus dans une matrice sablo-limoneuse	- 1		E.I. de 2m à 3m
3	-1				
4	-2	Argile limoneuse grise à cailloutis	- 4		Piézomètre Ø63mm sur 5m50, crépiné sur 5m50  Eau à 0m80 le 24/10
5	-3		- 4.2		
6	-4	Cailloutis et galets contenus dans une matrice sablo-limoneuse	- 5.8		
7	-4	Argile limoneuse grise	- 6		
8	-5				
9	-6				
10	-7				
11	-8				
12	-9				
13	-10				
14	-11				
15	-12				
16	-13				
	-14				
	-14				



Dossier  
D24-0140 - BERRE L'ETANG

Forage  
FP1

Date de début  
24/10/2024

Date de fin  
25/10/2024

Durée de foration  
4 min 46 s

Machine  
GEO205

Outil de forage  
Tricône à picots TCI

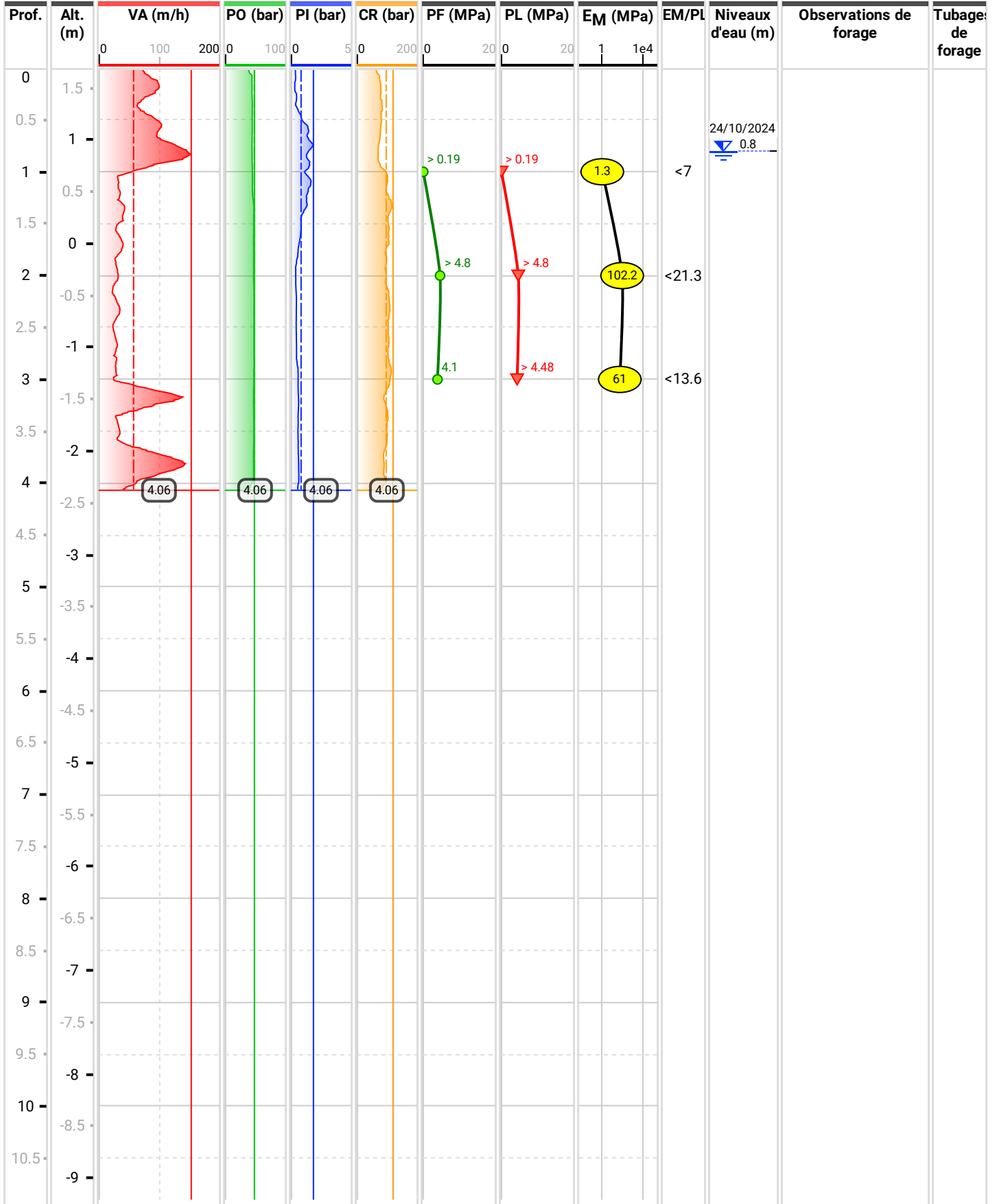
Diamètre de l'outil  
63 mm

Opérateur  
LOPEZ

**Paramètres de forage**

Cote début X  
0 m Y  
Cote fin Altitude NGF  
4.06 m 1.692 m

AAP le 30/10/2024





Dossier  
D24-0140 - BERRE L'ETANG

Forage

FP2

Date de début

25/10/2024

Date de fin

25/10/2024

Durée de foration

6 min 52 s

Machine

GEO205

Outil de forage

Tricône à picots TCI

Diamètre de l'outil

63 mm

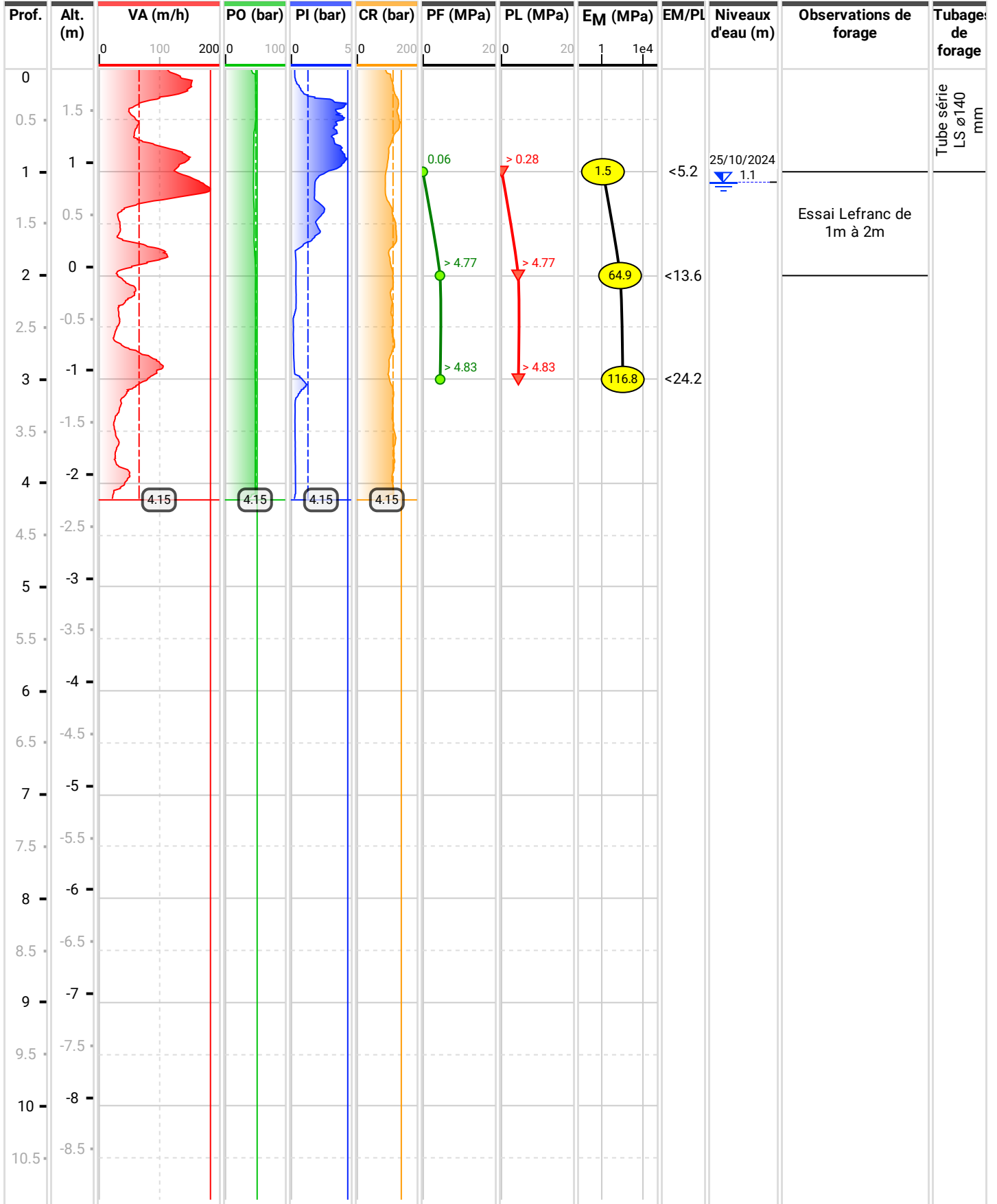
Opérateur

