



HYDROGEOTECHNIQUE SUD EST

INGENIERIE GEOTECHNIQUE, GEOLOGIQUE, HYDROGEOLOGIQUE ET
HYDROLOGIQUE APPLIQUEE AUX BATIMENTS, GENIE-CIVIL,
INFRASTRUCTURES ET A L'ENVIRONNEMENT.
SONDAGES - ESSAIS DE SOLS IN SITU ET EN LABORATOIRE

MÉTROPOLE AIX MARSEILLE PROVENCE

*Construction de voiries pour l'extension de la ZA
des Plaines Sud.*

SAINT CHAMAS (13)

RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

ÉTAPE 1 : Missions G1 + G2_{AVP}

| | |
|--|--|
| DOSSIER N° C.18.50204 GARDANNE, LE 25/06/2019 | |
| <p><u>Sont annexés à ce rapport :</u></p> <ul style="list-style-type: none">* le plan d'implantation des sondages,* le cahier des résultats des investigations,* le rappel des missions géotechniques. | <p><i>Chargé d'étude : Geoffrey CADRAN Contrôle interne : Alexandre GARDAS</i></p> |

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| 1.INTRODUCTION..... | 3 |
| 1.1.MISSIONS..... | 3 |
| 1.2.RÉFÉRENTIELS..... | 4 |
| 1.3.DESCRPTION DU PROJET..... | 4 |
| 2.CONTEXTE SITOLOGIQUE, GÉOLOGIQUE, HYDROGÉOLOGIQUE ET SISMIQUE GÉNÉRAL – MISSION G1..... | 5 |
| 2.1.SITOLOGIE..... | 5 |
| 2.2.GÉOLOGIE..... | 6 |
| 2.3.HYDROGEOLOGIE..... | 7 |
| 2.4.CARTE D’ALÉAS..... | 7 |
| 3.PROGRAMME DES PRESTATIONS GÉOTECHNIQUES SPÉCIFIQUES MIS EN ŒUVRE – MISSION G2AVP..... | 8 |
| 3.1.INVESTIGATIONS RÉALISÉES..... | 8 |
| 3.2.IMPLANTATION DES SONDAGES..... | 8 |
| 4.CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES, GÉOTECHNIQUES ET HYDROGÉOLOGIQUES APPREHENDÉES PAR LES INVESTIGATIONS SPÉCIFIQUES – MISSION G2AVP..... | 9 |
| 4.1.LITHOLOGIE MISE EN ÉVIDENCE..... | 9 |
| 4.2.CARACTÉRISTIQUES MECANIQUES..... | 9 |
| 4.3.CARACTÉRISTIQUES HYDROGÉOLOGIQUES..... | 10 |
| 4.4.RÉSULTATS DES ESSAIS DE PERMÉABILITÉ DE TYPE LEFRANC..... | 10 |
| 4.5.SISMICITÉ..... | 11 |
| 4.6.ALÉAS GEOTECHNIQUES..... | 11 |
| La géologie..... | 11 |
| L’hydrogéologie..... | 11 |
| La nature des matériaux..... | 11 |
| L’environnement..... | 12 |
| 5.PRINCIPES GÉNÉRAUX DES TERRASSEMENTS ET DE DRAINAGE POUR LES VOIRIES..... | 13 |
| 5.1.PRINCIPE DE RÉALISATION DES TERRASSEMENTS..... | 13 |
| 5.2.STABILITÉ ET PROTECTION DES TALUS | 14 |
| 5.3.DISPOSITIFS D’ASSAINISSEMENT ET DE DRAINAGE..... | 14 |
| 6.ETUDE VOIRIES LOURDES ET LEGERES..... | 16 |
| 6.1.PRÉAMBULE..... | 16 |
| 6.2.PST – ARASE – COUCHE DE FORME..... | 16 |
| 6.3.STRUCTURE DE CHAUSSÉE..... | 16 |
| 6.4.SUGGESTIONS DE RÉALISATION..... | 17 |
| 7.ALEAS SUBSISTANTS A L’ETUDE..... | 18 |
| ANNEXES..... | 20 |

1. INTRODUCTION

1.1. MISSIONS

À la demande et pour le compte de la **Métropole Aix Marseille Provence**, la Direction Régionale PACA du Bureau d'Études HYDROGÉOTECHNIQUE SUD-EST a été chargée de la réalisation de l'ÉTAPE 1 (missions G1 et G2AVP) **dans le cadre des études géotechniques préalables à la construction de voiries pour l'extension de la Zone Artisanale des Plaines Sud, sur la commune de SAINT CHAMAS (13).**

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la norme NF P 94-500 des missions type d'ingénierie géotechnique de l'AFNOR-USG (en date de novembre 2013), qui suivent les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet, à savoir :

- **ÉTAPE 1 : études géotechniques préalables (G1) :**
 - **G1_{ES} : étude de site,**
 - **G1_{PGC} : étude des principes généraux de construction,**

- **ÉTAPE 2 : étude géotechnique de conception (G2) :**
 - **G2_{AVP} : Phase Avant Projet,**

Ces missions se terminent à la remise du présent rapport.

Elles s'appuient sur des prestations d'investigations géotechniques proposées et réalisées par notre société.

Cette étude a été réalisée par **Geoffrey CADRAN** Ingénieur Géotechnicien, avec le contrôle interne de **Alexandre GARDAS**, Ingénieur Géotechnicien, directeur de l'agence Sud Est.

1.2. RÉFÉRENTIELS

Les référentiels utilisés dans le cadre de cette étude sont les suivants :

- **Décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif la prévention du risque sismique.**

- **NF P 11-300 (Septembre 1992) – GTR 92 :**
 - exécution des terrassements,
 - classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières.

1.3. DESCRIPTION DU PROJET

Aucun document ne nous a été fourni.

Le projet consiste en la réalisation de voiries pour la désertes des futurs lots qui seront viabilisés par la suite.

