




# Réhabilitation et extension du site ENSM

**MARSEILLE (13008)**

## MISSION G2PRO ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION PHASE PROJET

RAPPORT N° : **G2PRO/5912/22**

Version	Nom	Fonction	Date	Visa
Rédacteur	P. CHAUHAN	Ingénieur Géotechnicien	15/03/23	
Vérificateur	R. BETTON	Directeur	16/03/23	

Indice	Objet de la modification	Date
0	Création du document	15/03/23
A	Descente de charges mis à jour	17/03/23

### ECOLE NATIONALE SUPERIEURE MARITIME (ENSM)

39 Av. du Corail  
13008 Marseille



### FACONEO

165 Av. du Marin Blanc  
13400 Aubagne





# SOMMAIRE

<b>1. Introduction .....</b>	<b>4</b>
1.1. But de l'étude .....	4
1.2. Documents utilisés .....	5
1.3. Limites de l'étude .....	5
1.4. Description du projet .....	6
1.5. Références techniques.....	7
1.6. Moyens mis en œuvre.....	7
1.7. Contexte général.....	8
1.7.1. Géologie.....	8
1.7.2. Risques naturels .....	8
<b>2. Rappel des résultats des investigations de la mission G2AVP/PRO.....</b>	<b>12</b>
2.1. Programme de sondages et essais géotechniques .....	12
2.2. Résultats des reconnaissances géotechniques .....	13
2.2.1. Synthèse des sondages pressiométriques .....	13
2.2.2. Synthèse des essais pénétrométriques .....	17
2.2.3. Résultats des essais de laboratoire.....	17
2.2.4. Description des sols traversés.....	18
2.2.5. Fouilles de reconnaissance des fondations existantes .....	19
<b>3. Dimensionnement des fondations .....</b>	<b>20</b>
3.1. Présentation du projet .....	20
3.2. Méthode générale de justification des fondations .....	20
3.3. Zone extension (Bâtiment F) .....	21



---

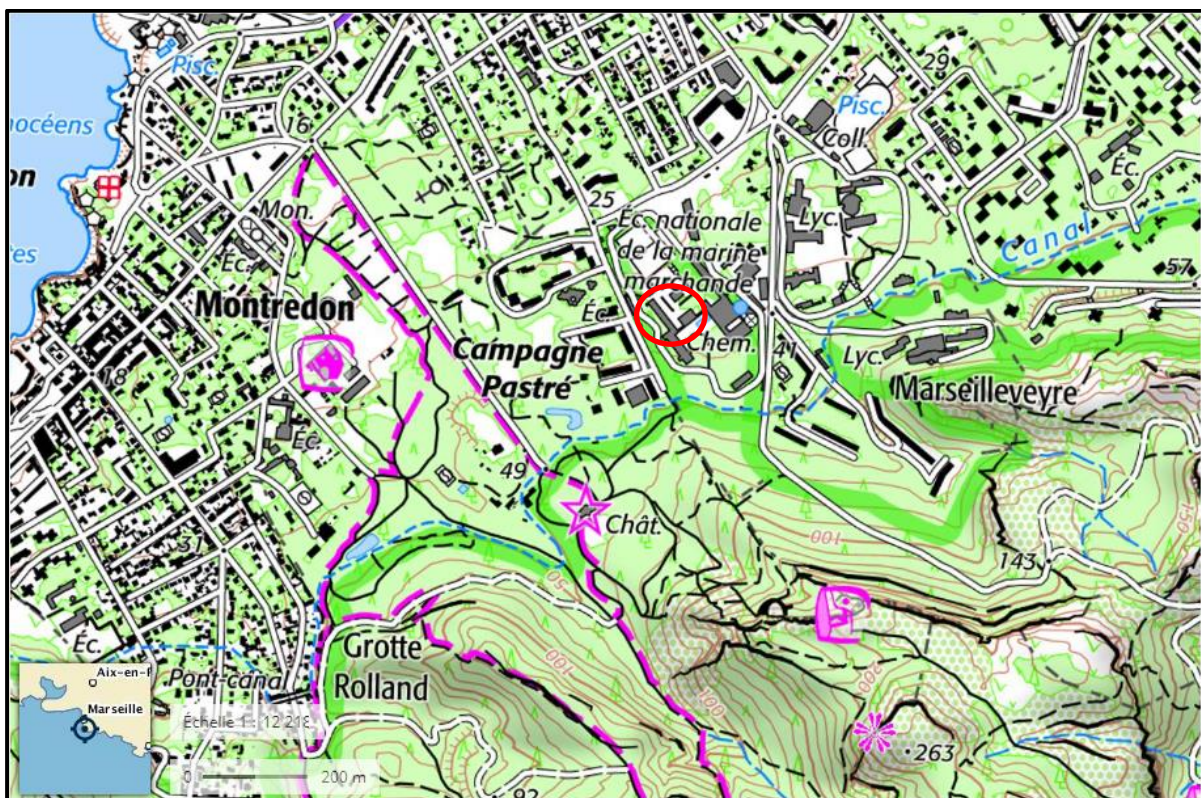
3.3.1.	Paramètres d'entrée pour le calcul des fondations .....	21
3.3.2.	Synthèse de dimensionnement .....	24
3.4.	Zone Ascenseur (Bâtiment B) .....	26
3.4.1.	Solution : fondations superficielles de type radier .....	26
3.4.2.	Détermination des modules de déformations des sols ES .....	26
<b>4.</b>	<b>Principes généraux d'adaptation du projet au site .....</b>	<b>28</b>
4.1.	Dispositions constructives générales.....	28
4.2.	Contraintes spécifiques au site.....	30
4.2.1.	Risque sismique.....	30
4.2.2.	Tassement différentiel .....	32
4.3.	Structure sous dallage.....	32
4.3.1.	Généralités.....	32
4.3.2.	Sujétions d'exécution .....	34
4.3.3.	Contrôles.....	35
<b>5.</b>	<b>Réalisation des terrassements.....</b>	<b>36</b>
5.1.	Généralités.....	36
5.2.	Réemploi des matériaux du site en remblais .....	36
	<b>OBSERVATIONS IMPORTANTES .....</b>	<b>40</b>

## 1. Introduction

### 1.1. But de l'étude

Le bureau d'études GIA Ingénierie est intervenu du 15 au 17 Novembre 2022 à la demande de l'école d'ingénieur ENSM, afin de réaliser une étude de sol de conception dans le cadre du projet de réhabilitation et extension du site ENSM à Marseille.

Le présent rapport s'insère dans le cadre d'une mission géotechnique de conception (Mission G2 phase projet au sens de la norme NF P 94-500). Il indique les principales caractéristiques géotechniques du sol à la date de l'étude (Novembre 2022), la faisabilité du projet avec les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade projet, fournir des dimensionnement des ouvrages géotechniques (fondations superficielles et radier) et les principes généraux de construction.



Cette étude a été réalisée en fonction des plans, descentes de charges et indications fournis par le BET EGE. Elle devra impérativement être complétée par une étude et un suivi géotechnique d'exécution (G3) avec supervision géotechnique (G4), en plus d'éventuelles missions spécifiques de diagnostic (G5).



#### 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.

##### Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées 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 avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

**Extrait de la NF P 94-500 du 30 novembre 2013 – Mission G2PRO**

## 1.2. Documents utilisés

Notre rapport utilise les seuls documents de référence suivants :

Document	Emetteur	Date du document
Cahier des charges Réhabilitation de l'école nationale supérieure maritime	ENSM	05/07/22
Rapport G5/G2AVP-Réhabilitation ENSM Marseille	GIA INGENIERIE	20/12/22
230113- APD Axiolis -V2 - ENSM	AXIOLIS	09/01/23
Descente de charge (Extension Bâtiment F)	AXIOLIS	14/03/23

## 1.3. Limites de l'étude

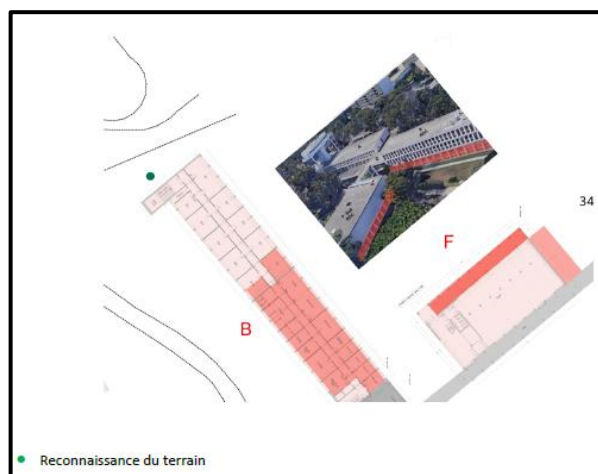
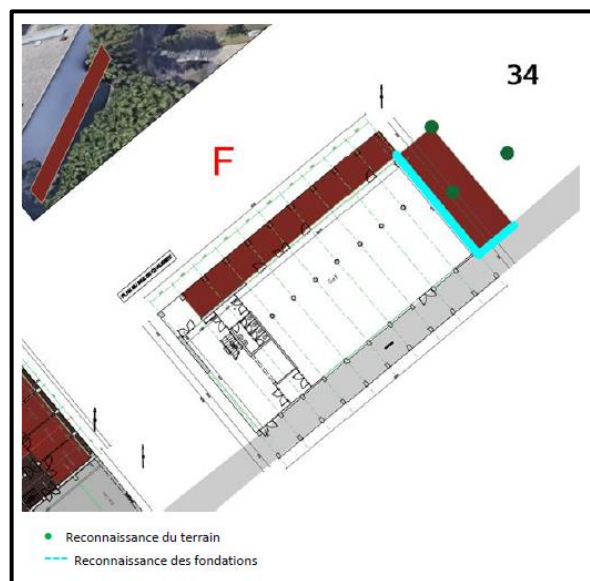
- La présente étude est strictement géotechnique et, est limitée au projet défini au moment de l'établissement de notre proposition,
- Les conclusions du présent rapport sont liées à l'ensemble des documents transmis. Toute modification du projet ou additif réalisé devra nous être indiqué, ces changements pouvant avoir des incidences sur les conclusions de notre rapport,
- Compte tenu de l'évolutivité possible des sols dans le temps, le présent rapport n'est valable que trois ans à compter de son rendu définitif au Maître d'Ouvrage. Passé ce délai, il ne pourra plus être utilisé sans l'accord écrit de GIA Ingénierie.

## 1.4. Description du projet

Le projet s'insère dans le cadre de la restructuration et le réaménagement de 4 bâtiments d'enseignement ainsi que la réhabilitation du restaurant existant et l'extension de la salle de restauration du site ENSM à Marseille. D'après le cahier des charges, cette mission porte sur la réalisation d'études géotechniques pour :

- Au RDC du bâtiment F, aménagement et extension de la salle de restauration et de la cuisine, ainsi que la création d'une extension attenante à la salle de restauration.
- Implantation d'un l'ascenseur à proximité du bâtiment B pour rendre tous les étages du bâtiment accessible aux PMR.

Les plans de localisation sont présentés ci-dessous :



## 1.5. Références techniques

### Ingénierie :

- NF P.94-500 du 30/11/13 : Missions d'ingénierie géotechnique : Classification et spécifications,
- Norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – NF P 94-261 – Justification des ouvrages géotechniques – Fondations superficielles,
- Réalisation des Remblais et Couche de Forme » – SETRA – LCPC.

### In-situ :

- XP P 94-202 – « Prélèvement des sols et des roches – Méthodologie et procédure »,
- NF EN ISO 22476-4 (Mai 2015) – « Essai pressiométrique Ménard »,
- NF EN ISO 22476-2 – « Sondage au pénétromètre dynamique lourd ».

### En laboratoire :

- NF P 94-050 – « Détermination de la teneur en eau pondérale des matériaux – méthode par étuvage »,
- NF P 94-068 – « Mesure de la capacité d'adsorption de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériau rocheux – par essai à la tâche »,
- NF P 94-056 – « Analyse granulométrique – par tamisage à sec après lavage ».

## 1.6. Moyens mis en œuvre

L'intervention de GIA Ingénierie a consisté dans la phase G2AVP en une visite de terrain et une campagne de reconnaissance de sol qui comportait :

### In-situ :

- 3 sondage destructif à 8 m de profondeur avec 6 essais pressiométriques chacun,
- 2 essais au pénétromètre dynamique à -6 m (ou au refus).
- 3 fouilles de reconnaissance manuelle de fondations.

### Au laboratoire :

- Description visuelle et au toucher,
- 3 mesures de la teneur en eau,
- 3 mesures de la valeur au bleu (VBS),
- 3 analyses granulométriques par tamisage à sec après lavage,

Les coupes de sondages pressiométriques et les coupes lithologiques sont établies avec le logiciel Geolog v4 et LUTZ et figurent en annexe du présent rapport.

## 1.7. Contexte général

La consultation des documents suivants a permis de compléter l'étude de sol :

- Carte géologique au 1/50000<sup>ème</sup> et banque de données de sondage,
- Atlas des risques et base de données du sous-sol du BRGM,

### 1.7.1. Géologie

D'après la carte géologique (feuille de AUBAGNE-MARSEILLE n°1044), le substratum sous la zone d'étude est représenté par des formations de Cônes torrentiels wurmiens (notation « Py »).

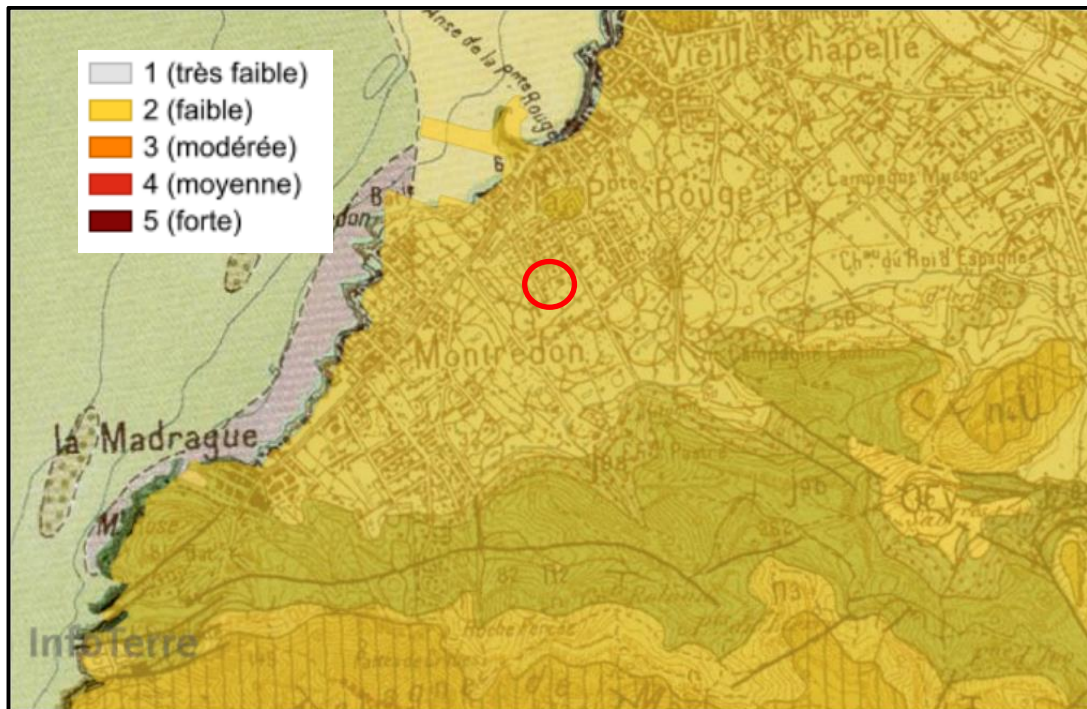


**Carte géologique au 1/50000<sup>ème</sup> / source : InforTerre.brgm.fr**

### 1.7.2. Risques naturels

La carte du zonage sismique de la France indique que le site étudié se trouve en zone 2 - zone de sismicité faible (pas de dispositions constructives parasismiques obligatoires pour les habitations individuelles).





Détail des risques majeurs recensés sur la commune :

- INONDATION : **risque existant**
- RISQUES COTIERS : **risque existant**
- SEISME : **zone 2 risque faible**
- MOUVEMENT DE TERRAIN : **risque existant**
- RETRAIT GONFLEMENT DES ARGILES : **risque existant modéré**
- FEU DE FORET : **risque existant**
- RADON : **risque existant faible**

(Source « Les Risques Près de Chez Moi » Géorisques)

Des **arrêtés de catastrophes naturelles** ont été pris ces dernières années sur la commune de MARSEILLE.

A l'heure actuelle, pour la commune de Marseille, sont concernés :

- ▶ **L'arrêté ministériel du 19 septembre 2022** – paru au Journal Officiel du 12 octobre 2022 – portant reconnaissance, pour Marseille, de l'état de catastrophe naturelle pour les **dommages causés par les inondations et coulées de boue lors des intempéries du 17 août 2022**.
- ▶ **L'arrêté ministériel du 15 octobre 2021** – paru au Journal Officiel du 17 octobre 2021 – portant reconnaissance, pour Marseille, de l'état de catastrophe naturelle pour les **dommages causés par les inondations et coulées de boues pour la période du 3 au 5 octobre 2021**.

Les arrêtés de catastrophe naturelle depuis 2008 :

- ▶ **L'arrêté interministériel du 28 juillet 2020** sorti au Journal Officiel du 03/09/20 qui reconnaît Marseille en état de catastrophe naturelle pour les dommages causés par les mouvements de terrains différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols pour la période du 1er juillet 2019 au 30 septembre 2019.
- ▶ **L'arrêté interministériel du 10 novembre 2009** portant reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre des inondations et des coulées de boue du 16 septembre.
- ▶ **L'arrêté interministériel du 16 octobre 2009** portant reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre des mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols de janvier à mars 2008.