LOPEZ

**Paramètres de forage**

Cote début X  
0 m Y  
Cote fin Altitude NGF  
4.15 m 1.916 m

AAP le 30/10/2024





Données de l'essai SEI n°: SOLA-D204-0140 BERRE L'ETANG Extension du cimetière de 1,00 à 1,60 m

Niveau de la nappe au repos par rapport au sol = 0,850 m  
 Hors-sol de la base de mesure (positif au dessus du sol)  $H_T$  = 0,100 m  
 Distance du sol au haut de la poche Hch = 1,000 m  
 Distance du sol au bas de la poche Hcb = 1,600 m  
 Niveau de la nappe au repos par rapport à la base de mesure  $H_p$  = 0,950 m  
 Longueur de la cavité L = 0,600 m  
 Diamètre de la cavité Bc = 0,114 m  
 Diamètre intérieur tube de mesure  $B_i$  = 0,126 m  
 Distance du milieu de la poche au substratum imperméable H =  
 Distance du milieu de la poche au toit de la nappe  $H_w$  = 0,450 m  
 Distance du milieu de la poche au terrain naturel  $H_C$  = 1,300 m

Facteur de forme  $m_0$  d'une cavité éloignée des limites de l'aquifère

$c = L/B$	Conditions	Formules pour $m_0$	$m_0$
		$2\pi c / \ln(2c) =$	
5,26	$\geq 1,2$ et $\leq 10$	$2\pi c / \ln(c + (c^2 + 1)^{0,5}) =$	14,00