❧ ❧ ❧ ❧ ❧

2. CONTEXTE SITOLOGIQUE, GÉOLOGIQUE, HYDROGÉOLOGIQUE ET SISMIQUE GÉNÉRAL – MISSION G1

2.1. SITOLOGIE

Le secteur d'étude correspond à un terrain situé en bordure de la départemental 15.



Source www.geoportail.fr

La parcelle, objet de l'étude correspond à un ancienne zone industrielle où des bâtiments et hangars sont présents en limite Sud. La majorité de la surface de la parcelle est enherbée.

La topographie est a priori globalement plane (absence de plan topographique).

2.2. GÉOLOGIE

Nous avons exploité l'extrait de la carte géologique de MARTIGUES au 1/50 000^{ème}. Il en ressort que le site s'insère, au sein des calcaires du Barrémien (n4U). On s'attend tout de même à rencontrer de possibles remblais ou des formations limoneuses.



Source : infoterre.brgm.fr

2.3. HYDROGEOLOGIE

Compte tenu du contexte sitologique et géologique, il est probable que des circulations d'eau puissent s'établir :

- sous forme de nappes de stagnation dans les colluvions,
- à la faveur de la perméabilité des terrains,
- à la faveur de la fracturation du substratum calcaire.

2.4. CARTE D'ALÉAS

Le tableau suivant reprend les données d'aléas et de risques du site étudié.

| Risque étudié | Site source | Aléas |
|------------------------|--|--|
| Atlas zones inondables | www.georisques.gouv.fr | Non localisé au sein d'un territoire à risque important d'inondation |
| Retrait-gonflement | www.georisques.gouv.fr | Faible Pas de PPRN |
| Mouvements de terrains | www.georisques.gouv.fr | Non concerné Pas de PPRN |
| Cavités | www.georisques.gouv.fr | Non concerné Pas de PPRN |
| Séismes | www.georisques.gouv.fr | Niveau 3 |

L'atlas des zones inondables apporte la connaissance de l'emprise maximale des zones potentiellement inondables dans lesquelles les crues exceptionnelles peuvent se produire. Il s'agit d'un document informatif officiel, n'ayant pas de valeur réglementaire directe, contrairement à un Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI).



3. PROGRAMME DES PRESTATIONS GÉOTECHNIQUES SPÉCIFIQUES MIS EN ŒUVRE – MISSION G2_{AVP}

3.1. INVESTIGATIONS RÉALISÉES

Nous avons réalisé en Février et en mai 2019 les investigations suivantes :

- **12 essais au pénétromètre dynamique lourd, notés PD1 à PD12**, au refus du battage.

Ces essais ont été conduits aux profondeurs indiquées dans le tableau ci-dessous :

| Sondage | PD1 | PD2 | PD3 | PD4 | PD5 | PD6 | PD7 | PD8 | PD9 | PD10 | PD11 | PD12 |
|----------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Profondeur (m) | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 0,8 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Motif arrêt | Refus | | | | | | | | | | | |

- Des sondages à la pelle mécanique étaient prévus, mais pour des raisons archéologiques ces sondages n'ont pu être réalisés.
- **1 sondage carotté noté SC1 à 9m de profondeur** réalisé au carottier rotatif. Ce sondage a été équipé en piézomètre muni d'une tête de protection hors-sol

3.2. IMPLANTATION DES SONDAGES

Le plan d'implantation des sondages est présenté en annexe 1 à ce rapport. Les profondeurs indiquées sur les sondages ont été prises par rapport à la tête du sondage.

⌘ ⌘ ⌘ ⌘ ⌘

4. CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES, GÉOTECHNIQUES ET HYDROGÉOLOGIQUES APPREHENDÉES PAR LES INVESTIGATIONS SPÉCIFIQUES – MISSION G2_{AVP}

4.1. LITHOLOGIE MISE EN ÉVIDENCE

Sur la base du seul sondage carotté, la coupe lithologique est la suivante :

- **Couche C1** : Limon marron foncé à racines à quelques cailloutis. Cette couche a été rencontrée jusque 0,25m de profondeur au droit de SC1

- **Couche C2** : Calcaire blanc/gris, cette couche peut être subdivisée en deux sous-couches :
 - **Couche C2-1** : Calcaire déstructuré/fragmenté à blocs reconnue jusque 2,0m de profondeur,
 - **Couche C2-2** : Calcaire à veine de calcite et vacuoles reconnu jusqu'à la base de notre sondage SC1, soit 9m de profondeur.

Cette couche a probablement provoqué le refus sur nos sondages au pénétromètre dynamique lourd.

4.2. CARACTÉRISTIQUES MECANIQUES

Nous avons réalisé des essais au pénétromètre dynamique lourd, ces essais ne permettent pas d'identifier les faciès lithologique mais simplement d'en apprécier leur caractéristiques mécanique. Nous interprétons donc les essais pénétrométrique en tant que marqueur de la compacité.

| | Lithologie | Qd | Commentaire caractéristiques |
|------------------|-----------------------------|---------------|------------------------------|
| Couche C1 | Limon sableux marron | 8MPa<qd<10MPa | Elevées |
| Couche C2 | Calcaire +/- fracturé blanc | qd>10 MPa* | Très élevées |

* Attention, il peut s'agir de faux refus, la position du toit calcaire devra être précisé par la réalisation de sondages à la pelle mécanique.

4.3. CARACTÉRISTIQUES HYDROGÉOLOGIQUES

Lors de notre intervention, en Février et Mai 2019, par temps sec, aucun niveau d'eau n'a été noté au droit des sondages effectués. L'équipement piézométrique mis en place dans SC1 n'a pas relevé de niveau d'eau à la suite du forage.

Nous rappelons que ces observations restent ponctuelles et instantanées et qu'elles ne permettent pas de préciser l'ensemble des circulations superficielles et souterraines qui peuvent se produire en période pluvieuse.

Seul un suivi piézométrique sur 1 an permet d'apprécier les éventuelles battement d'une nappe.