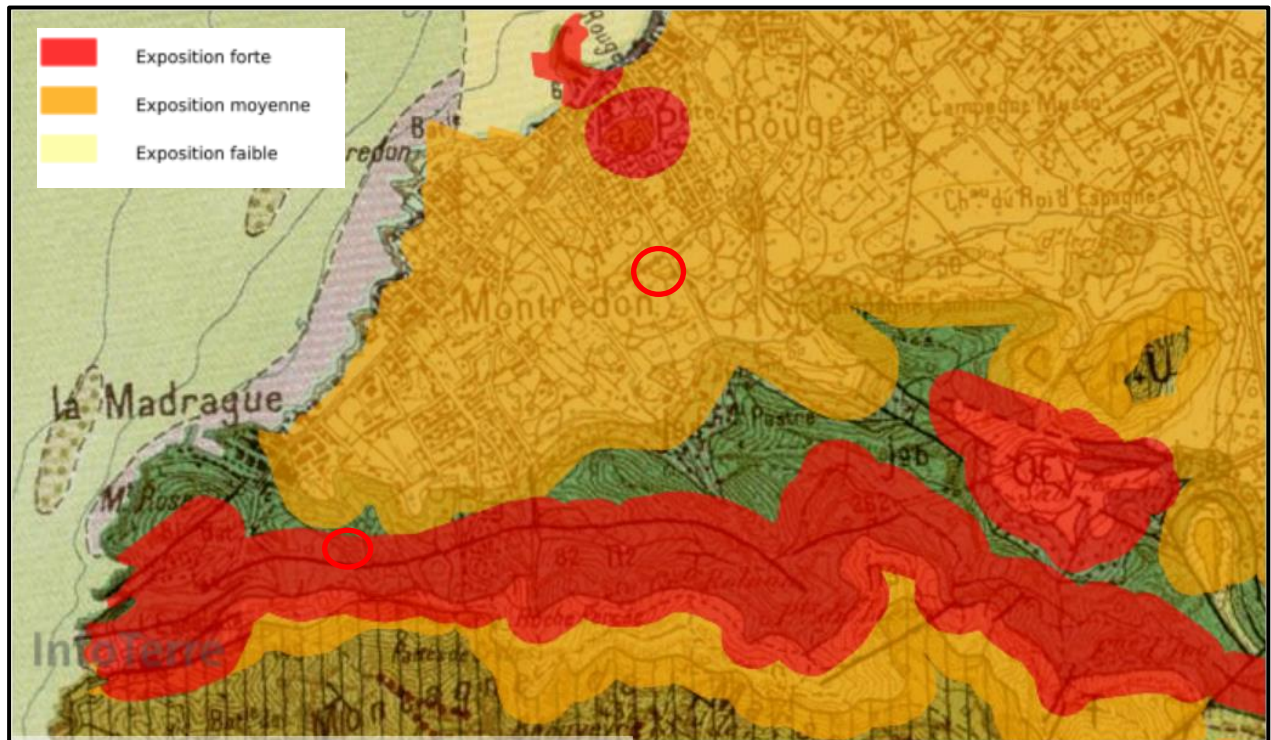
- ▶ **L'arrêté interministériel du 17 avril 2009** qui reconnaît Marseille en état de catastrophe naturelle au titre des inondations et coulées de boue du 14 décembre 2008.
- ▶ **L'arrêté interministériel du 11 juin 2008** qui reconnaît Marseille en état de catastrophe naturelle pour les dommages causés par les mouvements de terrains différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols pour la période de janvier à mars 2006, de janvier à mars 2005 et de janvier à mars 2004
- ▶ **L'arrêté interministériel du 7 août 2008** qui reconnaît Marseille en état de catastrophe naturelle pour les dommages causés par les mouvements de terrains différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols pour la période de janvier à mars 2007 et de juillet à septembre 2007.

**Extrait « L'état de catastrophe naturelle » (source [www.marseille.fr](http://www.marseille.fr))**

Historique des inondations dans ma commune : 26		
Libellé	Début le	Sur le journal officiel du
Inondations et/ou Coulées de Boue	03/10/2021	17/10/2021
Inondations et/ou Coulées de Boue	22/10/2019	31/10/2019
Inondations et/ou Coulées de Boue	10/11/2012	28/02/2013
Inondations et/ou Coulées de Boue	26/10/2012	28/02/2013

**Extrait « Les Risques Près de Chez Moi » (source [Géorisques](http://Géorisques))**

La carte d'aléa retrait-gonflement du BRGM place le terrain dans une zone d'aléa **moyenne**.



**Carte d'exposition au phénomène de retrait-gonflement des argiles**  
source : [infoterre.brgm.fr](http://infoterre.brgm.fr)

## 2. Rappel des résultats des investigations de la mission G2AVP/PRO

### 2.1. Programme de sondages et essais géotechniques

La position des reconnaissances et essais in-situ est donnée en annexe avec les coupes, comptes rendus et fiches de résultats détaillés.

Notre proposition d'implantation des sondages a consisté en :

#### In situ :

- L'implantation des points de sondages,
- La réalisation de 3 sondages destructifs de 8 m de profondeur noté de SP1 à SP3 avec 6 essais pressiométriques chacun (**du 15 à 17 Novembre 2022**) :
  - Zone extension (Bâtiment F) – SP1 et SP2
  - Zone Ascenseur (Bâtiment B) – SP3
- La réalisation de 2 essais au pénétromètre dynamique à -6 m (ou au refus) notés de P1 à P3 (Zone extension Bâtiment F) (**15 Novembre 2022**).
- La réalisation de 3 fouilles de reconnaissance manuelle de fondations (**du 15 à 17 Novembre 2022**) :
  - Zone extension (Bâtiment F) – F1 et F2
  - Zone Ascenseur (Bâtiment B) – SP3

#### Au laboratoire :

Des échantillons de sols ont été prélevés au droit de SP1, F1 et F2 afin de réaliser des essais au laboratoire. Le programme de l'ensemble des essais d'identification est détaillé dans le tableau suivant :

Sondage	ER/EI	Nature*	Profondeur (m)	Essais d'identification						Essais mécaniques	
				GR	Séd	w%	VBS/LA	$\gamma$	$\gamma_s$	C, $\phi$	Oedo
SP1	ER	Calcaire fortement altéré blanc	2.50 – 3.50	X		X	X				
F1	ER	Limon sablo-graveleux marron avec quelques blocs, humide	1.60	X		X	X				
F2	ER	Limon sablo-graveleux marron avec quelques blocs	1.60	X		X	X				

\*Description selon résultats des essais de laboratoire



**Nota :**

**EI** : Echantillon Intact

**ER** : Echantillon Remanié

**GR** : Analyse granulométrique / NF P 94-056

**Y<sub>s</sub>** : Poids spécifiques des grains solides / NF P 94-054

**w** : Teneur en eau des matériaux / NF P 94-050

**VBS** : Valeur de bleu de méthylène / NF P94-068

**LA** : Limites d'Atterberg / NF P 94-051

**C,  $\phi$**  : Essai de cisaillement rectiligne à la boîte / NF P 94-071-1

**Oedo** : Essai œdométrique / XP P 94-090-1

## **2.2. Résultats des reconnaissances géotechniques**

### **2.2.1. Synthèse des sondages pressiométriques**

#### **2.2.1.1. Résultats des essais pressiométriques**

Les investigations ont été poussées jusqu'à 8 m de profondeur en SP1 à SP3.

Les épaisseurs des couches décrites ci-après sont exprimées par rapport à la tête du forage correspondant au niveau du terrain au moment du forage.

Les résultats des essais pressiométriques donnent les grandeurs représentatives des caractéristiques mécaniques suivantes :

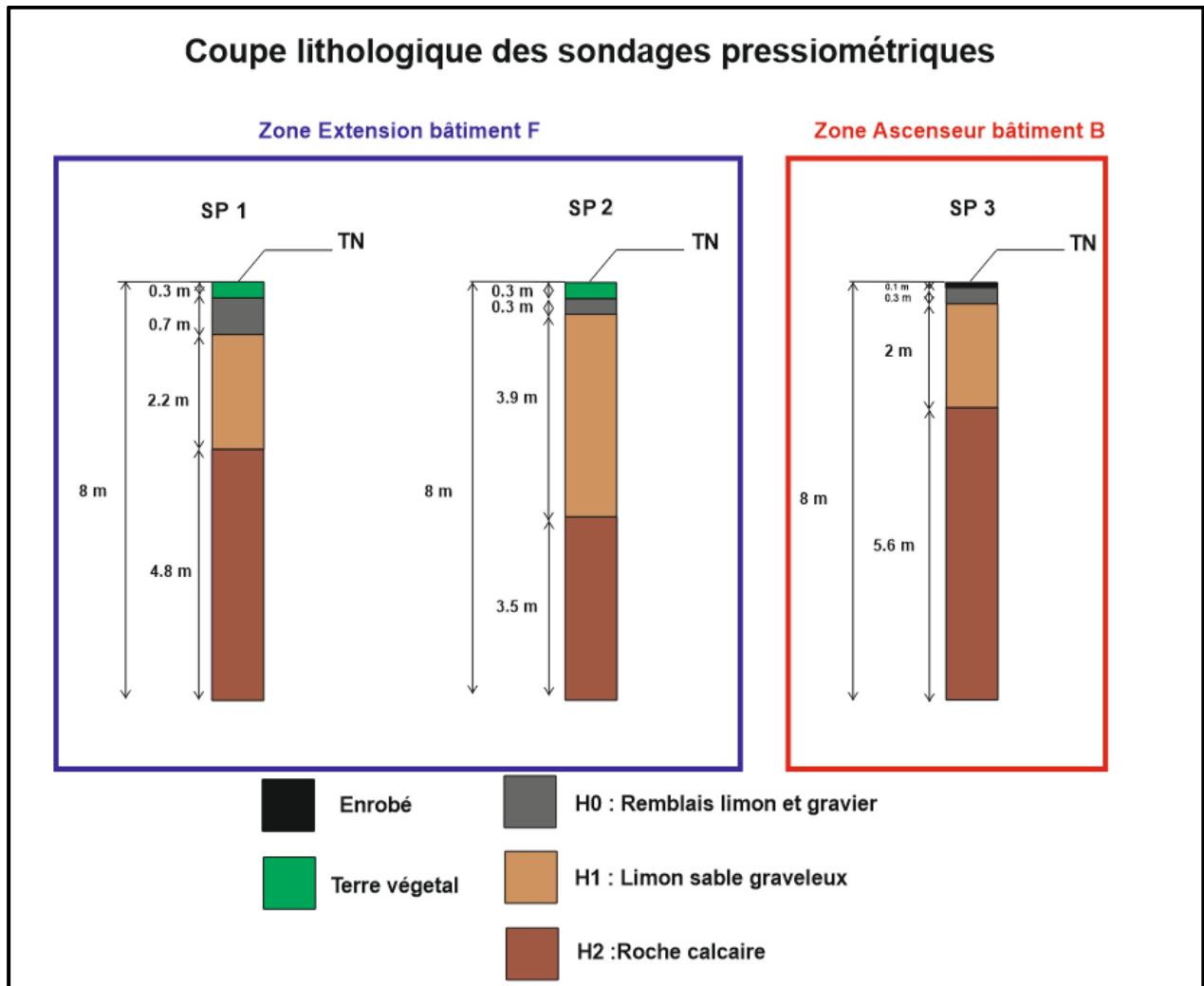
- Le Module de Déformation Pressiométrique  $E_M$  (MPa),
- La Pression Limite nette Pressiométrique  $PI^*$  (MPa),
- La Pression de Fluage nette  $Pf^*$  (MPa).

Les coupes de terrain, les courbes représentatives de la variation des caractéristiques pressiométriques ( **$E_M$ ,  $Pf^*$  et  $PI^*$** ) figurent en annexe du présent rapport.

Les sondages pressiométriques ont permis d'établir la coupe lithologique suivante :



## Coupe lithologique des sondages pressiométriques



Les tableaux suivants récapitulent les caractéristiques mécaniques obtenues suite aux sondages destructifs avec essais pressiométriques.

- Zone extension (Bâtiment F)

Sondage	Nature du sol	Profondeur (m/TN)	PI* (MPa)			E <sub>M</sub> (MPa)			α
			PI* <sub>min</sub>	PI* <sub>max</sub>	PI* <sub>(MG)</sub>	E <sub>Mmin</sub>	E <sub>Mmax</sub>	E <sub>M(MH)</sub>	
SP1	Terre végétal	0.00 – 0.30							
	Remblais tuiles, cailloux, limon et gravier	0.30 – 1.00							
	Limon sablo-graveleux	1.00 – 1.50	1.52	1.52	1.52	15.4	15.4	15.4	1/2
	Limon sablo-graveleux et calcaire fortement altéré	1.50 – 3.20							
	Roche calcaire blanche	3.20 – 8.00	>2.42	>2.44	>2.43	938	3503	1107	2/3



Sondage	Nature du sol	Profondeur (m/TN)	PI* (MPa)			E <sub>M</sub> (MPa)			α
			PI* <sub>min</sub>	PI* <sub>max</sub>	PI* <sub>(MG)</sub>	E <sub>Mmin</sub>	E <sub>Mmax</sub>	E <sub>M(MH)</sub>	
SP2	Terre végétal et remblais	0.00 – 0.60							
	Limon sablo-graveleux et cailloux	0.60 – 4.50	>0.33	1.63	0.63	5.2	12.6	7.60	1/2
	Roche calcaire blanche	4.50 – 8.00							

- Zone Ascenseur (Bâtiment B)

Sondage	Nature du sol	Profondeur (m/TN)	PI* (MPa)			E <sub>M</sub> (MPa)			α
			PI* <sub>min</sub>	PI* <sub>max</sub>	PI*(MG)	E <sub>Mmin</sub>	E <sub>Mmax</sub>	E <sub>M(MH)</sub>	
SP3	Enrobé et sable et gravier	0.00 – 0.40							
	Limon sablo-graveleux	0.40 – 2.40	1.20	1.65	1.40	13.3	21.2	16.34	1/2
	Roche Calcaire et alternance argile calcaire	2.40 – 8.00	>2.43	>2.46	>2.44	154.8	467	250.7	2/3

Avec : α est le coefficient rhéologique,

MG : moyenne géométrique,

MH : moyenne harmonique.

#### 2.2.1.2. Taux de travail admissible par la méthode pressiométrique

Au vu des sondages pressiométriques réalisés dans la zone d'étude, les formations identifiées présentent les caractéristiques mécaniques suivantes :

Horizon	Formation	Profondeur (m/TN)	Nombre d'essais pressiométriques réalisés
H1	Limon sablo-graveleux	0.0 – 1.5/4.5	5
H2	Roche Calcaire	2.4/4.5 – 8	8

La capacité portance admissible obtenue à partir des essais pressiométriques est donnée par la formule suivante :

$$q_{net} = k_p p_{le}^* i_{\delta} i_{\beta}$$

La contrainte verticale totale  $q_0$  due au poids actuel du sol au niveau de la fondation a été négligée.



Avec :

- $k_p$  est le facteur de portance pressiométrique associé au type de sol et à la géométrie des fondations,
- $p_{le}^*$  est la pression limite nette équivalente,
- $i_\delta$  est le coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement,
- $i_\beta$  est le coefficient de réduction de portance lié à la proximité d'un talus de pente  $\beta$ .

La contrainte ultime nette non minorée par les coefficients  $i_\delta i_\beta$  est donnée par :

- **Limon sablo-graveleux (H1) :**

$$q_{net} = 504 \text{ kPa.}$$

- **Roche calcaire (H1) :**

$$q_{net} = 1920 \text{ kPa.}$$

Avec :  $p_{le}^* = 630 \text{ kPa}$  et  $k_p = 0,8$  pour H1,

et  $p_{le}^* = 2400 \text{ kPa}$  et  $k_p = 0,8$  pour H2.

Nous pouvons donc retenir les contraintes admissibles suivantes :

$$q_{adm} = \frac{q_{net}}{F}$$

Avec :  $F$  s'exprime comme la combinaison d'un facteur partiel de résistance  $\gamma_{R,v}$  et d'un coefficient de modèle  $\gamma_{R,d}$ , ce facteur de sécurité prend les valeurs suivantes :

- **$F = 1,2 \times 2,3 = 2,76$**  à l'ELS permanent et caractéristique,
- **$F = 1,2 \times 1,4 = 1,68$**  à l'ELU durables et transitoires.

Par conséquent :

- **Limon sablo-graveleux (H1) :**

- $Q_{adm(ELS)} = 182 \text{ kPa,}$
- $Q_{adm(ELU)} = 300 \text{ kPa.}$

- **Roche calcaire (H2) :**

- $Q_{adm(ELS)} = 695 \text{ kPa,}$
- $Q_{adm(ELU)} = 1142 \text{ kPa.}$





### 2.2.2. Synthèse des essais pénétrométriques

Réalisés à l'angle sud-est du bâtiment F, les essais au pénétromètre P1 et P1bis montrent des caractéristiques mécaniques faibles à médiocres ( $Q_d < 5$  MPa soit  $Q_{d\text{approx}} < 0.25$  MPa) jusqu'à  $\pm 0.2$  m et puis augmentant rapidement vers des valeurs **très bonnes** ( $Q_d > 10$  MPa soit  $Q_{d\text{approx}} > 0.5$  MPa) en dessous jusqu'au 1 m de profondeur. Elles deviennent **médiocres à correcte** ( $4 < Q_d < 7$  MPa soit  $0.20 < Q_{d\text{approx}} < 0.35$  MPa) entre  $\pm 1.00$  m et  $\pm 1.4$  m avant refus net à 1.6 m.

L'essai au pénétromètre P2 réalisé à côté nord du bâtiment F montrent des caractéristiques mécaniques correctes ( $5 < Q_d < 7$  MPa soit  $0.25 < Q_{d\text{approx}} < 0.35$  MPa) jusqu'à  $\pm 0.2$  m et puis augmentant rapidement vers des valeurs **très bonnes** ( $Q_d > 10$  MPa soit  $Q_{d\text{approx}} > 0.5$  MPa) en dessous jusqu'au 1.4 m. Elles deviennent **médiocres à correcte** ( $4 < Q_d < 7$  MPa soit  $0.20 < Q_{d\text{approx}} < 0.35$  MPa) entre  $\pm 1.40$  m et  $\pm 2.2$  m et puis augmentant rapidement vers des valeurs **très bonnes** ( $Q_d > 10$  MPa soit  $Q_{d\text{approx}} > 0.5$  MPa) en dessous jusqu'au refus obtenu à 2.70 m de profondeur.