		$2\pi (c + 0,25)^{0,5} =$	
		$\pi (2c + 0,5)^{0,5} =$	
		$\pi (1 - 4c^2)^{0,5} / 2 \arctan(-2c + (4c^2 + 1)^{0,5}) =$	
		2 =	

Facteur de forme m d'une cavité en fonction des limites de l'aquifère

Choix	Conditions	Formules pour m	m
<input type="radio"/> OUI	Cavité éloignée des limites de l'aquifère	$m = m_0$	14,00
<input type="radio"/> NON	Cavité proche du substratum imperméable avec $H \leq H_w$		
<input type="radio"/> NON	Cavité proche de la surface du sol avec nappe sous le sol		
<input type="radio"/> NON	Cavité proche du substratum imperméable avec sol situé sous la nappe		
<input type="radio"/> NON	Cavité proche de la surface du sol situé sous la nappe		

Facteur de forme retenu = 14,00

#### LEFRANC

Hors-sol de la base de mesure (positif au dessus du sol)  $H_T$  = 0,100 m  
 Niveau de la nappe au repos par rapport au sol = 0,850 m  
 Distance du sol au bas de la poche Hcb = 1,600 m  
 Distance du sol au haut de la poche Hch = 1,000 m

Diamètre de la cavité Bc = 0,114 m  
 Distance du milieu de la poche au substratum imperméable H =