4.4. RÉSULTATS DES ESSAIS DE PERMÉABILITÉ DE TYPE LEFRANC

Nous avons effectué deux essais d'infiltration de type Lefranc en forage à ciel ouvert. Ces essais ont été conduits comme suit :

| | Poche | Nature | Perméabilité en m/s |
|------------|------------------|-----------------------|---------------------|
| LE1 | Entre 0,2m et 1m | Calcaire +/- fracturé | $2,8 \cdot 10^{-7}$ |
| LE2 | Entre 3m et 4m | Calcaire +/- fracturé | $6,2 \cdot 10^{-6}$ |

La perméabilité du substratum rencontré est très variable étroitement lié à son degré de fracturation. Au droit de SC1, il a été rencontré des vacuoles et des veines de calcite, ces éléments augmentent de manière mécanique la perméabilité du substratum calcaire.

Il conviendra ainsi d'être prudent sur les perméabilités citées, celles-ci peuvent être très hétérogènes d'un point à un autre.

4.5. SISMICITÉ

Le Décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010, publié au Journal Officiel du 24 octobre 2010, relatif à la prévention du risque sismique classe le site en zone de sismicité 3, site de classe A.

4.6. ALÉAS GEOTECHNIQUES

Les aléas géotechniques sont en relation entre autres avec :

- **La géologie**

- les variations d'épaisseur des différentes couches et notamment de l'approfondissement du toit rocheux,
- les variations latérales de faciès pouvant entraîner des natures de sol localement différentes,
- les refus obtenus tôt du fait de la rencontre du substratum calcaire,
- la possible présence d'une frange d'altération du substratum calcaire,
- Risque Karstique lié au contexte calcaire.

- **L'hydrogéologie**

- les circulations d'eau dans toutes les couches et à toutes les profondeurs au retour de séquences pluvieuses,
- les circulations d'eau à la faveur des horizons plus perméables et fracturés.

- **La nature des matériaux**

- la sensibilité de la couche C1 aux variations hydriques et au remaniement mécanique,
- la sensibilité des mêmes matériaux à l'affouillement,
- la présence du substratum rocheux qui nécessitera la présence d'engins de terrassements lourds.

▪ **L'environnement**

- le site en zone sismique 3,
- l'impossibilité d'avoir pu réaliser les sondages à la pelle mécanique (du fait de contraintes archéologiques) qui pourrait exposer le projet à des aléas en terme de nature des matériaux rencontrés,
- la présence de bâtiments industriels sur le site (aucun sondage n'a été réalisé sur leur emprise).

5. PRINCIPES GÉNÉRAUX DES TERRASSEMENTS ET DE DRAINAGE POUR LES VOIRIES

5.1. PRINCIPE DE RÉALISATION DES TERRASSEMENTS

Le projet prévoit la réalisation de :

- voiries d'accès pour les futurs lots

Les terrassements intéressent :

- le terrassement de la couche C1 en fonction du profil en long du projet,
- le terrassement de la couche C2 pour l'assise de la couche de forme des voiries.

Nous conseillons :

- le terrassement de la **couche C1** à la pelle mécanique puissante puissante en rétro,
- le terrassements de la **couche C2**, il sera nécessaire de prévoir l'usage d'engins puissants munis obligatoirement de BRH,
- les zones où apparaîtraient des objets hétéroclites et des poches décomprimées seront purgées et remblayées avec des matériaux 0/80mm type D3, propres, bien gradués ($ES > 35$, $VBS < 0.1$ passant à $80 \mu m < 12\%$), compactés à q_3 ,
- la purge des matériaux foisonnés, décomprimés ou organiques,
- les terrassements seront profilés, avec formes de pentes, de façon à collecter les eaux de ruissellement en un point bas et à les évacuer vers un exutoire. Les talus de déblai, seront pentés à 3H/2V ($\approx 33^\circ/H$) en phase provisoire, pour une période d'ouverture n'excédant pas 1 semaine sans protection des intempéries,
- la réalisation des travaux de terrassement à l'abri des intempéries exclusivement. Dans le cas contraire, le chantier s'expose à des difficultés de traficabilité.

5.2. STABILITÉ ET PROTECTION DES TALUS

➤ **Pentes de terrassement**

La stabilité des talus de remblais et de déblais sera assurée, au grand glissement, par des pentes de 3H/2V (33°/H). Le projet ne prévoit pas des hauteurs de déblais ou de remblais supérieures à 1m.

Dans le substratum calcaire, la stabilité sera fonction du pendage du substratum et de sa fissuration. Pour un talus d'une hauteur supérieure à 2m, un avis pourra être donné par un géotechnicien lors de la phase suivi des travaux

➤ **Protections des talus**

Les talus situés dans des terrains meubles (frange superficielle) pourront être protégés par

- la disposition d'un polyane étanche, fiché dans le sol et lesté contre le vent,
- la végétalisation immédiatement après la fin des travaux.

5.3. DISPOSITIFS D'ASSAINISSEMENT ET DE DRAINAGE

➤ **En phase chantier ce sont ceux permettant :**

- la protection des talus et des plates-formes contre les ruissellements et les précipitations directes,
- la récupération du ruissellement et des eaux infiltrées sur des formes terrassées en forme de pente et drains au droit des fils d'eau, piqués sur les EP,
- la réalisation d'un fossé drainant de part et d'autre de la future voirie.

➤ **En phase définitive on veillera à :**

- drainer les formes de pente écartant le ruissellement des ouvrages en terre et à les orienter vers des zones de points bas avec récupération pour évacuation dans les réseaux EP.



6. **ETUDE VOIRIES LOURDES ET LEGERES**

6.1. **PRÉAMBULE**

Le projet consiste en la construction de voiries de circulation pour les futurs lots.

Le calage en altimétrie des voiries n'est pas connu et nous ferons l'hypothèse d'un profil rasant par rapport au terrain naturel (TN).