L'essai au pénétromètre P2bis montrent des caractéristiques mécaniques correctes ( $5 < Q_d < 7$  MPa soit  $0.25 < Q_{d\text{approx}} < 0.35$  MPa) jusqu'à  $\pm 0.2$  m et puis augmentant rapidement vers des valeurs **très bonnes** ( $Q_d > 10$  MPa soit  $Q_{d\text{approx}} > 0.5$  MPa) en dessous jusqu'au refus obtenu à 2.70 m de profondeur.

### 2.2.3. Résultats des essais de laboratoire

#### 2.2.3.1. Essais d'identification

Des essais d'identification et de caractérisation ont été réalisés sur des échantillons des couches rencontrées au droit des sondages SP1, F1 et F2.

Le tableau suivant récapitule les résultats obtenus :

Sondage	Profondeur (m)	Nature du sol	Wn (%)	VBS	Passant 80 $\mu$ m (%)	Classification GTR
SP1	2.50 – 3.50	Calcaire fortement altéré blanc	2.46	0.21	29.44	B5
F1	1.60	Limon sablo-graveleux marron avec quelques blocs, humide	6.02	1.48	13.07	B5/B6
F2	1.60	Limon sablo-graveleux marron avec quelques blocs	8.69	1.55	20.54	B5/B6

#### **2.2.4. Description des sols traversés**

Au vu des résultats des sondages pressiométriques et essais au laboratoire, nous avons rencontré principalement les formations suivantes :

- **Limon sablo-graveleux (H1)**

Cette formation a été identifiée au droit de tous les sondages sur une épaisseur comprise entre 1.2 m et 4.5 m. Ces terrains sont composés essentiellement de limon sablo-graveleux et cailloux.

Les essais granulométriques mettent en évidence des sols fins avec un pourcentage de passant au tamis 80  $\mu\text{m}$  d'environ 13% à 21%.

L'évaluation de l'argilosité des sols par les essais VBS révèle que ce sont des sols argileux faiblement sensibles à l'eau ( $\text{VBS} \leq 2.5$ ) selon Chassagneux et *al.* (1996). D'après la classification GTR des sols, nous sommes en présence de sol de classe B5/B6.

- **Roche calcaire (H2)**

Cette formation a été identifiée au droit de tous les sondages à partir de 2.4 à 4.5m. D'après les valeurs de pression limites obtenues, ce sont des calcaires compactes.

**Ils présentent des caractéristiques mécaniques assez élevées pouvant convenir comme sol d'assise de fondations.**

**NOTA :**

- La présence de remblais jusqu'à une profondeur significative de 4.5m au droit de sondage SP2 est probablement due à la présence de mur de soutènement sur le côté nord du bâtiment F et il s'agit donc des remblais d'apport derrière l'ouvrage.
- La couche de roche calcaire est à 3.2 m et 4.5m de profondeur au droit de sondage SP1 et SP2 respectivement. Ceci indique que la couche H2 n'est pas horizontale et qu'elle présente un léger pendage en direction nord.

---

### **2.2.5. Fouilles de reconnaissance des fondations existantes**

La position des fouilles de reconnaissances des fondations F1 à F3 est donnée en annexe avec les coupes et résultats détaillés.

- Zone extension (Bâtiment F)

Les fouilles extérieures F1 et F2 réalisées à l'angle sud-est et nord-est du bâtiment F respectivement, ont mis en évidence un soubassement du mur banché en béton (0.2 m d'épaisseur) de 1.6 m de hauteur reposant sur une semelle avec un débord droit de  $\pm 0.3$  m. Ceci représente le fond de fouille. Les essais au perforateur à niveau montrent une épaisseur de semelle supérieure à 0.6 m et donc un ancrage de 2.2 m mini. La base de la fondation se situe probablement au niveau du calcaire compact trouvé à -3.2/TN (SP1).

L'autre face de la fouille F1, a mis en évidence un mur de soutènement de 1.6 m du vide sanitaire (au niveau du côté sud-est du bâtiment).

- Zone Ascenseur (Bâtiment B)

La fouille extérieure F3 a mis en évidence un mur (béton + enduit lisse) de 0.3 m d'épaisseur et un soubassement de 0.5 m reposant sur 10 cm d'épaisseur de gros béton avec un débord droit de  $\pm 0.45$  m. Le fond de fouille montre la présence de calcaire à partir de -1.1/TN.

---

## 3. Dimensionnement des fondations

### 3.1. Présentation du projet

Le projet s'insère dans le cadre de la restructuration et le réaménagement de 4 bâtiments d'enseignement ainsi que la réhabilitation du restaurant existant et l'extension de la salle de restauration du site ENSM à Marseille. D'après le cahier des charges, cette mission porte sur la réalisation d'études géotechniques :

- Au RDC du bâtiment F, aménagement et extension de la salle de restauration et de la cuisine, ainsi que la création d'une extension attenante à la salle de restauration.
- Implantation d'un l'ascenseur à proximité du bâtiment B pour rendre tous les étages du bâtiment accessible aux PMR.

Les solutions proposées sont celles qui semblent le plus en adéquation avec les données en notre possession.

Aucun élément ne remet en cause la faisabilité du projet sous respect des recommandations du présent rapport, mais **les valeurs de dimensionnement indiquées ne sont que des contraintes imposées par le site et le projet et non pas des éléments calculés hors cadre de cette phase d'étude.**

### 3.2. Méthode générale de justification des fondations

La justification des fondations exige que certains aspects pertinents de la stabilité soient examinés :

- Etat-limite de mobilisation de la capacité portante (critère de rupture),
- Etat-limite vis-à-vis des déformations (tassements),
- Etat-limite ultime de renversement,
- Etat-limite de service de compression de sol,
- Etat-limite ultime de glissement,
- Etat-limite de stabilité d'ensemble,
- Etat-limite concernant les matériaux constitutifs de la fondation.



### 3.3. Zone extension (Bâtiment F)

#### Solution : fondations superficielles de types semelles isolées

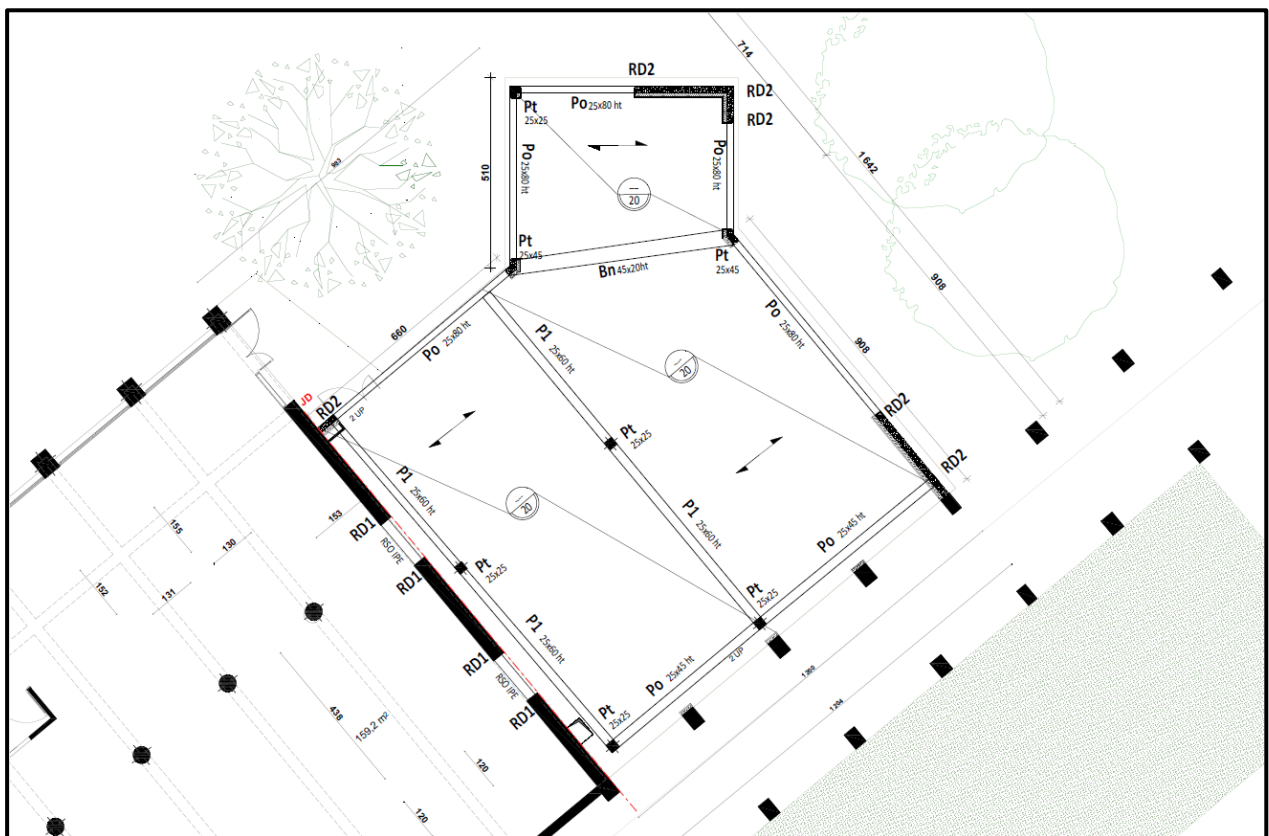
Au vu des éléments transmis par le BET structure AXIOLIS en date du 09/01/2023, une solution de type fondation superficielle (semelles isolées ou filantes) ancrée dans la couche « H2 » des roches calcaires compactes ( $Q_{adm(ELS)} \approx 0.69 \text{ MPa}$ ) située vers -2,5 à -4.5 m peut être envisagée.

Dans ce cas, nous pourrions envisager :

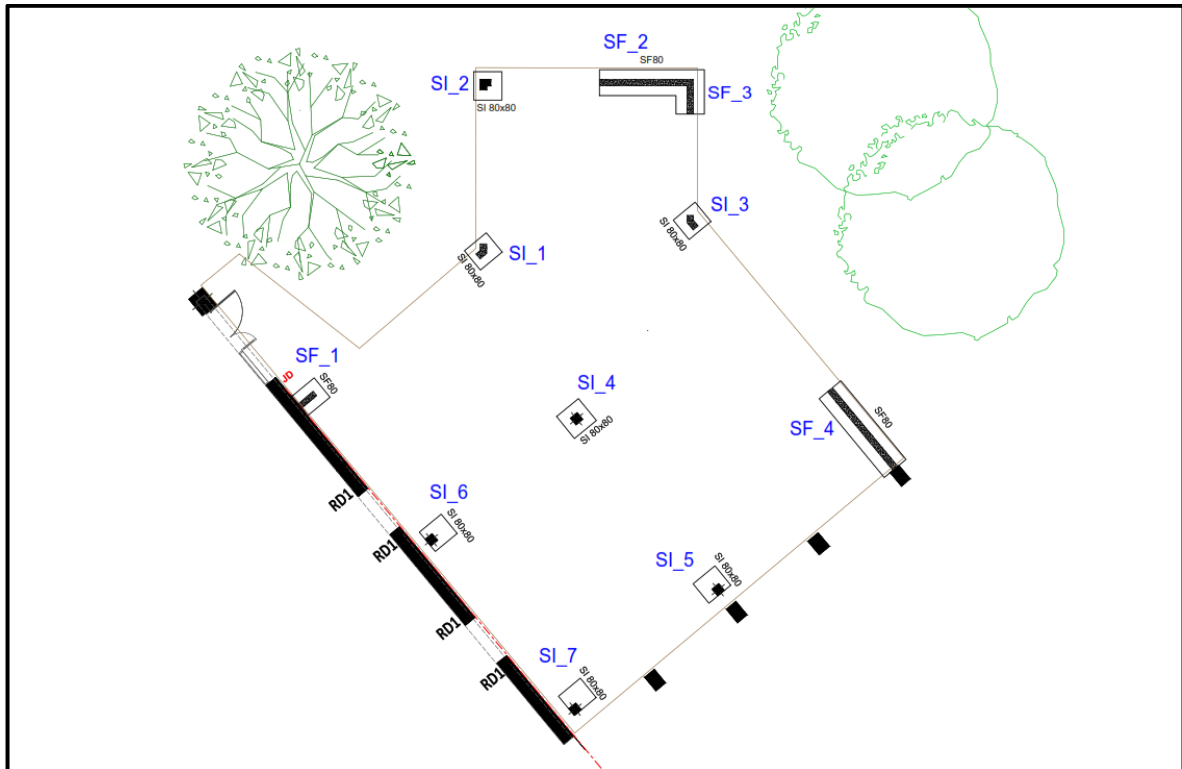
- Des fondations superficielles de types semelles isolées de section carrée au droit des poteaux, associées à des longrines de liaison ou de types semelles filantes et ancrées de 0.5 m minimum dans les roches calcaires.

#### 3.3.1. Paramètres d'entrée pour le calcul des fondations

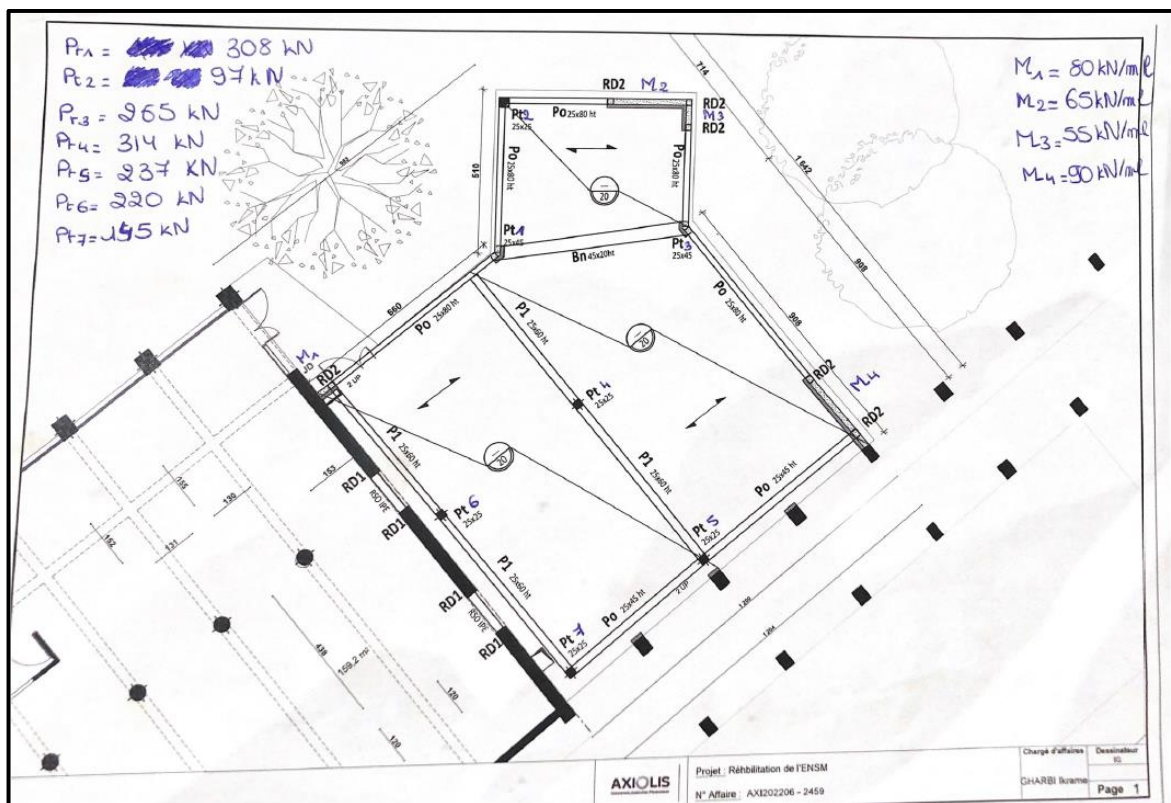
Le plan structures, le plan fondation et la descente de charges transmis par le BET AXIOLIS sont présentés ci-dessous :



Plan structure



Plan fondations



Descente de charges (en combinaison ELU-Fond)

Sur la base du document fourni et mail du 17/03/23, la descente de charges ainsi que la géométrie des semelles isolées et filantes sont données dans les tableau suivant :

DDC					Section (m <sup>2</sup> )
SI_ID	G [kN]	Q [kN]	ELS-QP [kN]	ELU-FOND [kN]	
SI_1	166	56	222	308.1	0.8 x 0.8
SI_2	60	15	75	103.5	0.8 x 0.8
SI_3	148	49	197	273.3	0.8 x 0.8
SI_4	164	62	226	314.4	0.8 x 0.8
SI_5	126	45	171	237.6	0.8 x 0.8
SI_6	120	38	158	220	0.8 x 0.8
SI_7	79	25	104	145	0.8 x 0.8

DDC					Largeur (m)
SF_ID	G [kN/ml]	Q [kN/ml]	ELS-QP [kN/ml]	ELU-FOND [kN/ml]	
SF_1	50	7.5	57.5	80	0.8
SF_2	40	7	47	65	0.8
SF_3	35	5	40	55	0.8
SF_4	50	13	63	90	0.8

**NOTA :**

Les combinaisons de charges suivantes sont considérées pour le dimensionnement des semelles isolées et filantes :

- **ELS-Quasi-permanentes** :  $Q_{ELS-QP} = G+Q$
- **ELU-Fondamentales** :  $Q_{ELU-FOND} = 1.35xG+1.5xQ$

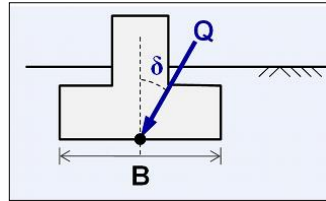
Où, **G** : Charges permanentes et **Q** : Charges variables

Le calcul des fondations a été effectué selon les paramètres d'entrée suivants :

- Calcul basé sur des paramètres issus des essais pressiométriques,
- La descente de charges transmise par le BET AXIOLIS en date du 14/03/23 et 17/03/23,
- **Une descente de charges verticales et centrée,**
- Un taux de travail de 695 kPa à l'ELS dans la couche « H2 ».
- Un module pressiométrique pour la couche « H2 » pris à EM = min (EM-H2) = 154.8 MPa (pour l'évaluation des tassements),



- Calcul selon la norme NF P 94-261 – Eurocode 7.