## BERRE L'ETANG

### Extension du cimetière

#### Chemin de Mauran

Altitude Z

NGF

LEFRANC

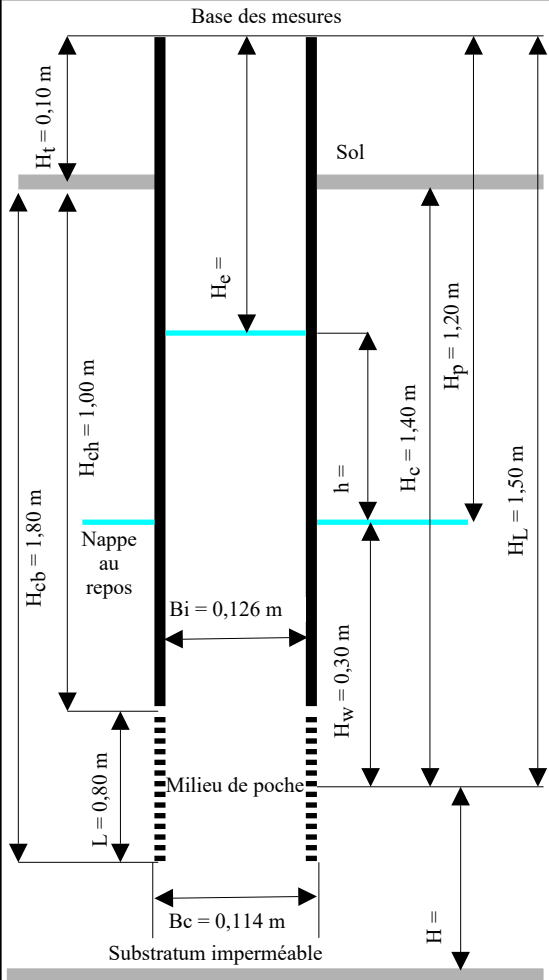
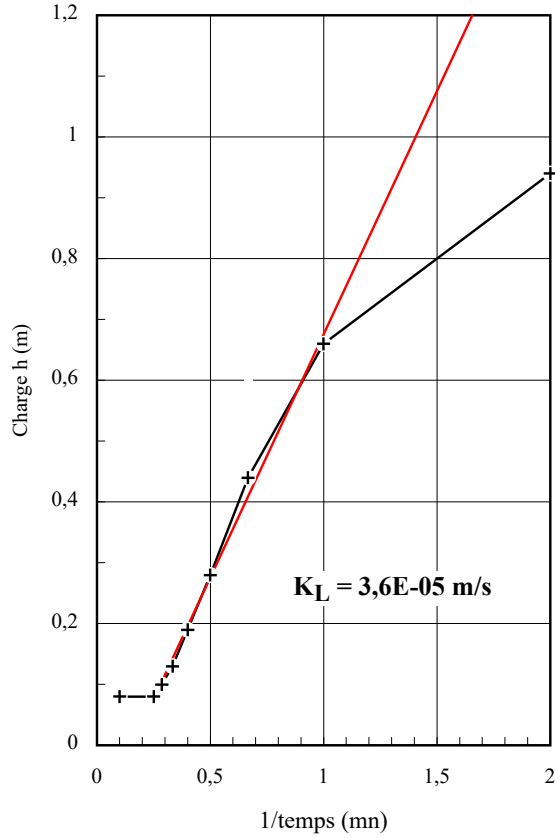
## Mesure de perméabilité

(Charge variable)