6.2. **PST – ARASE – COUCHE DE FORME**

L'arase sera constituée par la couche C2.

Cette arase peut être classée en PST3 AR2.

L'objectif de plate forme est fixé à PF2, c'est à dire à l'obtention d'un $EV2 > 50 \text{MPa}$ en partie supérieure de la couche de forme (compte tenu du classement de la PST/Arase, la mise en place d'une couche de réglage sera nécessaire)

L'épaisseur préconisée est la disposition d'une couche de réglage d'au moins 0,1m.

Des essais à la plaque pourront être réalisés pour vérifier ces hypothèses avec :

- $EV2 > 50 \text{MPa}$ après disposition de la couche de forme (0/31,5 mm D3 sur 0,1 m + géotextile).

6.3. **STRUCTURE DE CHAUSSÉE**

Le dimensionnement de la structure de la chaussée est fonction du trafic cumulé, de la portance du support, ainsi que de la qualité de la GNT.

Remarque: les structures de chaussée devront faire l'objet d'un dimensionnement (mission G2PRO) lorsque le projet aura été calé et les conditions d'utilisation confirmées (trafic à définir).

6.4. SUGGESTIONS DE RÉALISATION

- les terrassements sont à réaliser par temps sec et à l'abri des intempéries,
- prévoir la réalisation d'une piste de chantier,
- ne pas hésiter à purger toute zone molle ou d'apparence douteuse,
- interdire la circulation des engins sur les arases,

7. ALEAS SUBSISTANTS A L'ETUDE

Nous rappelons que nous n'avons pas pu effectuer des sondages à la pelle mécanique dû fait de contraintes archéologiques.

Il conviendra à l'entreprise de bien tenir compte de cet aléa qui pourra engendrer des surprofondeur de l'arase du fond de fouille dû à un approfondissement du toit du substratum dans son chiffrage.

Nous recommandons vivement de réaliser une campagne de sondages à la pelle mécanique afin de connaître les variation du toit rocheux et l'épaisseur de la frange superficielle.

Nous rappelons qu'en présence d'un contexte karstique, le risque de cavité ne peut être exclu. Nos investigations n'ont pas révélé d'anomalies, toutefois cette analyse est à compléter par la réalisation de sondages à la pelle mécanique.

☺ ☺ ☺ ☺

Notre mission se termine à la remise du présent rapport sauf demandes de renseignements complémentaires entrant dans le cadre de la présente mission.

Nous restons à la disposition de **MAMP**, et de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

Dressé par le chargé d'étude :

Geoffrey CADRAN



Vérifié par l'ingénieur soussigné :

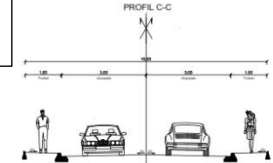
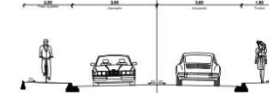
Alexandre GARDAS



ANNEXES

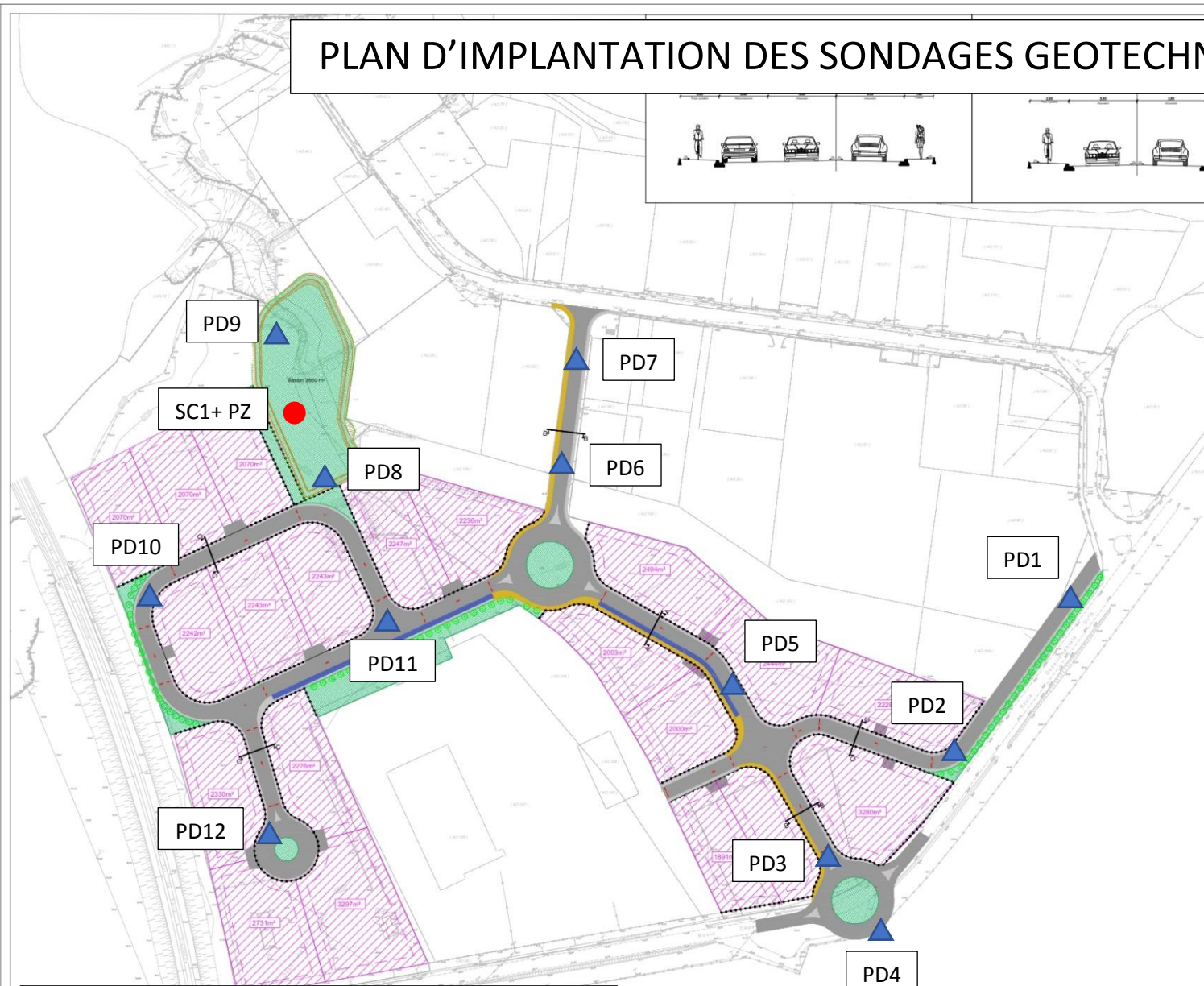
ANNEXE 1
Plan d'implantation des sondages et essais