**Où :**

Q : Effort résultant exprimé au centre de la base de la fondation (kN),

$\delta$  : Inclinaison de la résultante par rapport à la verticale ( $^{\circ}$ ),

B : Largeur de la semelle (m).

**NOTA :** Il est à noter que dans les plans structures, les poteaux ne sont pas centrés et seule la charge verticale est mentionnée sans aucun moment. Dans cette étude, la charge est considérée comme centrée et donc la vérification de la fondation vis-à-vis du renversement dû au moment doit être faite en phase G3 étude.

### 3.3.2. Synthèse de dimensionnement

Les tableaux suivants donnent une synthèse de dimensionnement des fondations isolées et filantes avec éventuellement une estimation des tassements par la méthode pressiométrique :

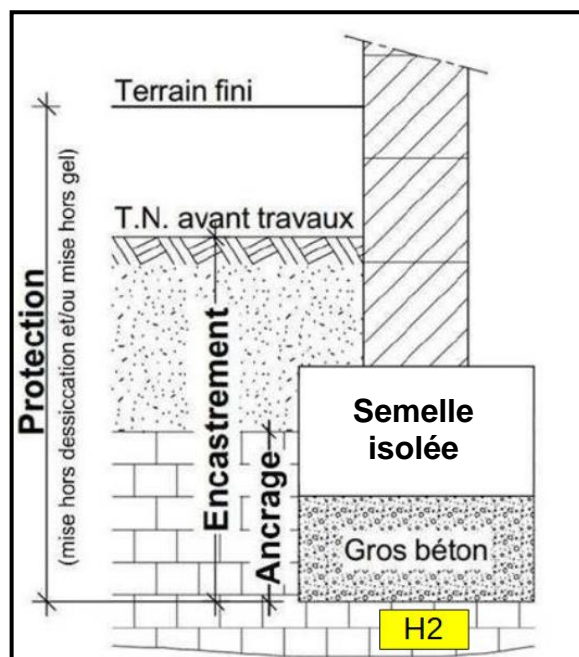
Semelles isolées	Section (m <sup>2</sup> )	DDC Fz (kN)		Justification selon NF P94-261-EC7		
		ELS-QP	ELU-Fond	Portance/Poinçonnement	Renversement	Tassement (mm)
SI_1	0.8 x 0.8	222	308.1	OK	OK	0.54
SI_2	0.8 x 0.8	75	103.5	OK	OK	0.18
SI_3	0.8 x 0.8	197	273.3	OK	OK	0.48
SI_4	0.8 x 0.8	226	314.4	OK	OK	0.55
SI_5	0.8 x 0.8	171	237.6	OK	OK	0.41
SI_6	0.8 x 0.8	158	220	OK	OK	0.38
SI_7	0.8 x 0.8	104	145	OK	OK	0.25

Semelles filante	Largeur (m)	DDC Fz (kN/ml)		Justification selon NF P94-261-EC7		
		ELS-QP	ELU-Fond	Portance/Poinçonnement	Renversement	Tassement (mm)
SF_1	0.8	57.5	80	OK	OK	0.19
SF_2	0.8	47	65	OK	OK	0.15
SF_3	0.8	40	55	OK	OK	0.13
SF_4	0.8	63	90	OK	OK	0.20



## Remarques

- Toutes les fondations sont justifiées vis-à-vis des critères de portance et de renversement.
- Les tassements absolus pour les semelles isolées et filantes sont inférieurs à 1 mm, ce qui semble largement acceptable. Les tassements différentiels sont donc négligeables. Ces faibles valeurs de tassement sont en adéquation avec les propriétés mécaniques de la couche « H2 » calcaire.
- **Les charges exprimées au droit de chaque appui sont supposées données selon les combinaisons ELS-QP et ELU-Fond. La stabilité de la fondation doit être analysée pour d'autres combinaisons de charges telles que ELU-accidentelles.**
- Le toit des roches calcaire étant susceptible de varier entre -2,5 m et -4.5 m d'après notre campagne de reconnaissance, l'intervention d'un géotechnicien en phase G3 (phase suivi) est indispensable pour confirmer l'atteinte de cet horizon et valider le fond de fouille.
- Dans le cas où le toit de cette formation ne serait pas atteint au niveau de base de la fondation définie dans le projet, il faudrait procéder à une purge des terrains rencontrés et substitution par du gros béton.



### 3.4. Zone Ascenseur (Bâtiment B)

#### 3.4.1. Solution : fondations superficielles de type radier

Au vu des types de sols recoupés lors des sondages lithologiques avec leurs caractéristiques mécaniques déterminées par les essais pressiométriques, et compte tenu des éléments en notre possession à ce stade, on pourra envisager des fondations superficielles de type radier dans l'horizon H1 ( $Q_{adm(ELS)} \approx 0.40$  MPa au droit de SP3) ou l'horizon H2 ( $Q_{adm(ELS)} \approx 0.69$  MPa) en fonction de descente de charge. Des mesures compensatoires de type cuvelage des ouvrages devront être réalisées.

Nous préconisons la mise en place d'un radier en béton armée sur une couche de forme de type granulaire de 50 à 60 cm d'épaisseur minimum compacté dans les règles de l'art, ceci après purge des terrains superficiels avec mise en œuvre d'une nappe de géotextile anti-contaminant en fond de fouille ou une fondation au rocher avec un lit de pose.

#### 3.4.2. Détermination des modules de déformations des sols ES

La modélisation du radier sera menée sous module Tasplaq en supposant un comportement élastique du sol et une plaque suffisamment rigide.

A défaut d'essais au laboratoire, les modules de Young  $E$  des couches seront déduits de la formule

$K = \frac{E}{E_M}$ , avec  $K$ , un coefficient dépendant de la nature du sol (cf. Tableau J.2.1 de la norme NF P 94-261 : Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles).

		$E/E_M$
Argiles	Normalement consolidées	4,5
	Surconsolidées	3
Limons	Normalement consolidés	4,5
	Surconsolidés	3
Sables	Lâches	4,5
	Denses	3
Graves	Lâches	6
	Serrées	4,5

En revanche, dans le cas de surfaces chargées de grandes dimensions (radier général) la pression de préconsolidation peut être dépassée (présence de sols très médiocres ne convenant pas comme assise de fondation en l'état de type limons argileux mous qui continuent à se



déformer même en l'absence de surcharge), la norme NF P 94-261 recommande de retenir un module de type oedométrique sécant  $M$  qui peut être défini à partir de la relation suivante :

$$M = \frac{E_M}{\alpha}, \text{ où } \alpha \text{ est le coefficient rhéologique.}$$

Compte tenu de la réalisation d'un sondage pressiométrique SP3 au droit la zone du projet, nous pouvons retenir le profil de calcul synthétique ci-dessous, dans lequel sont consignés les paramètres mécaniques utilisés pour le calcul du radier :

Nature des couches	Epaisseur (m)	$E_M$ (MPa)	Coef.rhéο $\alpha$	Coef. de Poisson $\nu^{(2)}$	M ou $E_s$ (MPa)
Couche de forme	> 0.50	-	1/4	0.30	20 <sup>(1)</sup>
Limon sablo-graveleux	≈ 1	16.3	1/2	0.35	32.6
Roche Calcaire	≈ 5.5	250	2/3	0.25	375

(1)  $E_s = 0,54 \times \phi_{\text{plaque}} \times K_w$  (pour une plaque de diamètre égal à 75 cm).

(2)  $\nu = 0.35$  matériaux déformables,

$\nu = 0.30$  matériaux moyennement déformables,

$\nu = 0.25$  matériaux peu déformables.

Avec,  $\nu$  est le coefficient de poisson.

\*les valeurs des modules pressiométriques ( $E_M$ ) retenues correspondent aux moyennes harmoniques des modules obtenues pour chaque couche de sol dans nos sondages.

Le dimensionnement du radier sera réalisé dans la phase G2PRO en fonction de la descente de charges.

---

## 4. Principes généraux d'adaptation du projet au site

### 4.1. Dispositions constructives générales

#### **Pour l'exécution des fondations superficielles :**

- A chaque fois que cela est possible, le béton sera coulé le plus rapidement possible après l'ouverture des fouilles,
- Les longrines et semelles ne sont exécutées qu'après épuisement et assainissement du fond de fouille (Cf. § 2.3 DTU 13.11),
- Les fonds de fouilles doivent être horizontaux, exempts de poches compressibles, donc toute poche argileuse limoneuse ou de moindre consistance détectée à l'ouverture des fouilles, seront aussitôt purgées et remplacées par du gros béton en pleine fouille si la capacité des longrines et fondations à travailler en poutre est insuffisante,
- Les fondations devront être réalisées conformément aux normes et règlements en vigueur.
- Le mode de fondation doit être homogène sous l'ensemble d'une même structure. Le rattrapage d'éventuelles différences de niveaux doit se faire par des redans respectant la règle de 3h / 2v.
- Les bétons, coulis et armatures devront tenir compte de l'agressivité du milieu.
- Les remblais ou tout apport de charges à la périphérie sera mis en place bien avant la construction. Dans le cas contraire, ils pourraient provoquer des tassements différentiels complémentaires et la rupture des fronts de talus de terrassement.
- Lors des terrassements, une attention particulière sera apportée aux avoisinants afin de ne pas déstabiliser ou affouiller les fondations existantes. Le cas échéant, il faudra prévoir un blindage à l'avancement.
- Mise en place de dispositifs assurant l'étanchéité des canalisations d'évacuation des EP et EU. Le raccordement souple de tous les réseaux et leur solidarisation avec la structure dans l'emprise de celle-ci pour éviter les infiltrations d'eau sous les fondations et longrines (affouillement, tassement).

---

**Pour l'exécution des radiers :**

Les préconisations minimales suivantes devront être respectées :

- Le radier sera réalisé en béton armé et suffisamment rigide pour accepter des tassements différentiels (épaisseur  $\geq 0.20$  m et armatures en partie sup. et inf.), il devra être justifié par le calcul d'un BE spécialisé.
- Encastrement de 50 cm minimum sur le sol en place après purge des matériaux remblayés et/ou altérés.
- Si les terrassements sont susceptibles d'affecter les sols d'assise d'ouvrages ou de murs avoisinants un blindage devra être mis en œuvre.
- Compactage du fond de forme avant la mise en œuvre du remblai technique.
- Un géotextile anti-contaminant, anti-perforation et imputrescible d'une épaisseur minimale de 3 mm, posé entre la PST et la couche de forme.
- La mise en place d'une bêche périphérique est recommandée afin de limiter un éventuel glissement horizontal du radier.
- Réalisation d'une couche de forme de 30 cm d'épaisseur minimum compactés à 98,5% de l'OPN d'une GNT 0/31,5 mm, l'épaisseur de la substitution sera affinée en phase projet.
- Les matériaux d'apport retenus devront être conformes à la norme NFP 11-300 et répondre aux exigences suivantes : VBS < 0,1 et MDE >45.
- Le béton devra être conforme à NF P 18-201 (DTU 21).



## 4.2. Contraintes spécifiques au site

Les risques suivants ont été identifiés sur le site :

### 4.2.1. Risque sismique

#### 4.2.1.1. Réglementation

Selon le décret n°2010-1255 et la norme NF EN 1998 (Eurocode 8), le niveau d'aléa ainsi que l'accélération du sol « au rocher » de référence sont indiqués dans le tableau ci-après :

Zone de sismicité	Niveau d'aléa	$a_{gr}$ (m/s <sup>2</sup> )
Zone 1	Très faible	0.4
Zone 2	Faible	0.7
Zone 3	Modéré	1.1
Zone 4	Moyen	1.6
Zone 5	Fort	3.0

#### 4.2.1.2. Classe de sol – EC8

La catégorie de sol, ainsi que le coefficient associé correspondant au contexte géologique mis en évidence au droit du projet, sont précisés dans le tableau suivant :





Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Coef. de sol S		Paramètres				
		Zone 1 à 4	Zone 5	$V_{s30}$ (m/s)	$N_{SPT}$ (cps)	$C_u$ (kPa)	$p_l$ (MPa)	$E_M$ (MPa)
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistants	1.0	1.0	* > 800	* -	* -	> 5.0	> 100
B	Dépôts raides de sables de graviers ou d'argiles sur-consolidées d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur	1.35	1.2	360 à 800	> 50	> 250	> 2.0	> 20

C	Dépôts profonds de sables de densité moyenne, de graviers ou d'argiles moyennement raides, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètre	1.5	1.15	180 à 360	15 à 50	70 à 250	> 0.5 à < 2.0	> 5 à < 20
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes	1.6	1.35	< 180	< 15	< 70	< 0.5	< 5
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions d'une épaisseur comprise entre 5 et 20 m reposant sur un matériau plus raide	1.8	1.4	* > 800	* -	* -	* > 5.0	* > 100
S <sub>1</sub>	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé ( $I_p > 40$ ) et une teneur en eau importante	Étude spécifique						
S <sub>2</sub>	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes précédentes	Étude spécifique						

\*couche superficielle de classe B, C ou D





#### 4.2.1.3. Catégorie de bâtiment

Le tableau suivant précise le cas dans lequel le projet se trouve d'après les premiers éléments qui nous ont été transmis (à valider par la maîtrise d'œuvre) :

Catégorie d'importance	Description
I	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée.</li> </ul>
II	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Habitations individuelles.</li> <li>Établissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5.</li> <li>Habitations collectives de hauteur inférieure à 28 m.</li> <li>Bureaux ou établissements commerciaux non ERP, <math>h \leq 28</math> m, max. 300 pers.</li> <li>Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 personnes.</li> <li>Parcs de stationnement ouverts au public.</li> </ul>
III	 <ul style="list-style-type: none"> <li>ERP de catégories 1, 2 et 3.</li> <li>Habitations collectives et bureaux, <math>h &gt; 28</math> m.</li> <li>Bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes.</li> <li>Établissements sanitaires et sociaux.</li> <li>Centres de production collective d'énergie.</li> <li>Établissements scolaires.</li> </ul>
IV	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public.</li> <li>Bâtiments assurant le maintien des communications, la production et le stockage d'eau potable, la distribution publique de l'énergie.</li> <li>Bâtiments assurant le contrôle de la sécurité aérienne.</li> <li>Établissements de santé nécessaires à la gestion de crise.</li> <li>Centres météorologiques.</li> </ul>



Par conséquent, l'application des règles Eurocode 8 n'est pas requise, car le projet est considéré appartenant à la catégorie II (à confirmer par le MOE) en zone de sismicité 2.

	I	II	III	IV
				
<b>Zone 1</b>				
<b>Zone 2</b>	Aucune exigence			Eurocode 8 $a_{gr} = 0.7 \text{ m/s}^2$
<b>Zone 3</b>	PS-MI <sup>1</sup>		Eurocode 8 $a_{gr} = 1.1 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 $a_{gr} = 1.1 \text{ m/s}^2$
<b>Zone 4</b>	PS-MI <sup>1</sup>		Eurocode 8 $a_{gr} = 1.6 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 $a_{gr} = 1.6 \text{ m/s}^2$
<b>Zone 5</b>	CP-MI <sup>2</sup>		Eurocode 8 $a_{gr} = 3.0 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 $a_{gr} = 3.0 \text{ m/s}^2$

#### 4.2.1.4. Risque de liquéfaction :

Sans objet ici en l'absence de nappe et au vu de la nature des sols.

#### 4.2.2. Tassement différentiel

Les variations d'épaisseurs des terrains recouvrant le substratum calcaire et des caractéristiques mécaniques variables à l'intérieur de ces horizons (H0 et H1) peuvent être à l'origine de tassement différentiel important.

Il est donc fortement recommandé d'ancrer autant que possible les fondations dans le substratum calcaire ou à minima dans un seul et même horizon (H1, mais avec prise en compte d'un risque de tassement différentiel).

### 4.3. Structure sous dallage

#### 4.3.1. Généralités

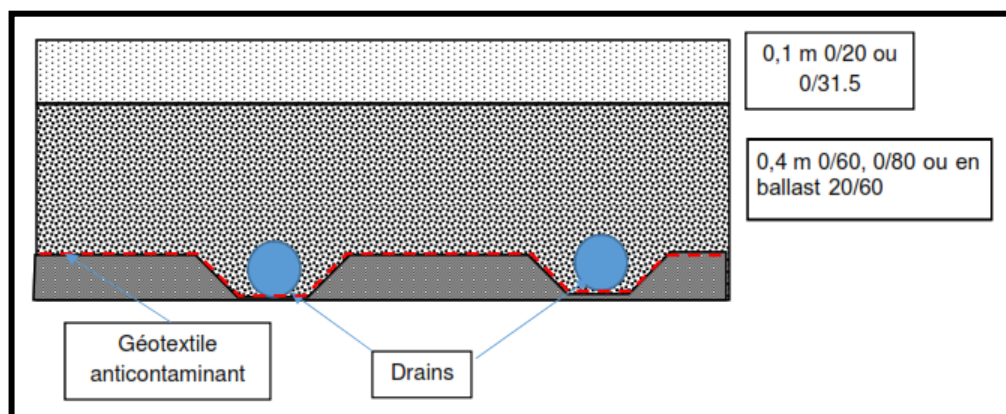
En cas de mise en place de dallage sur terre-plein, la mise en œuvre de la structure sous dallage (couche de forme) sera réalisée en respectant les précautions successives décrites ci-après.

Pour une couche de forme en matériaux d'apport granulaires, la structure sous dallage pourra être mise en œuvre de la manière suivante :

- Un géotextile anti-contaminant,
- Une couche de forme de 0.40 m d'épaisseur minimale en concassé 0/60 ou 0/80 insensible à l'eau, grave non traitée (GNT) 0/80, ou équivalent,
- Une couche de réglage de 0.10 m d'épaisseur minimale en concassé 0/31.5 insensible à l'eau, grave non traitée (GNT) 0/31.5) ou équivalent.