FP2 de 1,00 à 1,80 m

SEI n°: SOLA-D204-0140

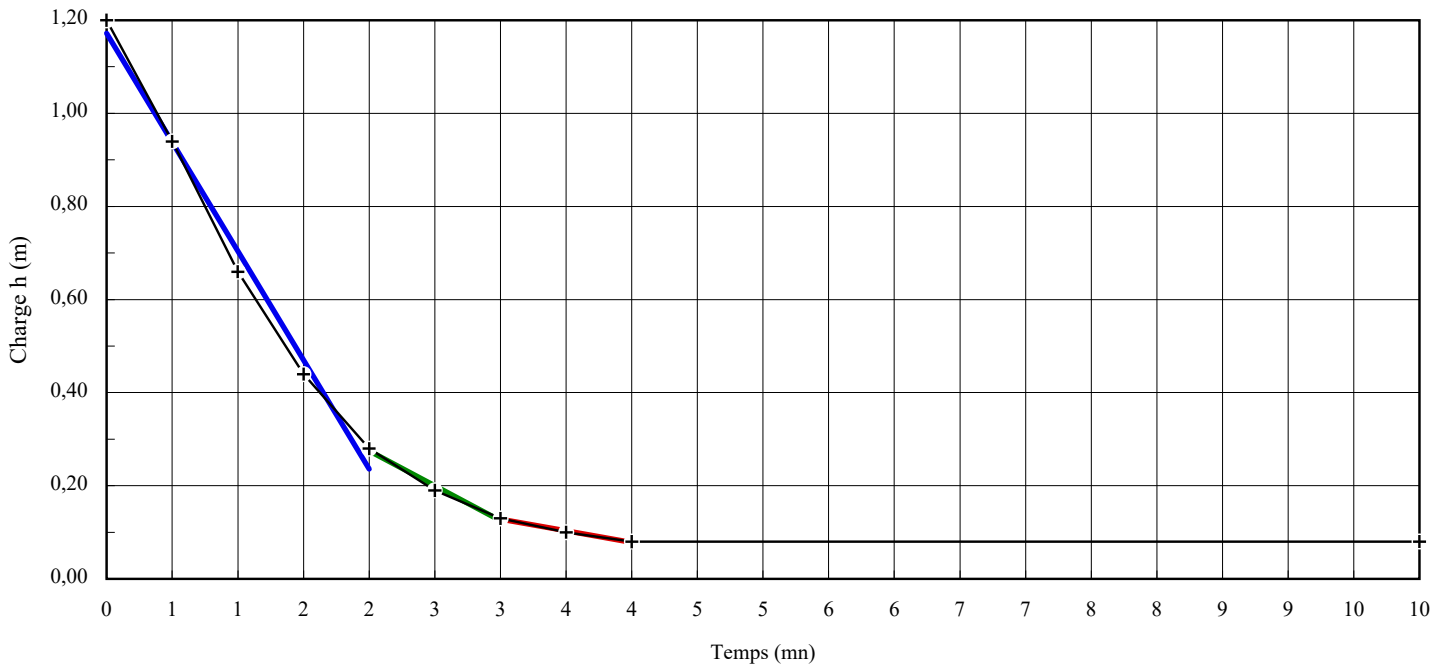
Date : 25/10/24


 Charge  $h(\text{m}) = f(1/t \text{ en mn})$ 


N°	Temps (mn)	Mesures He (m)
1	0	0,000
2	0,5	0,260
3	1	0,540
4	1,5	0,760
5	2	0,920
6	2,5	1,010
7	3	1,070
8	3,5	1,100
9	4	1,120
10	10	1,120

K1	8,8E-05 m/s
K2	8,6E-05 m/s
K3	5,4E-05 m/s
K moyen	7,6E-05 m/s
<b>K retenu</b>	<b>5,0E-05 m/s</b>

— K1 — K2 — K3 —+— h



Données de l'essai SEI n°: SOLA-D204-0140 BERRE L'ETANG Extension du cimetière de 1,00 à 1,80 m

Niveau de la nappe au repos par rapport au sol = 1,100 m  
 Hors-sol de la base de mesure (positif au dessus du sol)  $H_T$  = 0,100 m  
 Distance du sol au haut de la poche  $H_{ch}$  = 1,000 m  
 Distance du sol au bas de la poche  $H_{cb}$  = 1,800 m  
 Niveau de la nappe au repos par rapport à la base de mesure  $H_p$  = 1,200 m  
 Longueur de la cavité  $L$  = 0,800 m  
 Diamètre de la cavité  $B_c$  = 0,114 m  
 Diamètre intérieur tube de mesure  $B_i$  = 0,126 m  
 Distance du milieu de la poche au substratum imperméable  $H$  =  
 Distance du milieu de la poche au toit de la nappe  $H_w$  = 0,300 m  
 Distance du milieu de la poche au terrain naturel  $H_C$  = 1,400 m