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES GEOTECHNIQUES



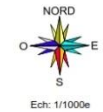
LEGENDE

- Voie
- Trottoir
- Piste cyclable
- Stationnement
- Parcelle
- Espace vert
- Clôtures
- Côte projet
- Pente projet



Légende :

- Sondage au pénétromètre dynamique lourd (PD)
- Sondage carotté (SC)



AGGLOPOLE PROVENCE

MAITRE D'OUVRAGE

AGGLOPOLE PROVENCE
 Service Marchés Publics
 281, bd du Maréchal Foch - BP 274
 13666 SALON DE PROVENCE

EXTENSION ZA - LES PLAINES SUD
Dossier AVP

Plan d'aménagement
Voie - Traitement de surface

Maîtrise d'oeuvre, Bureau d'études

TPI - Immeuble Le Balhazar, 2 quai d'Arenc - BP 60025 13202
 MARSEILLE Cedex 2 - France
 Tél. +33 4 91 23 77 50 Fax : +33 4 91 25 29 87

| | | | | | | | | | | |
|-----------|------------|--------|---------|----------------------------|---------------------------|---|-----|--|---------|---------|
| | | | | | | | | | | |
| B | 24/04/2016 | JR | RM | Ajout d'une piste cyclable | | | | | | 1/1000e |
| A | 26/02/2016 | JR | RM | PREMIERE DIFFUSION | | | | | | 1/1000e |
| INDICE | DATE | DESSIN | VERIFIE | APPROUVE | NATURE DE LA MODIFICATION | | | | ECHELLE | |
| IM 160011 | 1 | AVP | TS | VP | 01 | B | DWG | | | |

ANNEXE 2
Résultats des essais au pénétromètre lourd



HYDROGEOTECHNIQUE

**Metropole Aix Marseille Provence
Extension de la ZA des Plaines Sud
SAINT CHAMAS (13)**

Contrat: C.18.50204

Date début : 21/05/2019

Machine : HYDROFORE 200

Profondeur : 0,00 - 0,20 m

1/20

Pénétromètre : PD1

EXGTE 3.19/GTE

| Prof. (m) | Outil | Niveau d'eau | Nombre de coups | | qd MPa | | | | Commentaires | | |
|-----------|---------------------------|--------------|-----------------|----|-----------|-----|---|----|--------------|-----|---------------|
| | | | 0 | 50 | 100 | 0,1 | 1 | 10 | | 100 | |
| 0 | Pénétr omètre dynam | déteçté | | | | 500 | | | | | Refus à 0.2 m |



HYDROGEOTECHNIQUE

**Metropole Aix Marseille Provence
Extension de la ZA des Plaines Sud
SAINT CHAMAS (13)**

Contrat: C.18.50204

Date début : 21/05/2019

Machine : HYDROFORE 200

Profondeur : 0,00 - 0,40 m

1/20

Pénétromètre : PD3

EXGTE 3.19/GTE

| Prof. (m) | Outil | Niveau d'eau | Nombre de coups | | | qd MPa | | | | Commentaires | |
|-----------|--|----------------|-----------------|----|-----|-----------|---|----|-----|--------------|---------------|
| | | | 0 | 50 | 100 | 0,1 | 1 | 10 | 100 | | |
| 0 | Pénétromètre dynamique lourd époinette | niveau détecté | 17 | | | | | | | | |
| | | | | | | 500 | | | | | Refus à 0.4 m |



HYDROGEOTECHNIQUE

**Metropole Aix Marseille Provence
Extension de la ZA des Plaines Sud
SAINT CHAMAS (13)**

Contrat: C.18.50204

Date début : 21/05/2019

Machine : HYDROFORE 200

Profondeur : 0,00 - 0,40 m

1/20

Pénétromètre : PD4

EXGTE 3.19/GTE

| Prof. (m) | Outil | Niveau d'eau | Nombre de coups | | | qd MPa | | | | Commentaires | |
|-----------|--|----------------|-----------------|----|-----|-----------|---|----|-----|--------------|---------------|
| | | | 0 | 50 | 100 | 0,1 | 1 | 10 | 100 | | |
| 0 | Pénétromètre dynamique lourd époinette | niveau détecté | 25 | | | | | | | | |
| | | | | | 500 | | | | | | Refus à 0.4 m |



HYDROGÉOTECHNIQUE

**Metropole Aix Marseille Provence
Extension de la ZA des Plaines Sud
SAINT CHAMAS (13)**

Contrat: C.18.50204

Date début : 21/05/2019

Machine : HYDROFORE 200

Profondeur : 0,00 - 0,40 m

1/20

Pénétromètre : PD5

EXGTE 3.19/GTE

| Prof. (m) | Outil | Niveau d'eau | Nombre de coups | | | qd MPa | | | | Commentaires | |
|-----------|--|----------------|-----------------|----|-----|-----------|---|----|-----|--------------|---------------|
| | | | 0 | 50 | 100 | 0,1 | 1 | 10 | 100 | | |
| 0 | Pénétromètre dynamique lourd époinette | niveau détecté | 25 | | | | | | | | |
| | | | | | | 500 | | | | | Refus à 0.4 m |