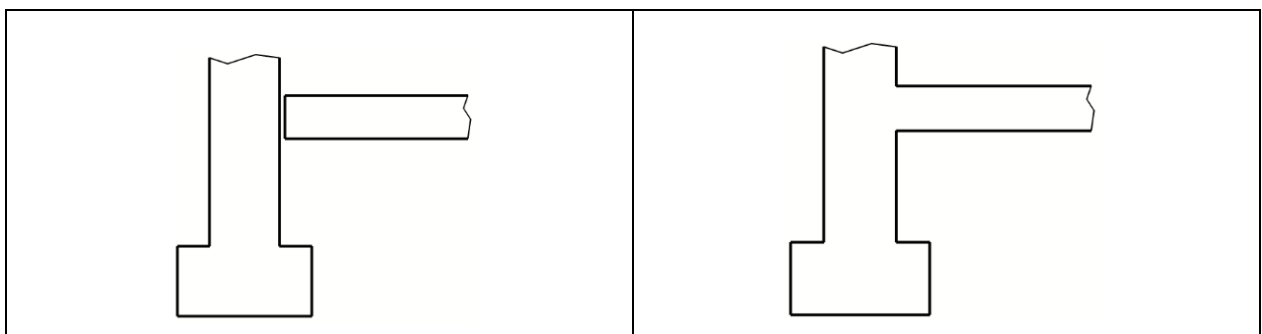
Ces matériaux devraient être granulaires, insensibles à l'eau et de granulométrie continue. Il peut s'agir de matériaux de classe D<sub>2</sub> / D<sub>3</sub> ou R<sub>21</sub> / R<sub>41</sub>/R<sub>61</sub>.

Toute poche dure devrait être aussitôt purgée car étant source de tassements différentiels.



D'après la NF P 11-213-3 (ou DTU 13.3), et sous réserve de confirmation par le BE structure le dallage en béton armé a une épaisseur minimale de 120 mm (300 mini recommandé), et un pourcentage minimal d'armature, définis comme suit :

En partie courante, le dallage comporte une seule nappe de treillis soudé, posée sur cales afin d'assurer un enrobage conforme à la norme NF P 18-201 (référence DTU 21) et représentant 0.2% de la section du dallage. Les rives des dallages solidaires (cf. figure ci-dessous) devront comporter en plus, des « U » de fermeture en acier HA de Ø mm tous les 150 mm et de longueur développé de 1.50 m.



<i><b>Dallage désolidarisé</b></i>	<i><b>Dallage solidarisé</b></i>
------------------------------------	----------------------------------

Les conditions d'exécution devraient respecter les recommandations du guide GTR et les dallages seront conçus conformément au DTU 13.3 en vigueur.

#### 4.3.2. Sujétions d'exécution

Après décapage des terrains superficiels puis substitution par une couche de forme compactée, les matériaux extraits du site ne pourront être réutilisés en couche de forme. Celle-ci devra être réalisée après suppression de la couche de terrain à l'aide de matériaux d'apport chimiquement inertes, dont les caractéristiques respecteront les critères suivants :

- $D = 0/100$ ,
- Propre, insensible à l'eau, passant à  $80\ \mu\text{m} < 5\%$ ,
- $ES > 40$ ,  $VBS < 0.1$ ,
- $MDE \leq 45$ ,
- Drainants :  $D_{10} \geq 1\ \text{mm}$ .

Les conditions d'exécution de la couche de forme devront être conformes au « Guide des Terrassements Routiers – Réalisation des remblais et des couches de forme (LCPC-SETRA de septembre 1992) » et/ou aux recommandations « Caractéristiques des matériaux remblais supports de fondations » du L.C.P.C.

Ces matériaux devraient être granulaires, insensibles à l'eau et de granulométrie continue. Il peut s'agir de matériaux de classe  $D_2 / D_3$  ou  $R_{21} / R_{41}/R_{61}$ .

L'épaisseur de chacune des couches pour ces matériaux ne dépassera pas les valeurs seuils indiquées dans les recommandations GTR, en tenant compte du type d'engin de compactage utilisé et de la classe de sol.

De plus, **le contrôle du compactage devrait se faire à l'avancement de l'élévation de la couche de forme**, c'est-à-dire après mise en place de chaque couche, au minimum tous les 20 cm d'épaisseur, et ne pas se contenter d'un seul contrôle à la réception à la cote finie.

Le compactage pourra se faire avec tous types d'engins conformément aux préconisations du guide SETRA (compacteurs à pneus, compacteurs à pied dameurs vibrants, plaques vibrantes, ...) tout en respectant les valeurs minimales d'épaisseur de couches (e), de vitesse (V), du nombre d'application de charges (N), du débit horaire par unité de largeur du compacteur (Q/L) et du rapport Q/S/.

Pour une couche de forme, l'objectif de densification requis est le  $q_3$  ; soit :

- 98,5% de l'OPN : moyenne sur l'épaisseur de la couche de forme,
- 96% de l'OPN en fond de couche.

$$\begin{aligned} \rho_{dm} &\geq 98,5 \% \rho_d \text{ OPN et} \\ \rho_{dfc} &\geq 96 \% \rho_d \text{ OPN} \end{aligned}$$

En fonction des objectifs fixés dans le présent projet, des seuils plus sévères peuvent être requis, notamment, par exemple, en fonction des tassements admissibles au niveau de la couche de forme.

#### 4.3.3. Contrôles

Les critères de réception sur la couche de forme sont fonction des **descentes de charges définitives** que devraient supporter le radier et la superstructure. Ils sont définis selon le mode opératoire du L.C.P.C :

- Sur la première couche (inférieure) :
  - un module EV2  $\geq 30$  Mpa
  - EV2/EV1  $\leq 2$
- Sur les couches suivantes :
  - un module EV2  $\geq 50$  Mpa
  - EV2/EV1  $\leq 2$
- Sur la dernière couche (supérieure) :
  - un module EV2  $\geq 60$  Mpa
  - EV2/EV1  $\leq 2$

Plusieurs essais peuvent être envisagés pour mesurer le module de déformation EV2 :

- Essai à la plaque de 600 mm,
- Dynaplaque,
- Portancemètre,
- Plaque dynamique légère (pour des zones inaccessibles aux autres moyens).

**Dans le cas d'une couche de forme granulaire, la norme NF P 11-213, ou DTU 13.3, exige l'essai à la plaque. En cas de réception de la couche de forme par cet essai, les valeurs cibles sont :**

- un module EV2  $\geq 50$  Mpa,
- EV2/EV1  $\leq 2.2$ ,
- Kw  $> 50$  MPa/m.

---

## 5. Réalisation des terrassements

### 5.1. Généralités

Les terrassements pourront être réalisés à la pelle mécanique de moyenne puissance dans les sols de surface. Les terrains résistants H1 quant à eux, pourront être terrassés par l'emploi de moyens de forte puissance et adaptés pour atteindre le fond de fouille. Le BRH sera nécessaire pour la couche H2 en prenant garde aux vibrations préjudiciables aux avoisinants (mesure de contrôle à mettre en place et suivi observationnel)

Durant l'ouverture des terrassements, une attention particulière devra être également apportée à la stabilité des fronts de terrassement même en phase provisoire et aux éventuelles présences de venue d'eau parasite liées aux ruissellements de surface ou aux infiltrations (ou aux fuites de réseaux).

Les terrassements devront se faire suivant les pentes d'équilibre des matériaux ( $< 35^\circ$  et une distance aux fondations des ouvrages avoisinants respectant la règle des 3H/2V pour ne pas les déstabiliser. Dans le cas contraire, un blindage des fouilles à l'avancement devra être envisagé. Les fouilles de plus de 1.00 m de profondeur non talutées devront être sécurisées par l'emploi d'un blindage. Les pentes des talus devront être protégées contre les intempéries par une bâche en PVC.

De même on veillera, rappelons-le, en cas de fondation mitoyenne, à ne pas dépasser la profondeur des fondations de l'existant sans mesure spécifique compensatrice (décalage des fondations avec plancher en porte-à-faux, réalisation par passe alternée, blindage, ...).

### 5.2. Réemploi des matériaux du site en remblais

Le réemploi des déblais en remblais est possible sous certaines conditions. Ces préconisations ont été déterminées à partir du guide SETRA.

D'après les résultats des essais au laboratoire réalisés sur les échantillons prélevés, les sols identifiés sur site sont globalement de classe B<sub>5</sub> et B<sub>6</sub>.

**Les états hydriques des sols superficiels peuvent fortement varier en fonction des saisons et des intempéries. Des mesures de teneurs en eau des matériaux devront être réalisées en phase exécution afin d'adapter les préconisations données ci-dessous.**



Dans la limite de nos investigations, les matériaux sont moyennement sensibles aux variations hydriques. En effet, la situation météorologique très rapidement interrompre le chantier en raison de l'excès de teneur en eau ou au contraire conduire à un matériau sec et difficile à compacter.

Les modes de mise en œuvre des sols identifiés sur site (**B<sub>5</sub>**, **B<sub>6</sub>**) sont présentés dans les tableaux suivants (**d'après le fascicule « Réalisation des Remblais et Couche de Forme » du SETRA – LCPC**). Il est à noter que les matériaux possédant un état hydrique  $t_s$  (très sec) ou  $t_h$  (très humide) sont incompatibles avec une utilisation en l'état.

Sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H	
B <sub>5</sub> th	Sols normalement inutilisables en l'état Ces sols sont très difficiles à mettre en œuvre, en raison de leur portance quasi-nulle. La réduction de teneur en eau par mise en dépôt provisoire, ou drainage préalable (plusieurs mois) peut être envisageable			NON	
B <sub>5</sub> h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible.  Ils sont sujets au matelassage ce qui est à éviter au niveau de l'arase de terrassement	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai, avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : traitement T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 0 0 1 0 2 0
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de hauteur faible	0 0 0 0 0 3 1
		-	évaporation importante	Solution 1 : extraction en couche - aération E : extraction en couche W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen	1 0 1 0 1 2 2
				Solution 2 : aération et traitement W : réduction de la teneur en eau par aération T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 0 1 1 0 2 0



Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
B <sub>s</sub> m	Ces sols sont très sensibles à la situation météorologique, qui peut très rapidement interrompre le chantier à cause de l'excès de teneur en eau ou au contraire, conduire à un matériau sec, difficile à compacter	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai, avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2 0 0 0 0 2 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
		-	évaporation importante	Solution 1 : arrosage W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense	0 0 0 0 0 1 0
B <sub>s</sub> s	Ces sols sont très difficiles à compacter, du fait de leur faible teneur en eau. En conséquence il convient : - soit de compacter intensément avec un arrosage superficiel - soit d'humidifier le matériau dans sa masse pour le ramener en B <sub>s</sub> m  Cette humidification est encore relativement facile à réaliser	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai, avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction en couche R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 0 0 1 1 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 1 2
		-	évaporation importante	Solution 1 : extraction frontale et arrosage E : extraction frontale W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2 0 3 0 0 1 2
				Solution 2 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
		B <sub>s</sub> ts	Sols normalement inutilisables en l'état Mais leur humidification dans la masse peut être envisagée pour les ramener à l'état B <sub>s</sub> s, voire B <sub>s</sub> m		

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
B <sub>6</sub> th	Ces sols sont normalement inutilisables dans l'état en raison de leur portance quasi nulle. Le drainage ou la mise en dépôt provisoire peut permettre de les ramener à l'état (h)				NON
B <sub>6</sub> h	Ces sols sont très difficiles à mettre en oeuvre en raison de leur portance faible.  La fraction grenue n'est pas suffisante pour modifier sensiblement le comportement de la fraction argileuse. Ils sont sujets au "matelassage", ce qui est à éviter au niveau des arases de terrassement	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai, avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		=	ni pluie, ni évaporation importante	<b>Solution 1 : traitement</b> T : traitement à la chaux seule C : compactage moyen	0 0 0 2 0 2 0
				<b>Solution 2 : utilisation en l'état</b> C : compactage faible H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 0 0 0 3 1
		-	évaporation importante	<b>Solution 1 : extraction en couche - aération</b> E : extraction en couche W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤10 m)	1 0 1 0 1 2 2
				<b>Solution 2 : traitement</b> T : traitement à la chaux seule C : compactage moyen	0 0 0 2 0 2 0



B <sub>6m</sub>	Ces sols ne posent pas de problème d'utilisation en remblai sauf par pluie forte  En l'absence de pluie, ils présentent en général une bonne traficabilité du fait de la présence d'une fraction granulaire importante	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2 0 0 0 0 2 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
		-	évaporation importante	<b>Solution 1 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 1 2
				<b>Solution 2 : arrosage pour maintien de l'état</b> W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0
			<b>Solution 3 : extraction frontale</b> E : extraction frontale C : compactage intense	2 0 0 0 0 1 0	

B <sub>6s</sub>	Pour ces sols, il faut compenser l'insuffisance de la teneur en eau par un compactage intense, un arrosage, ou une humidification avec un malaxage soigné et une quantité d'eau importante	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction en couches R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 0 0 1 1 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	<b>Solution 1 : humidification</b> W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
				<b>Solution 2 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 1 2
		-	évaporation importante	<b>Solution 1 : arrosage</b> W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 3 0 0 1 1
				<b>Solution 2 : extraction frontale - arrosage</b> E : extraction frontale W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2 0 3 0 0 1 2
				<b>Solution 3 : humidification</b> W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage intense	0 0 4 0 1 1 0

B <sub>6ts</sub>	Sols normalement inutilisables en l'état Leur humidification pour changer d'état doit être décidée à l'appui d'une étude spécifique				NON
------------------	--	--	--	--	-----



---

## OBSERVATIONS IMPORTANTES

- ❖ Notre bureau d'études devra être informé de toutes les modifications apportées au projet dans sa nature ou sa localisation ou même d'un décalage important dans la date de réalisation. Les reconnaissances étant ponctuelles dans l'espace et dans le temps, elles ne peuvent être extrapolées sans l'accord écrit de GIA Ingénierie.
- ❖ L'ensemble des documents fournis dans ce rapport - annexes comprises - ne peuvent être dissociés ni utilisés, même partiellement, pour d'autres études que celle-ci sans l'accord écrit de GIA Ingénierie.
- ❖ Cette mission n'est qu'une étude géotechnique d'avant-projet. Pour garantir l'efficacité et la pérennité de l'ouvrage, des missions géotechniques complémentaires de type : G2 phase PRO (étude projet), G3 (phases étude et suivi) ainsi que G4 (supervision géotechnique d'exécution phases étude et suivi) et éventuellement G5 (Diagnostic géotechnique) portant en particulier sur le dimensionnement des ouvrages géotechniques et s'appuyant sur d'éventuels sondages et essais complémentaires doivent être effectuées. **En l'absence de telles missions, la Responsabilité Civile Décennale de notre bureau d'études ne pourra être engagée.**
- ❖ D'autre part du fait de la nature ponctuelle des reconnaissances et essais, la réalisation des fouilles de fondations, des décaissements/ terrassements, nécessite la présence d'un géotechnicien (missions géotechniques G3 et G4). Son rôle est de suivre le chantier et d'adapter les solutions en fonction des variations éventuellement rencontrées dans la nature des sols et de vérifier la nature des matériaux apportés. **Des éléments nouveaux détectés au cours du chantier peuvent rendre caduques certaines conclusions du présent rapport et remettre en cause le dispositif décrit et/ou les dimensions calculées. En l'absence d'un tel contrôle, la Responsabilité Civile Décennale de notre bureau d'études ne pourra être engagée.**






# Réhabilitation et extension du site ENSM

**MARSEILLE (13008)**

**MISSION G2PRO  
ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION  
PHASE PROJET**

## **ANNEXES**



-  SONDAGE A LA TARIÈRE + ESSAIS PRESSIOMETRIQUES
-  ESSAIS AU PÉNÉTROMÈTRE DYNAMIQUE
-  FOUILLE MANUELLE



P1



P2



SP1

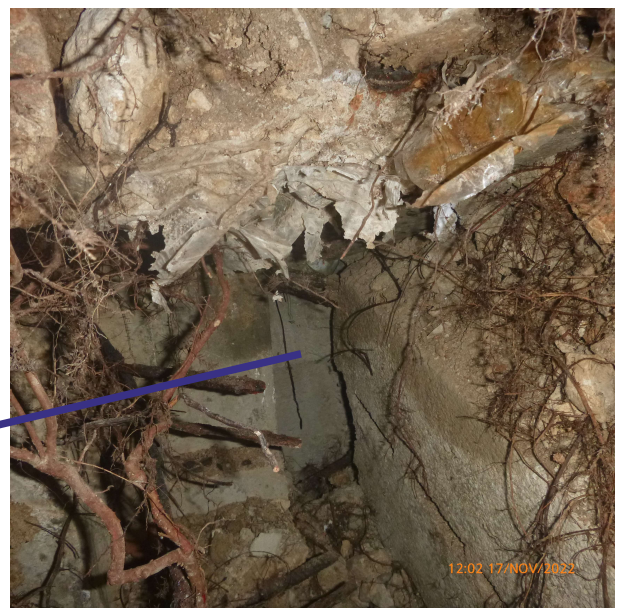
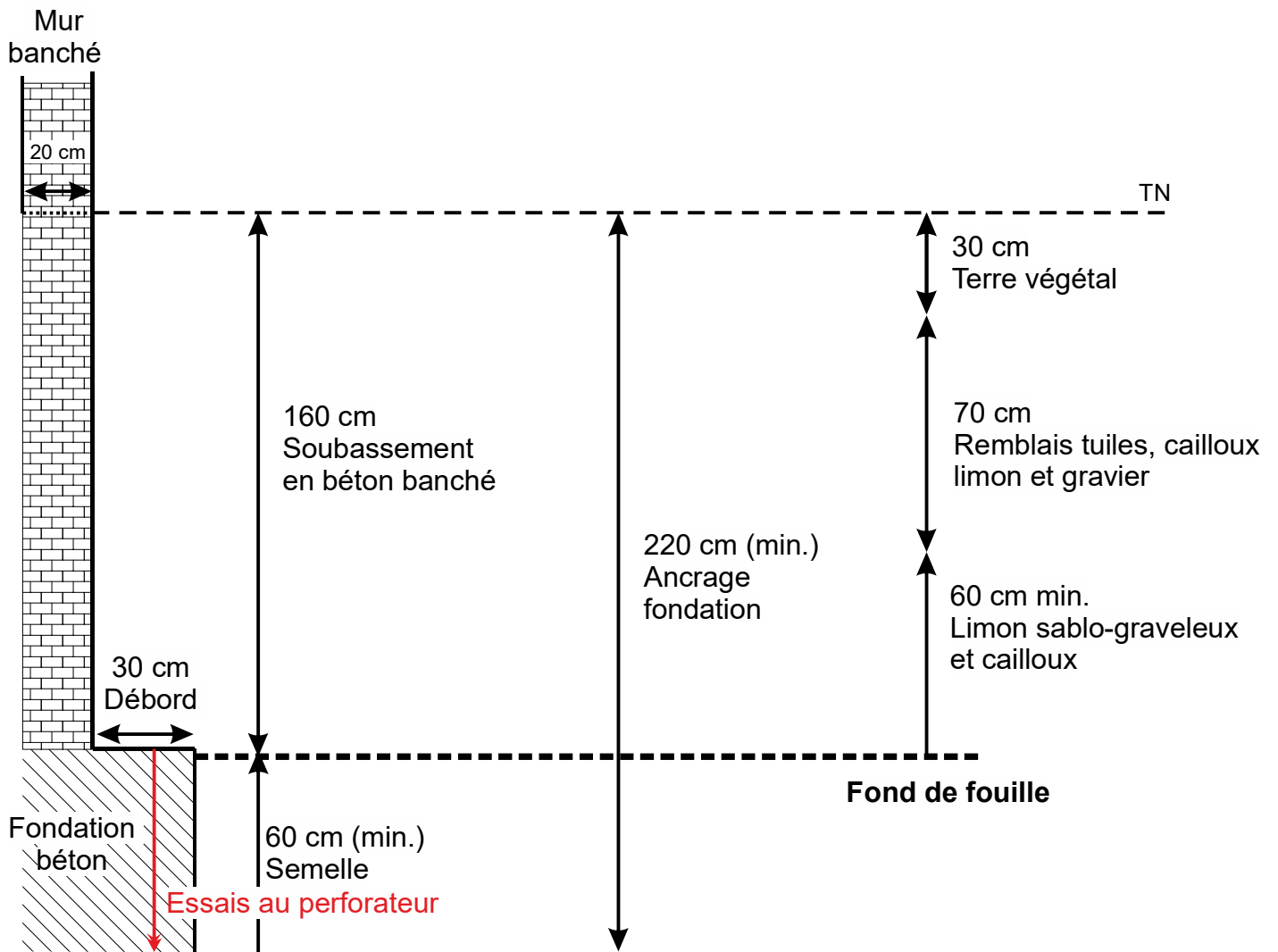