Facteur de forme  $m_0$  d'une cavité éloignée des limites de l'aquifère

$c = L/B$	Conditions	Formules pour $m_0$	$m_0$
		$2\pi c / \ln(2c) =$	
$7,02 \geq 1,2$ et $\leq 10$		$2\pi c / \ln(c + (c^2 + 1)^{0,5}) =$	16,66
		$2\pi (c + 0,25)^{0,5} =$	
		$\pi (2c + 0,5)^{0,5} =$	
		$\pi (1 - 4c^2)^{0,5} / 2 \arctan(-2c + (4c^2 + 1)^{0,5}) =$	
		$2 =$	

Facteur de forme  $m$  d'une cavité en fonction des limites de l'aquifère

Choix	Conditions	Formules pour $m$	$m$
<input type="button" value="OUI"/>	Cavité éloignée des limites de l'aquifère	$m = m_0$	16,66
<input type="button" value="NON"/>	Cavité proche du substratum imperméable avec $H \leq H_w$		
<input type="button" value="NON"/>	Cavité proche de la surface du sol avec nappe sous le sol		
<input type="button" value="NON"/>	Cavité proche du substratum imperméable avec sol situé sous la nappe		
<input type="button" value="NON"/>	Cavité proche de la surface du sol situé sous la nappe		

Facteur de forme retenu = 16,66

#### LEFRANC

Hors-sol de la base de mesure (positif au dessus du sol)  $H_T$  = 0,100 m  
 Niveau de la nappe au repos par rapport au sol = 1,100 m  
 Distance du sol au bas de la poche  $H_{cb}$  = 1,800 m  
 Distance du sol au haut de la poche  $H_{ch}$  = 1,000 m

Diamètre de la cavité  $B_c$  = 0,114 m  
 Distance du milieu de la poche au substratum imperméable  $H$  =