HYDROGÉOTECHNIQUE

**Metropole Aix Marseille Provence
Extension de la ZA des Plaines Sud
SAINT CHAMAS (13)**

Contrat: C.18.50204

Date début : 21/05/2019

Machine : HYDROFORE 200

Profondeur : 0,00 - 0,20 m

1/20

Pénétromètre : PD6

EXGTE 3.19/GTE

| Prof. (m) | Outil | Niveau d'eau | Nombre de coups | | qd MPa | | | | Commentaires | | |
|-----------|----------------------|--------------|-----------------|----|-----------|-----|---|----|--------------|-----|---------------|
| | | | 0 | 50 | 100 | 0,1 | 1 | 10 | | 100 | |
| 0 | Pénétr. omètre dynam | déteçté | | | | 500 | | | | | Refus à 0.2 m |



HYDROGEOTECHNIQUE

**Metropole Aix Marseille Provence
Extension de la ZA des Plaines Sud
SAINT CHAMAS (13)**

Contrat: C.18.50204

Date début : 21/05/2019

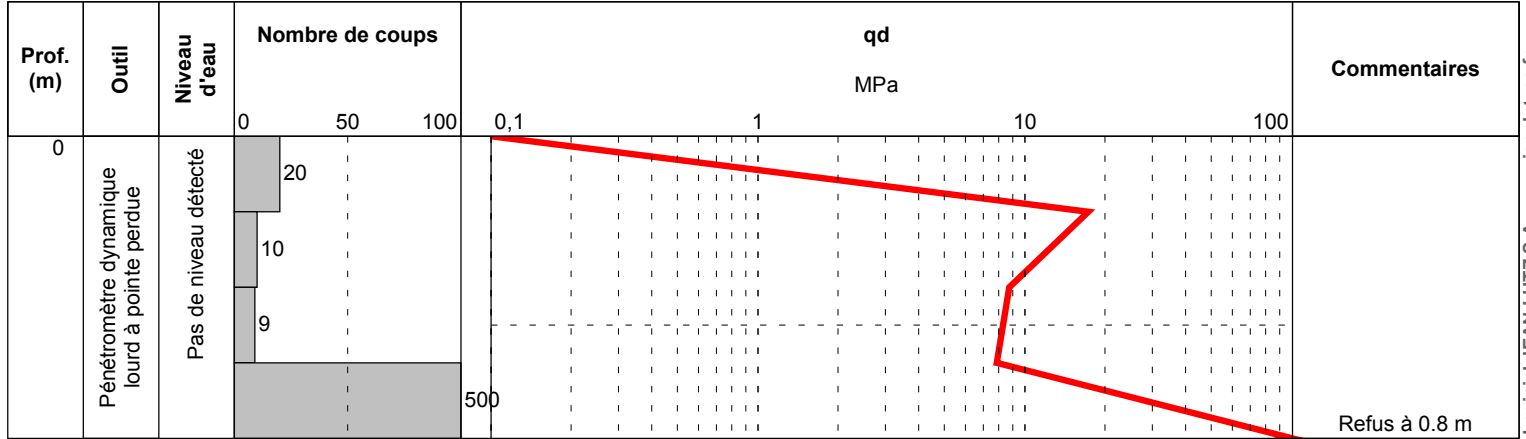
Machine : HYDROFORE 200

Profondeur : 0,00 - 0,80 m

1/20

Pénétromètre : PD7

EXGTE 3.19/GTE





HYDROGÉOTECHNIQUE

**Metropole Aix Marseille Provence
Extension de la ZA des Plaines Sud
SAINT CHAMAS (13)**

Contrat: C.18.50204

Date début : 21/05/2019

Machine : HYDROFORE 200

Profondeur : 0,00 - 0,20 m

1/20

Pénétromètre : PD9

EXGTE 3.19/GTE

| Prof. (m) | Outil | Niveau d'eau | Nombre de coups | | qd MPa | | | | Commentaires | | |
|-----------|----------------------|--------------|-----------------|----|-----------|-----|---|----|--------------|-----|---------------|
| | | | 0 | 50 | 100 | 0,1 | 1 | 10 | | 100 | |
| 0 | Pénétr. omètre dynam | déteçté | | | | 500 | | | | | Refus à 0.2 m |

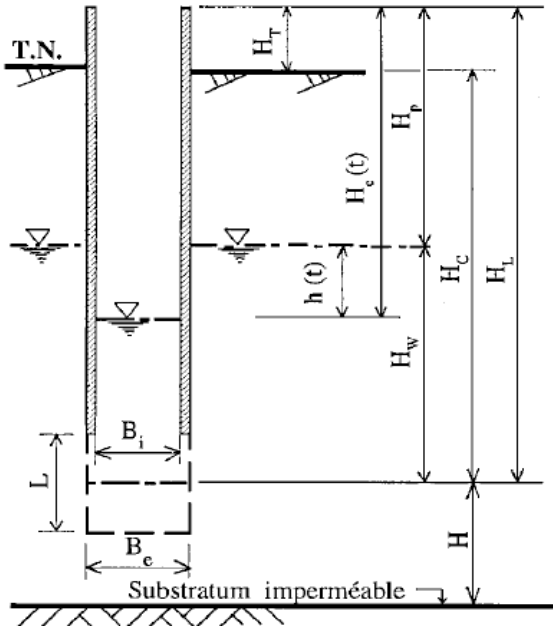
ANNEXE 3
Résultats des essais de perméabilité LEFRANC

Essai de perméabilité à l'eau dans un forage à ciel ouvert - NF EN ISO 22282-2
 Essai à charge variable
 Méthode de la courbe de vitesse



Référence de l'essai :

SC1



| | | | |
|------------|------------------------------------|--|--|
| Ville | SAINT CHAMAS (13) | | |
| Projet | Extension de la ZA des Plaines Sud | | |
| N° Dossier | C.18.50204 | | |
| Client | MAMP | | |
| Date | 04/02/2019 | | |