SP2



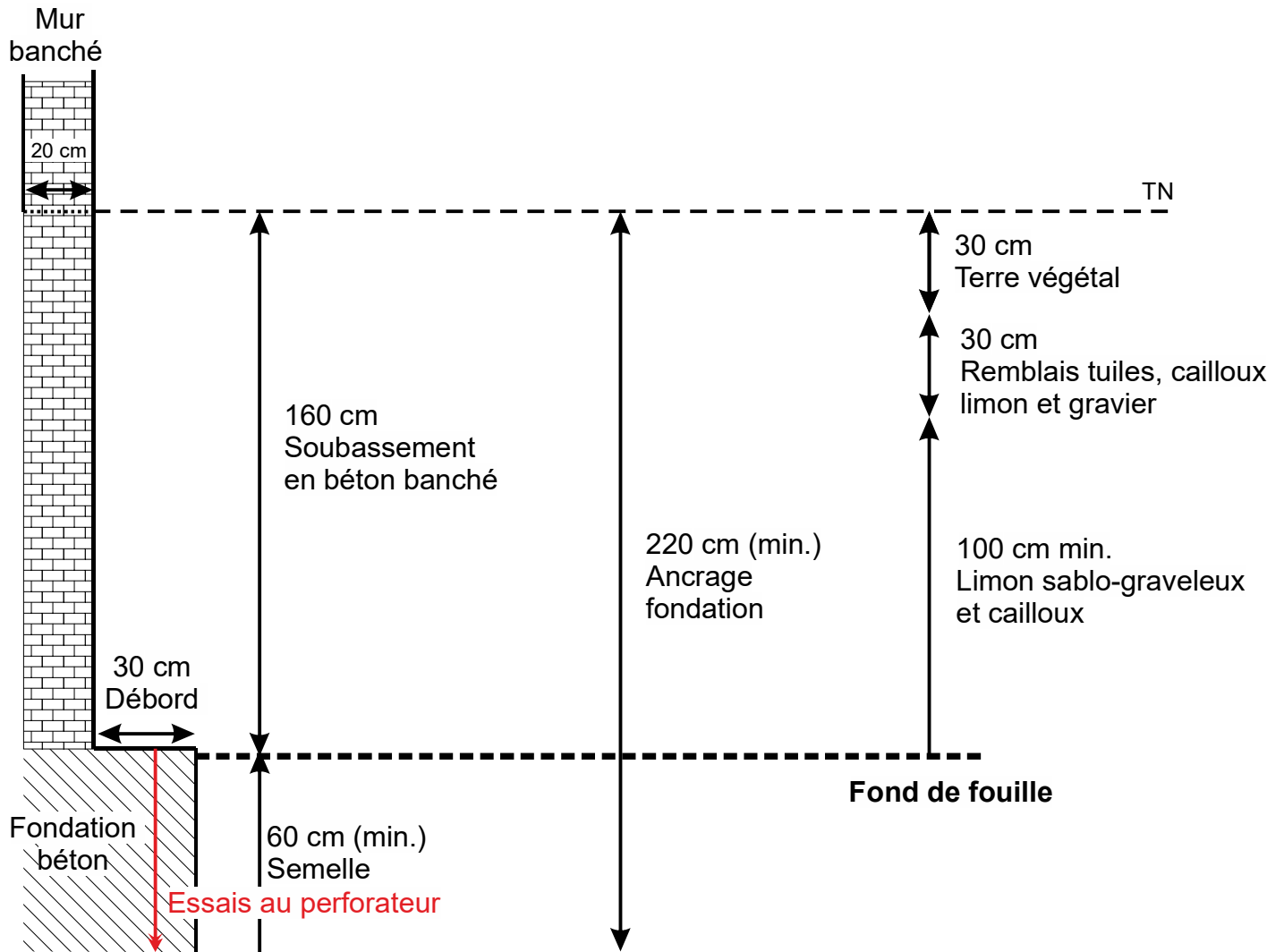
SP3

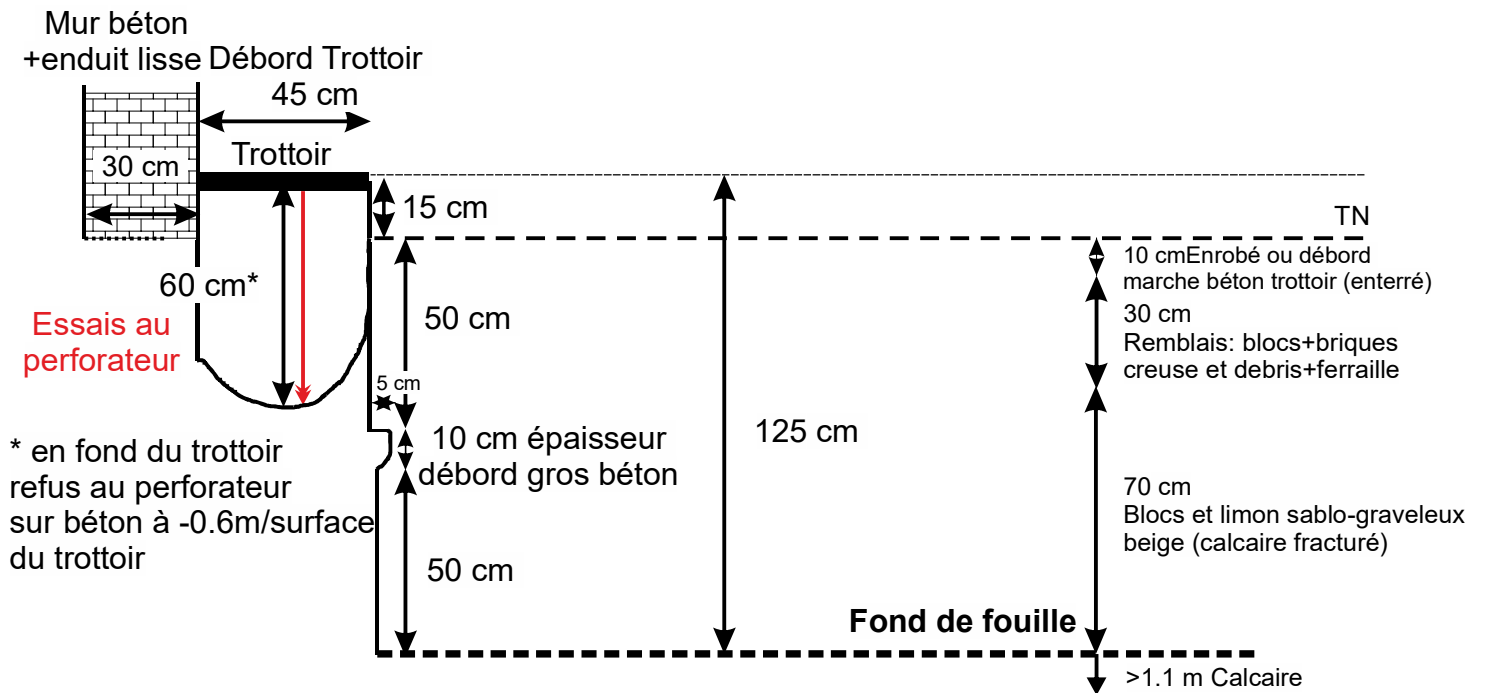


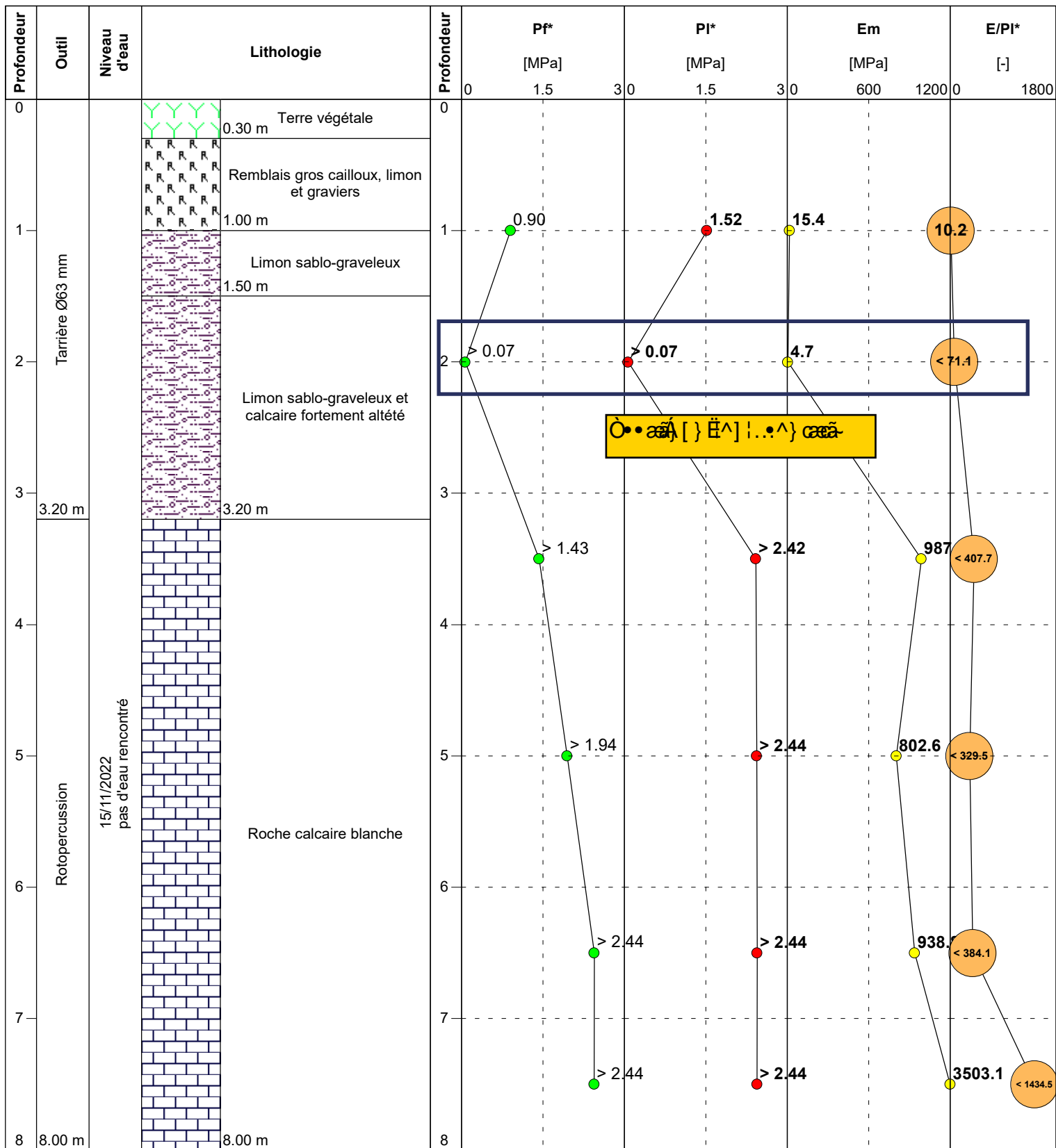


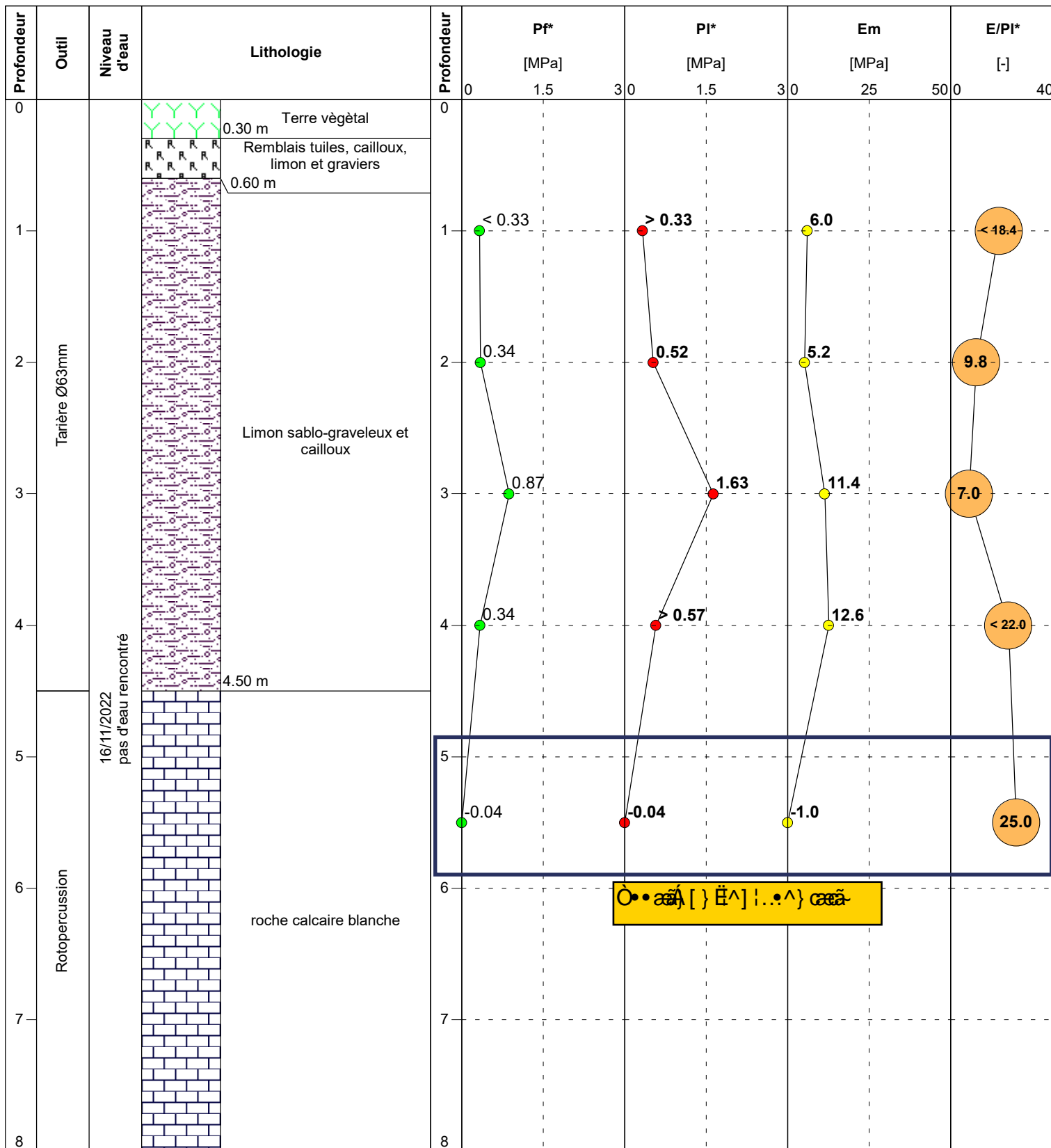
**Remarque: Présence de renfort sur le mur banché**