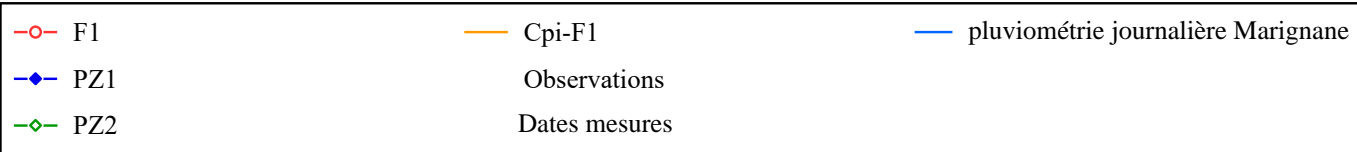




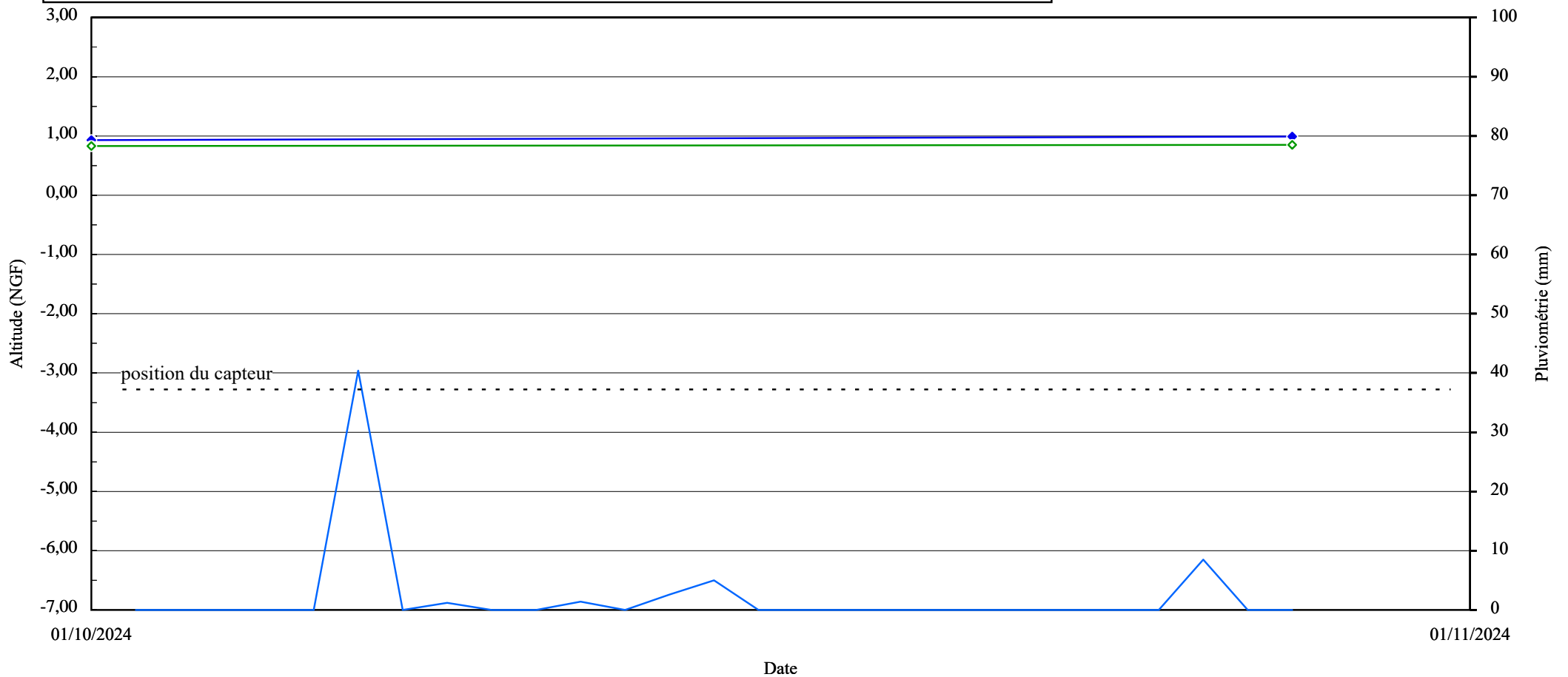
**BERRE L'Etang**  
**Extension cimetière Saint Roch**  
**Chemin de Mauran**

**Mesures des niveaux d'eau**  
**(Piézomètres manuels et automatiques)**

SEI n°: SOLA-D214-0140



NA!  
NA!





**BERRE L'Etang**  
**Extension cimetière Saint Roch**  
**Chemin de Mauran**

460 avenue Jean Perrin 13851 AIX EN PROVENCE Cedex 3  
Tél. 04 42 39 74 85 - eMail aix@sol-essais.fr - Télécopie 04 42 39 73 91

**Mesures des niveaux d'eau**  
**(Piézomètres manuels et automatiques)**

*mesure Pz = profondeur du niveau*  
*mesure Cpi = mH<sub>2</sub>O au dessus du capteur*

SEI n°: SOLA-D214-0140

Nom sondage	F1		PZ1		PZ2								Cpi-F1				Observations
	tête	2,18	tête	2,63	tête	2,52	tête		tête		tête		sonde	-3,12	sonde		
Profondeur en m	prof.	5,53	prof.	4,15	prof.	7,23	prof.		prof.		prof.						
Date	mesure (m)	Altitude (NGF)	mesure (m)	Altitude (NGF)	mesure (m)	Altitude (NGF)	mesure (m)	Altitude (NGF)	mesure (m)	Altitude (NGF)	mesure (m)	Altitude (NGF)	Mesures (m H <sub>2</sub> O)	Altitude (NGF)	Mesures (m H <sub>2</sub> O)	Altitude (NGF)	
01/10/24 00:00			1,70	0,93	1,69	0,83											
25/10/24 00:00																	pose Pz
28/10/24 00:00	1,21	0,97	1,64	0,99	1,67	0,85											pose CPi