DONNÉES DU FORAGE

| | | | |
|-----------|-------|-----------|---|
| Prof. (m) | 1 | Eau Hp-Hr | * |
| Ø Be (m) | 0,116 | Cote NGF | - |

DONNÉES DE L'ÉQUIPEMENT DE L'ESSAI

| | | | |
|------------|-----|--------|------|
| Hr (m) | 0,2 | Bi (m) | 0,09 |
| t sat. (h) | 0,5 | Hc (m) | 1,4 |

DONNÉES DE LA POCHÉ D'ESSAI

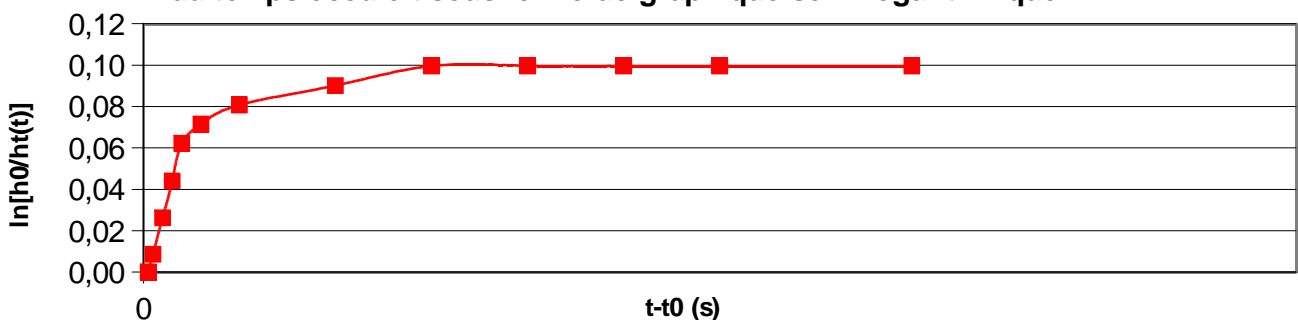
| | | | |
|-----------|-----------------------|-------|-----|
| sol testé | Calcaire +/- fracturé | | |
| Be (m) | 0,116 | L (m) | 0,8 |

FORME DE LA CAVITÉ

| | | | |
|------|-------------|-----------|------|
| Type | cylindrique | Facteur F | 1,91 |
|------|-------------|-----------|------|

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| t (min) | 0,25 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 3 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 |
| He (m) | 0,04 | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,16 |
| charge (m) | 1,16 | 1,15 | 1,13 | 1,11 | 1,09 | 1,08 | 1,07 | 1,06 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,04 |
| t (min) | 60 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| He (m) | 0,17 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| charge (m) | 1,03 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |

Représentation de la variation de la charge h(t) en fonction du temps écoulé t sous forme de graphique semi-logarithmique



RÉSULTATS DE L'ESSAI DE PERMÉABILITÉ

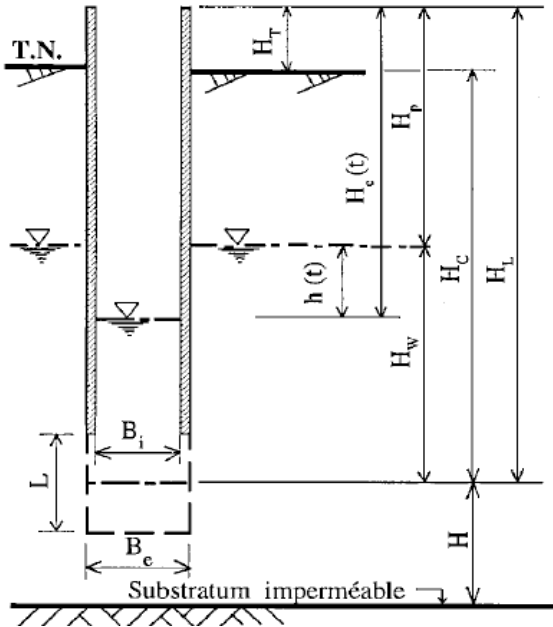
| | | |
|---|---|---|
| Par convention, l'équation relative aux essais à charge variable dans un trou de forage en tube ouvert est : | $\ln \left[\frac{h_0}{h(t)} \right] = \frac{k \cdot F (t - t_0)}{S}$ | avec : h : charge hydraulique S : Section intérieure tubage F : Facteur de forme |
| Le tracé de ln(h ₀ /h(t)) en fonction du temps écoulé donne une droite dont la pente α = k.F/S. k est calculé directement à partir de l'équation : | $k = \alpha \cdot S / F$ | k (m/s) |
| | | 2,82E-07 |

Essai de perméabilité à l'eau dans un forage à ciel ouvert - NF EN ISO 22282-2
 Essai à charge variable
 Méthode de la courbe de vitesse



Référence de l'essai :

SC1



| | | | |
|------------|------------------------------------|--|--|
| Ville | SAINT CHAMAS (13) | | |
| Projet | Extension de la ZA des Plaines Sud | | |
| N° Dossier | C.18.50204 | | |
| Client | MAMP | | |
| Date | 04/02/2019 | | |

DONNÉES DU FORAGE

| | | | |
|-----------|-------|-----------|---|
| Prof. (m) | 4 | Eau Hp-Hr | * |
| Ø Be (m) | 0,116 | Cote NGF | - |

DONNÉES DE L'ÉQUIPEMENT DE L'ESSAI

| | | | |
|------------|-----|--------|------|
| Hr (m) | 0 | Bi (m) | 0,09 |
| t sat. (h) | 0,5 | Hc (m) | 4,5 |