GIA ingénierie

## Essais pressiométriques Ménard

Dépouillement des essais conforme à la norme NF EN ISO 22476-4

Logiciel : Geo-log 4

Forage

SP3

Dossier

ENSM Marseille

Date de début

15/11/2022

Chantier

G5-G2-5912/22

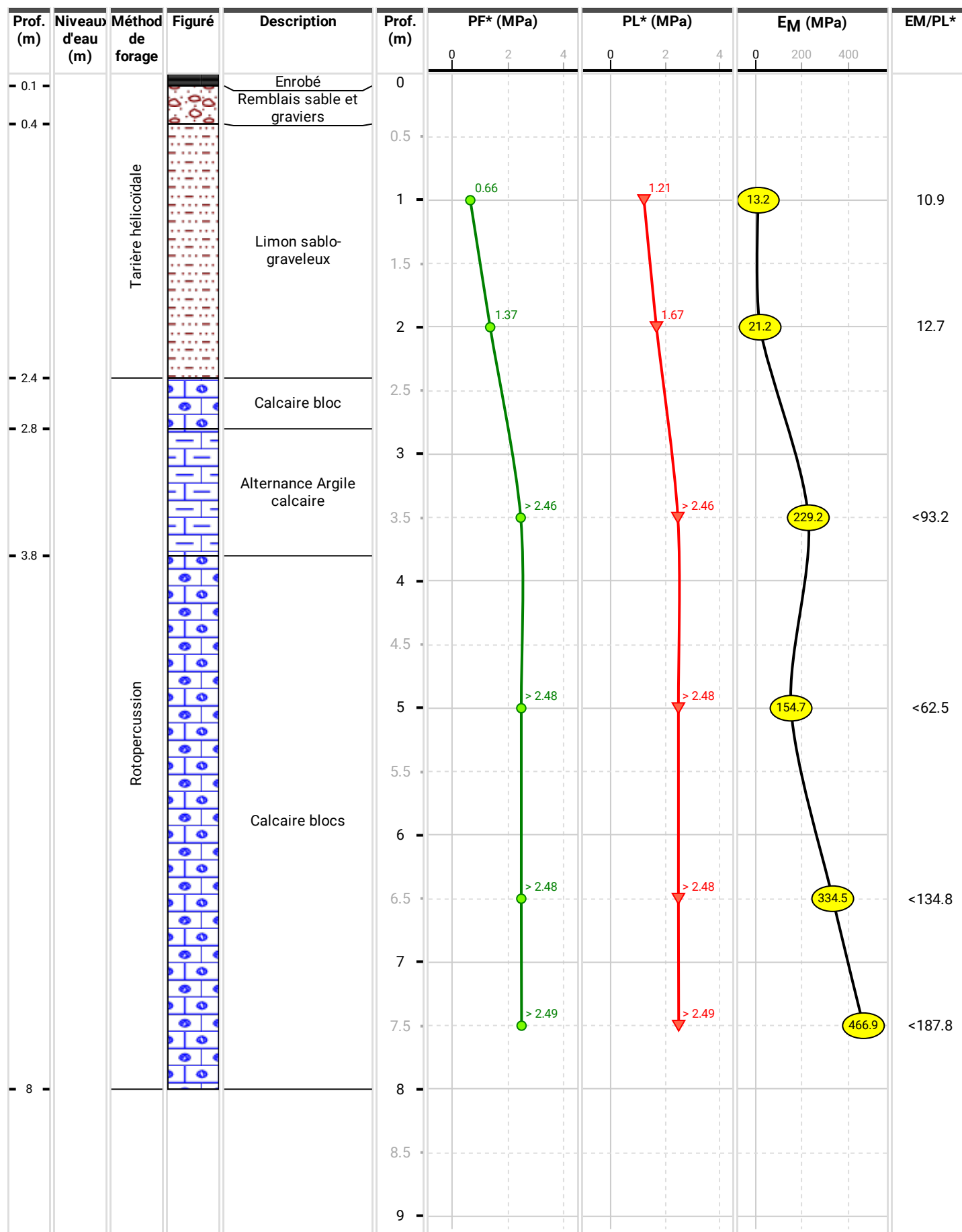
Cote début

Cote fin

Client

ENSM Marseille

Observation





GIA ingénierie

## Sondage au pénétromètre dynamique lourd (DPH)

Réalisé conformément à la norme NF EN ISO 22476-2

Forage

P1

Matériel GEOTOOL LM50

Masse du mouton: 50 kg

Masse des accessoires: 8,2 kg

Masse d'une tige: 6,0 kg

Hauteur de chute: 50 cm

Surface de la pointe: 15 cm<sup>2</sup>

Dossier

ENSM Marseille

Chantier

Client

ENSM Marseille

Date de début

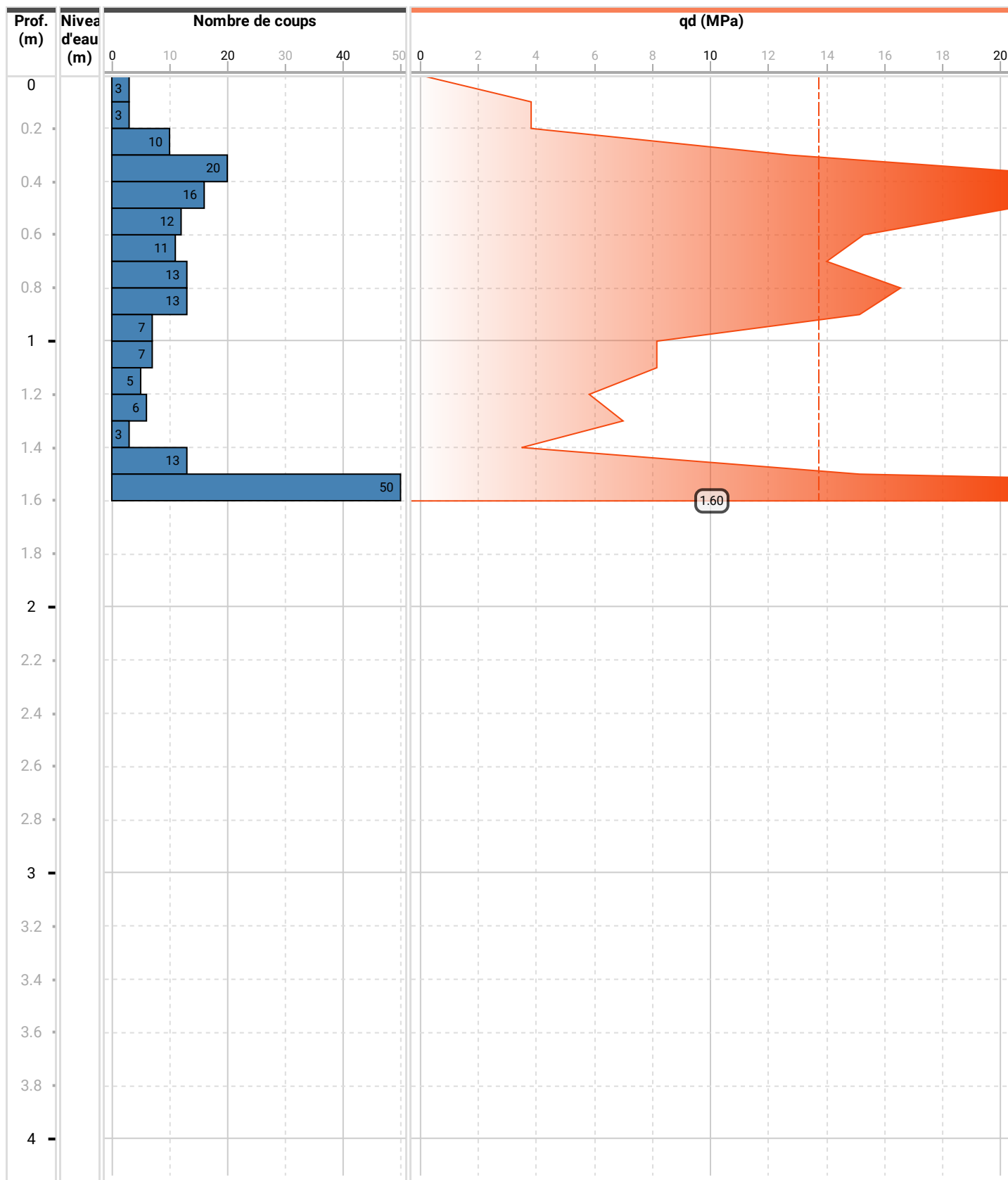
15/11/2022

Cote début

Cote fin

Observation

Refus (net) obtenu à -1.6 m





GIA ingénierie

## Sondage au pénétromètre dynamique lourd (DPH)

Réalisé conformément à la norme NF EN ISO 22476-2

Forage

P1bis

Matériel GEOTOOL LM50

Masse du mouton: 50 kg

Masse des accessoires: 8,2 kg

Masse d'une tige: 6,0 kg

Hauteur de chute: 50 cm

Surface de la pointe: 15 cm<sup>2</sup>

Dossier

ENSM Marseille

Date de début

15/11/2022

Chantier

Cote début

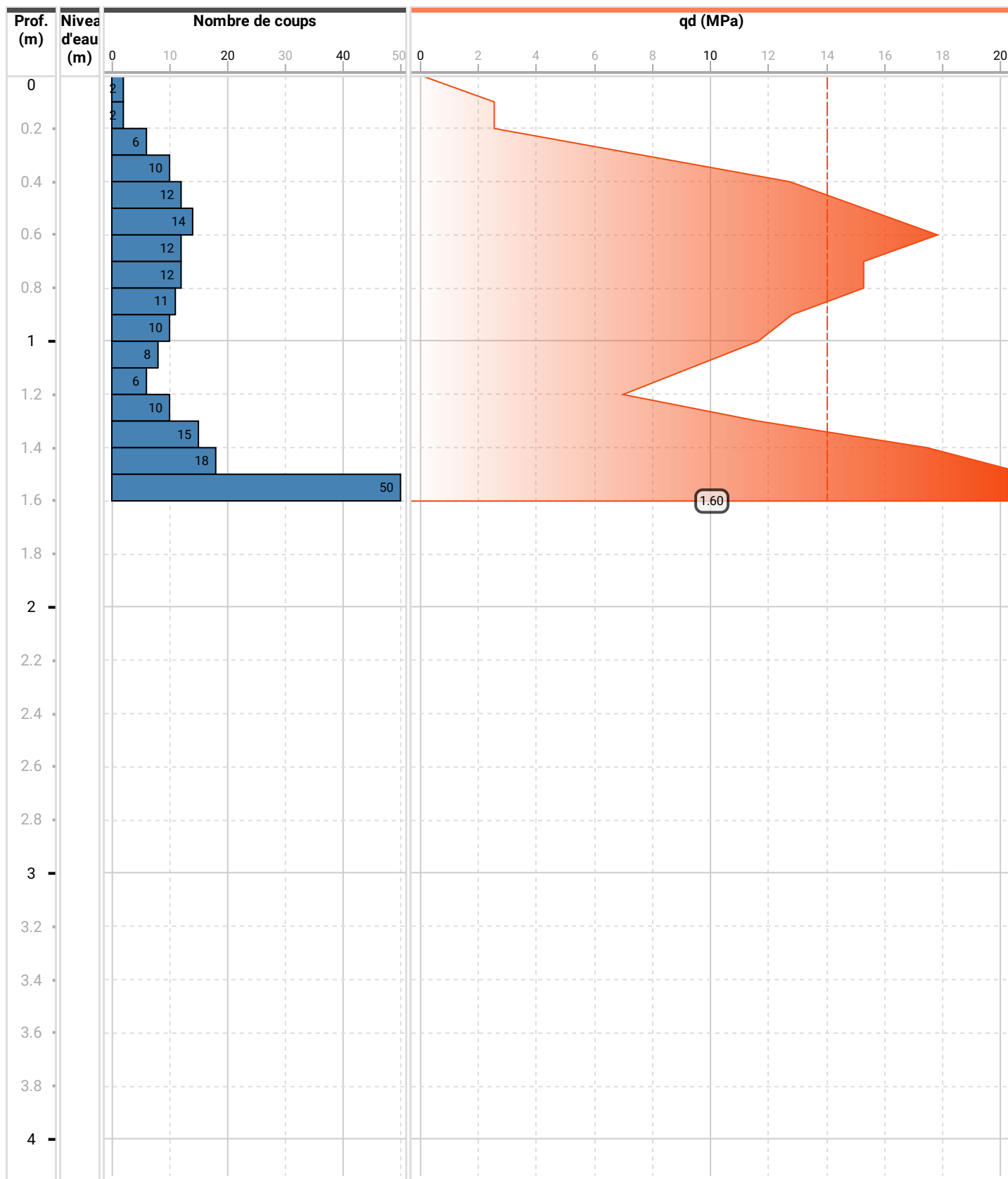
Client

Cote fin

ENSM Marseille

Observation

Refus (net) obtenu à -1.6 m





GIA ingénierie

## Sondage au pénétromètre dynamique lourd (DPH)

Réalisé conformément à la norme NF EN ISO 22476-2

Forage

P2

Matériel GEOTOOL LM50

Masse du mouton: 50 kg

Masse des accessoires: 8,2 kg

Masse d'une tige: 6,0 kg

Hauteur de chute: 50 cm

Surface de la pointe: 15 cm<sup>2</sup>

Dossier

ENSM

Marseille

Chantier

Client

ENSM

Marseille

Date de début

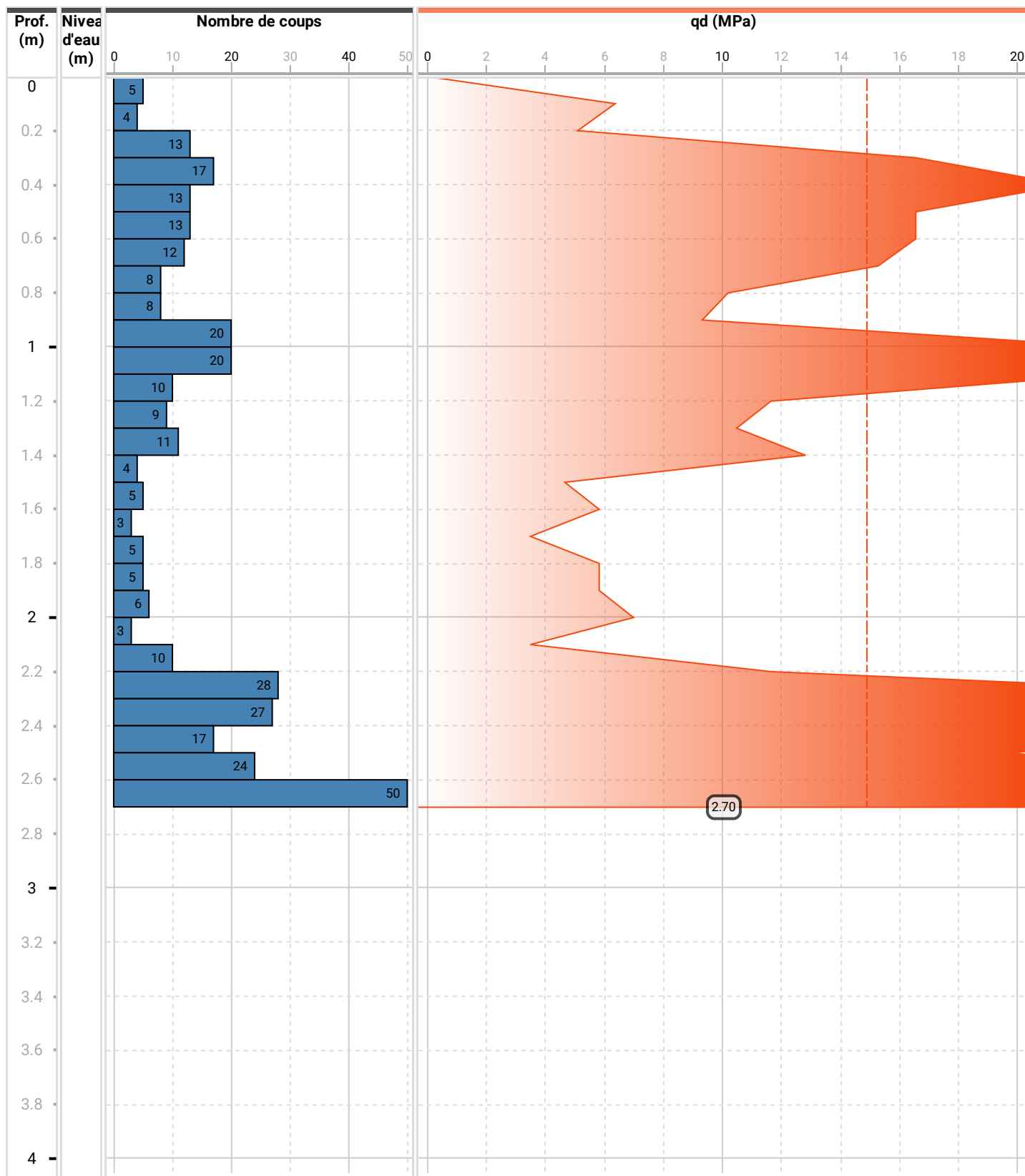
15/11/2022

Cote début

Cote fin

Observation

Refus (>50 coups) obtenu à -2.7 m





GIA ingénierie

## Sondage au pénétromètre dynamique lourd (DPH)

Réalisé conformément à la norme NF EN ISO 22476-2

Forage

P2bis

Matériel GEOTOOL LM50

Masse du mouton: 50 kg

Masse des accessoires: 8,2 kg

Masse d'une tige: 6,0 kg

Hauteur de chute: 50 cm

Surface de la pointe: 15 cm<sup>2</sup>

Dossier

ENSM

Marseille

Chantier

Client

ENSM

Marseille

Date de début

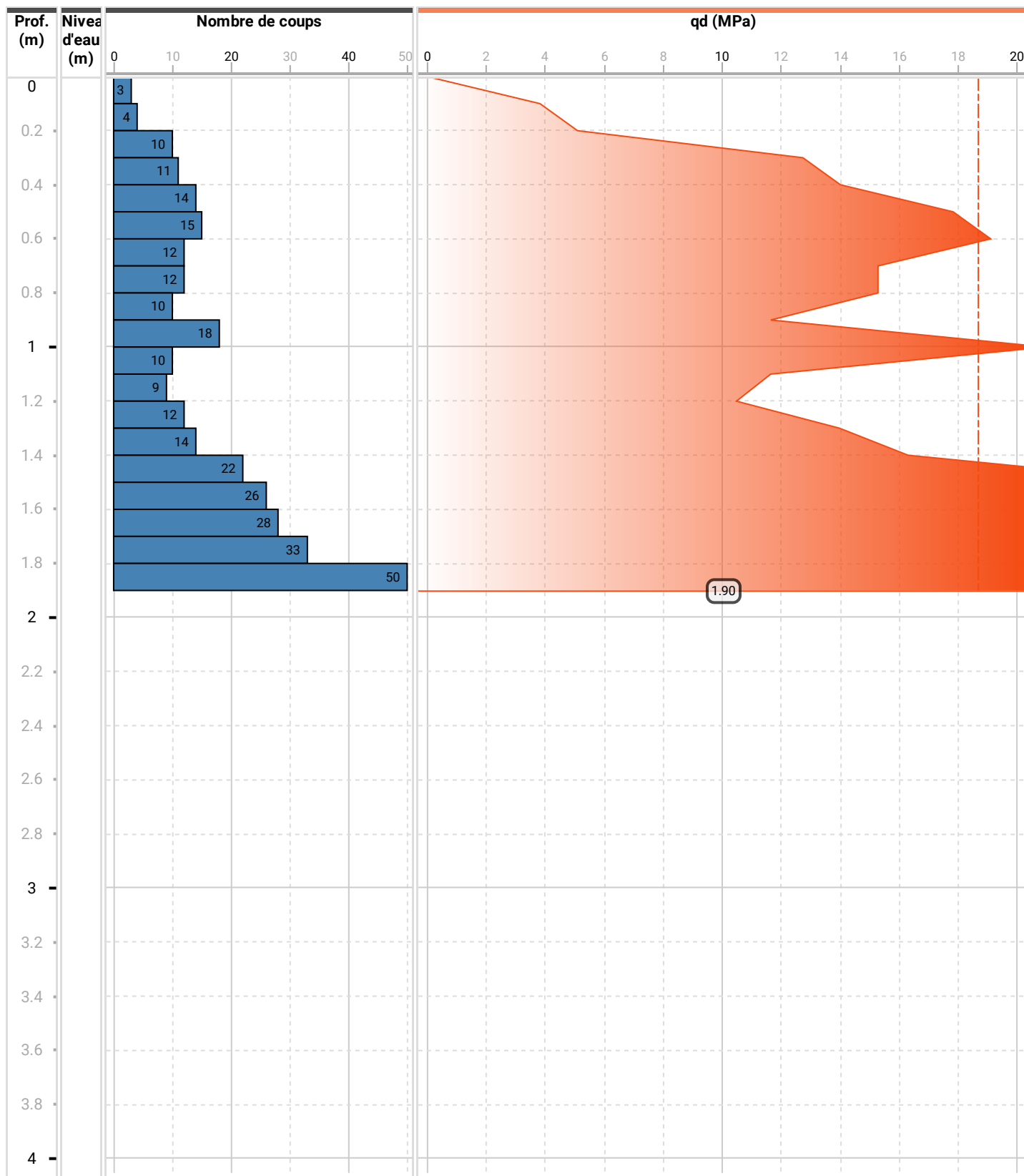
15/11/2022

Cote début

Cote fin

Observation

Refus (>50 coups ) obtenu à -1.9 m



**PROCES VERBAL D'ESSAI**

**MESURE DE LA QUANTITE ET DE L'ACTIVITE DE LA FRACTION ARGILEUSE**

Détermination de la valeur au bleu de méthylène d'un sol par l'essai à la tâche

Effectué conformément à la norme NF P94-068

N° dossier: <b>G5/5912-22</b>	Sondage: <b>F1</b>	Echantillon remanié
Chantier: <b>REHABILITATION ENSM</b>	Profondeur: <b>1.60 m</b>	
Lieu: <b>MARSEILLE</b>	Nature du sol: <b>Limon sablo-graveleux marron avec quelques blocs</b>	
Date de prélèvement: <b>15 au 17/11/2022</b>		
Essai effectué le: <b>12/12/2022</b> par <b>HF</b>	Mode de prélèvement: <b>Fouille manuelle</b>	
Température d'étuvage: <b>105 °C</b>	Teneur en eau initiale du sol $w_n$ : <b>6.02%</b>	

Poids de sol sec utilisé (gr)	Elts < 5 mm dans la fraction 0/50 (%)	Volume de solution utilisée (ml)	V.B.S.
33.7	100.0	50	<b>1.48</b>



**PROCES VERBAL D'ESSAI**

**MESURE DE LA QUANTITE ET DE L'ACTIVITE DE LA FRACTION ARGILEUSE**

Détermination de la valeur au bleu de méthylène d'un sol par l'essai à la tâche

Effectué conformément à la norme NF P94-068

N° dossier: <b>G5/5912-22</b>	Sondage: <b>F2</b>	Echantillon remanié
Chantier: <b>REHABILITATION ENSM</b>	Profondeur: <b>1.60 m</b>	
Lieu: <b>MARSEILLE</b>	Nature du sol: <b>Limon sablo-graveleux marron avec quelques blocs, humide</b>	
Date de prélèvement: <b>15 au 17/11/2022</b>		
Essai effectué le: <b>12/12/2022</b> par <b>HF</b>	Mode de prélèvement:	<b>Fouille manuelle</b>
Température d'étuvage: <b>105 °C</b>	Teneur en eau initiale du sol wn: <b>8.69%</b>	