DONNÉES DE LA POCHÉ D'ESSAI

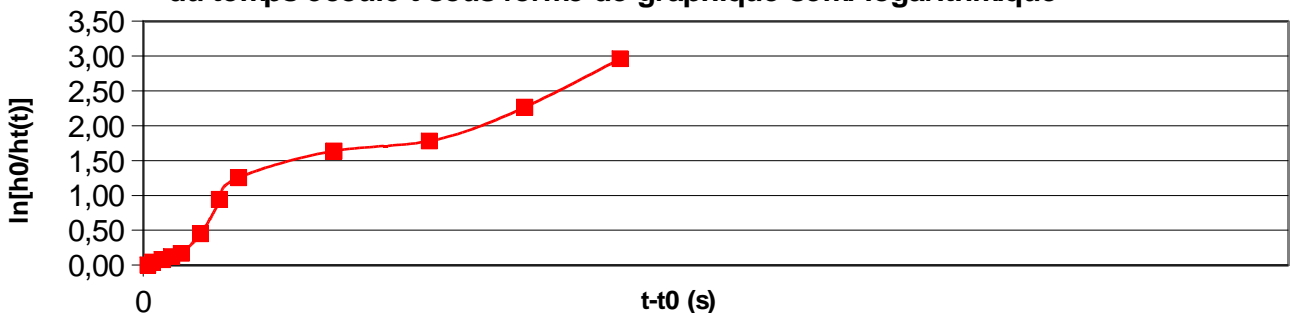
| | | | |
|-----------|-----------------------|-------|---|
| sol testé | Calcaire +/- fracturé | | |
| Be (m) | 0,116 | L (m) | 1 |

FORME DE LA CAVITÉ

| | | | |
|------|-------------|-----------|------|
| Type | cylindrique | Facteur F | 2,20 |
|------|-------------|-----------|------|

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|-----|------|------|-----|-----|------|------|-----|-----|---|---|
| t (min) | 0,25 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | * | * |
| He (m) | 0,15 | 0,31 | 0,44 | 0,6 | 0,75 | 1,55 | 2,5 | 2,9 | 3,25 | 3,35 | 3,6 | 3,8 | * | * |
| charge (m) | 3,85 | 3,69 | 3,56 | 3,4 | 3,25 | 2,45 | 1,5 | 1,1 | 0,75 | 0,65 | 0,4 | 0,2 | * | * |
| t (min) | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| He (m) | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| charge (m) | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |

Représentation de la variation de la charge h(t) en fonction du temps écoulé t sous forme de graphique semi-logarithmique



RÉSULTATS DE L'ESSAI DE PERMÉABILITÉ

| | | |
|--|---|---|
| Par convention, l'équation relative aux essais à charge variable dans un trou de forage en tube ouvert est : | $\ln \left[\frac{h_0}{h(t)} \right] = \frac{k \cdot F (t - t_0)}{S}$ | avec : h : charge hydraulique S : Section intérieure tubage F : Facteur de forme |
| Le tracé de ln(ho/h(t)) en fonction du temps écoulé donne une droite dont la pente $\alpha = k \cdot F / S$. k est calculé directement à partir de l'équation : | $k = \alpha \cdot S / F$ | k (m/s) |
| | | 6,26E-06 |

ANNEXE 4

Coupe du sondage carotté + planche photographique associée



HYDROGÉOTECHNIQUE

Métropole Aix Marseille Provence
 Extension de la ZA des Plaines Sud
SAINT CHAMAS (13)

Contrat C.18.50204

Date début : 04/02/2019

Machine : H750

Profondeur : 0,00 - 9,00 m

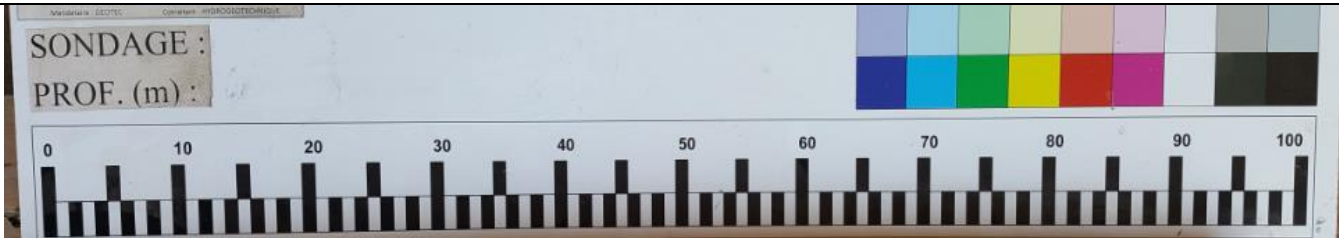
1/50

Forage : SC1

EXGTE 3.19/GTE

| Prof (m) | Lithologie | Formation géologique | Eau | Tubage | Équipement forage | Outil | Récupération % | RQD | |
|----------|--|------------------------------|----------------|--------|-------------------|----------------------------|----------------|-----|----|
| 0 | Limon marron à graviers | Formation du Barrémien (n4U) | Forage à l'eau | Néant | Néant | Carottier rotatif Ø 116 mm | 100 | | |
| 0,25 | Calcaire déstructuré tendre blanc avec blocs Ø max 8 cm | | | | | | 100 | 1 | |
| 1 | Calcaire fragmenté | | | | | | 100 | 0 | |
| 2 | | | | | | | 100 | 2 | 58 |
| 3 | | | | | | | 100 | 3 | 20 |
| 4 | Calcaire à veine de calcite | | | | | | 100 | 4 | 40 |
| 5 | | | | | | | 100 | 5 | 0 |
| 6 | | | | | | | 100 | 6 | 35 |
| 7 | | | | | | | 100 | 7 | 90 |
| 8 | Calcaire à grosses vacuoles remplies de calcite (vacuole centimétrique à décimétrique) | 100 | 8 | 90 | | | | | |
| 9 | | 100 | 9 | 90 | | | | | |

SC1 (0 – 9 m)





ANNEXE 5
Missions géotechniques

Classification des missions types d'ingénierie géotechnique
(NF P 94-500 novembre 2013)

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisnants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).