Poids de sol sec utilisé (gr)	Elts < 5 mm dans la fraction 0/50 (%)	Volume de solution utilisée (ml)	V.B.S.
32.2	100.0	50	<b>1.55</b>



**GIA ingénierie**  
la terre précisément

**Géologie informatique Appliquées**  
**Risques naturels - Géologie - Géotechnique**

**PROCES VERBAL D'ESSAI**

**MESURE DE LA QUANTITE ET DE L'ACTIVITE DE LA FRACTION ARGILEUSE**

Détermination de la valeur au bleu de méthylène d'un sol par l'essai à la tâche

Effectué conformément à la norme NF P94-068

N° dossier: <b>G5/5912-22</b>	Sondage: <b>SP1</b>	Echantillon remanié
Chantier: <b>REHABILITATION ENSM</b>	Profondeur: <b>2.50 à 3.50 m</b>	
Lieu: <b>MARSEILLE</b>	Nature du sol: <b>Calcaire fortement altéré blanc</b>	
Date de prélèvement: <b>15 au 17/11/2022</b>		
Essai effectué le: <b>12/12/2022</b> par	<b>HF</b>	Mode de prélèvement: <b>Tarière mécanique</b>
Température d'étuvage: <b>105 °C</b>	Teneur en eau initiale du sol $w_n$ : <b>2.46%</b>	

Poids de sol sec utilisé (gr)	Elts < 5 mm dans la fraction 0/50 (%)	Volume de solution utilisée (ml)	V.B.S.
46.5	100.0	10	<b>0.21</b>



**GIA ingénierie**  
la terre précisément  
**GIA INGENIERIE**  
114, Traverse Le Mée B.P. 131  
13267 MARSEILLE CEDEX 8  
Tél : 04 91 25 23 23 - Fax : 04 91 77 44 81  
N° SIRET 449 63 652 1000 14

**PROCES VERBAL D'ESSAI**

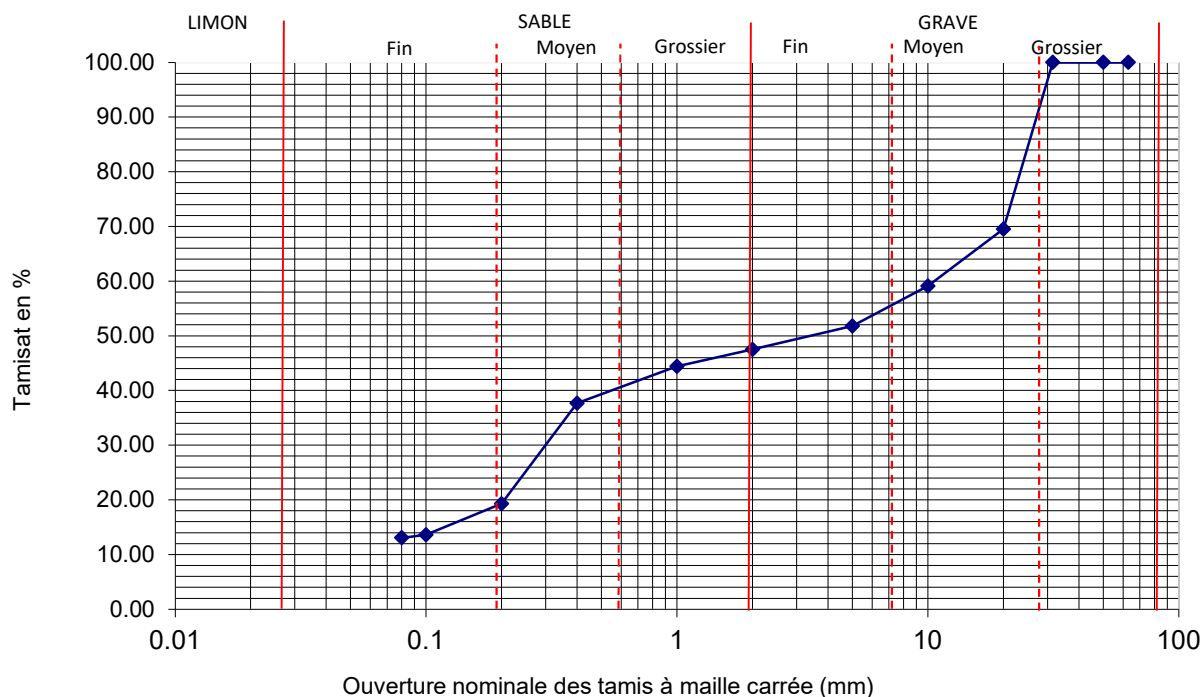
**ANALYSE GRANULOMETRIQUE DES SOLS**

Méthode par tamisage à sec après lavage

Effectué conformément à la norme NF P94-056

N° dossier: <b>G5/5912-22</b>	Sondage: <b>F1</b>	Echantillon remanié
Chantier: <b>REHABILITATION ENSM</b>	Profondeur: <b>1.60 m</b>	
Lieu: <b>MARSEILLE</b>	Nature du sol: <b>Limon sablo-graveleux marron avec quelques blocs</b>	
Date de prélèvement: <b>15 au 17/11/2022</b>		
Essai effectué le: <b>12/12/2022</b> par <b>HF</b>	Mode de prélèvement: <b>Fouille manuelle</b>	
Température d'étuvage: <b>105 °C</b>	Teneur en eau initiale du sol $w_n$ : <b>6.02%</b>	

**Courbe granulométrique**



Tamis d (mm)	63	50	31.5	20	10	5.00	2
Passant (%)	100.00	100.00	100.00	69.50	59.13	51.76	47.52
Tamis d (mm)	1.00	0.40	0.20	0.10	0.08		
Passant (%)	44.43	37.69	19.27	13.63	13.07		

**PROCES VERBAL D'ESSAI**

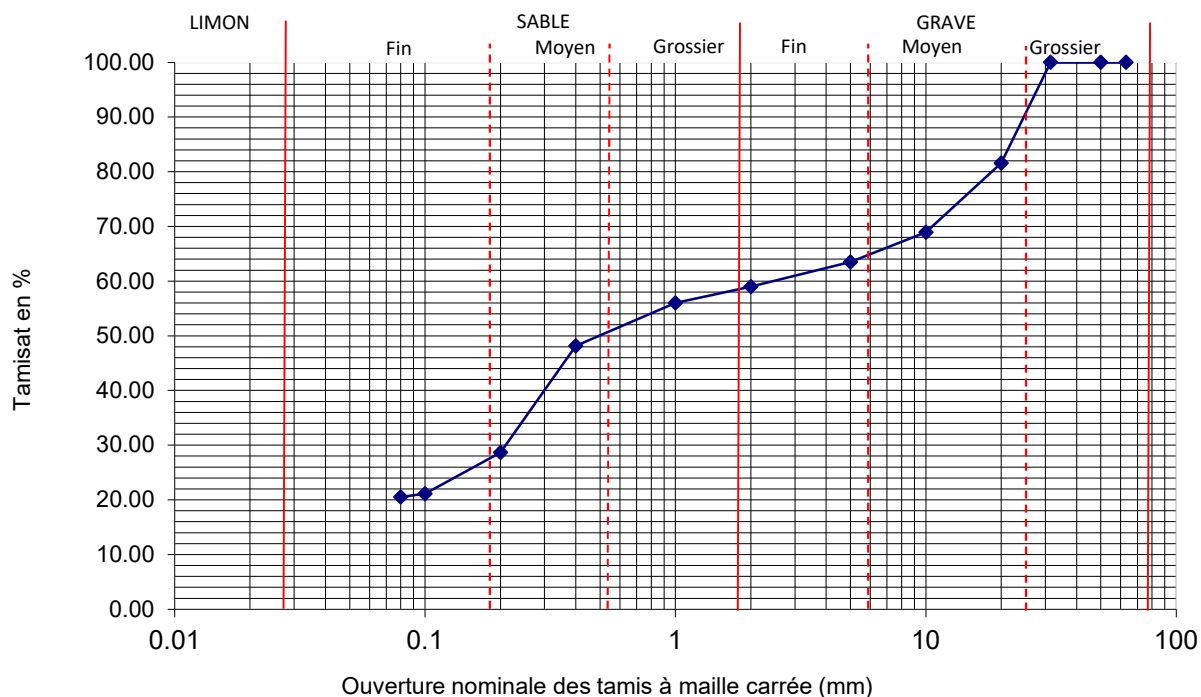
**ANALYSE GRANULOMETRIQUE DES SOLS**

Méthode par tamisage à sec après lavage

Effectué conformément à la norme NF P94-056

N° dossier: <b>G5/5912-22</b>	Sondage: <b>F2</b>	Echantillon remanié
Chantier: <b>REHABILITATION ENSM</b>	Profondeur: <b>1.60 m</b>	
Lieu: <b>MARSEILLE</b>	Nature du sol: <b>Limon sablo-graveleux marron avec quelques blocs, humide</b>	
Date de prélèvement: <b>15 au 17/11/2022</b>		
Essai effectué le: <b>12/12/2022</b> par	<b>HF</b>	Mode de prélèvement: <b>Fouille manuelle</b>
Température d'étuvage: <b>105 °C</b>	Teneur en eau initiale du sol Wn: <b>8.69%</b>	

**Courbe granulométrique**



Tamis d (mm)	63	50	31.5	20	10	5.00	2
Passant (%)	100.00	100.00	100.00	81.59	68.93	63.48	59.01
Tamis d (mm)	1.00	0.40	0.20	0.10	0.08		
Passant (%)	55.98	48.13	28.67	21.14	20.54		



GIA ingénierie  
la terre précisément

**GIA INGENIERIE**  
114, Traverse Le Mée B.P. 131  
13267 MARSEILLE CEDEX 8  
Tél : 04 91 25 23 23 - Fax : 04 91 77 44 81  
N° SIRET 449 63 652 1000 14

*[Signature]*

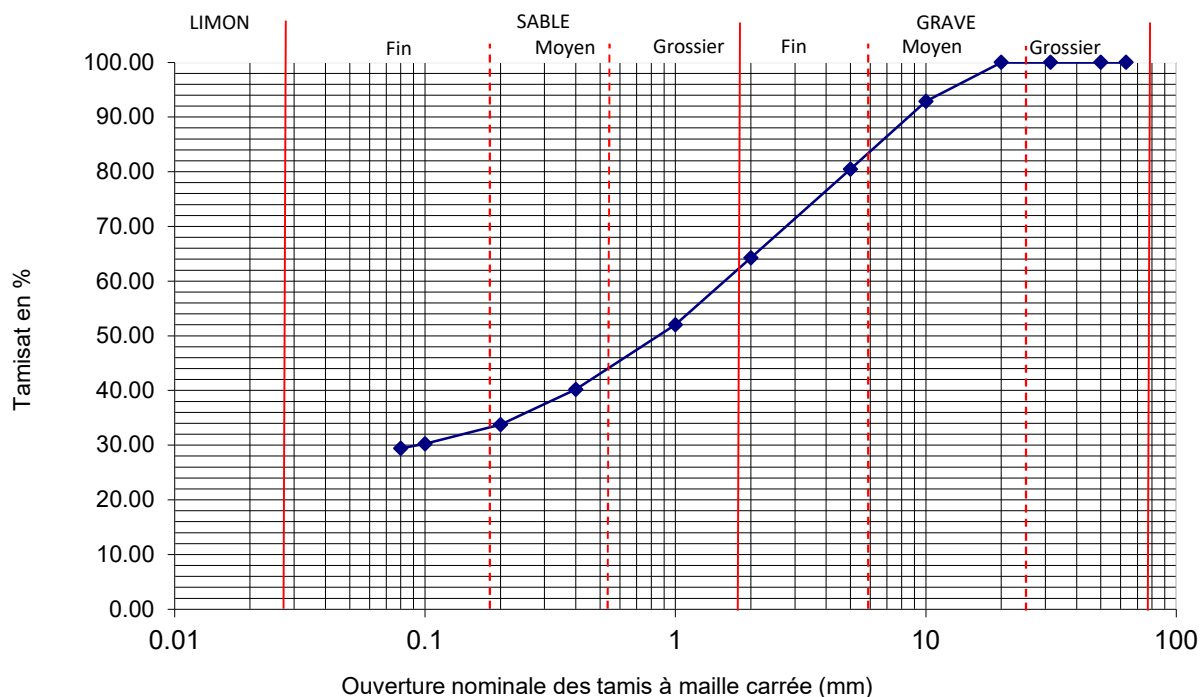
**PROCES VERBAL D'ESSAI**

**ANALYSE GRANULOMETRIQUE DES SOLS**

Méthode par tamisage à sec après lavage  
Effectué conformément à la norme NF P94-056

N° dossier: <b>G5/5912-22</b>	Sondage: <b>SP1</b>	Echantillon remanié
Chantier: <b>REHABILITATION ENSM</b>	Profondeur: <b>2.50 à 3.50 m</b>	
Lieu: <b>MARSEILLE</b>	Nature du sol: <b>Calcaire fortement altéré blanc</b>	
Date de prélèvement: <b>15 au 17/11/2022</b>		
Essai effectué le: <b>12/12/2022</b> par <b>HF</b>	Mode de prélèvement: <b>Tarière mécanique</b>	
Température d'étuvage: <b>105 °C</b>	Teneur en eau initiale du sol Wn: <b>2.46%</b>	

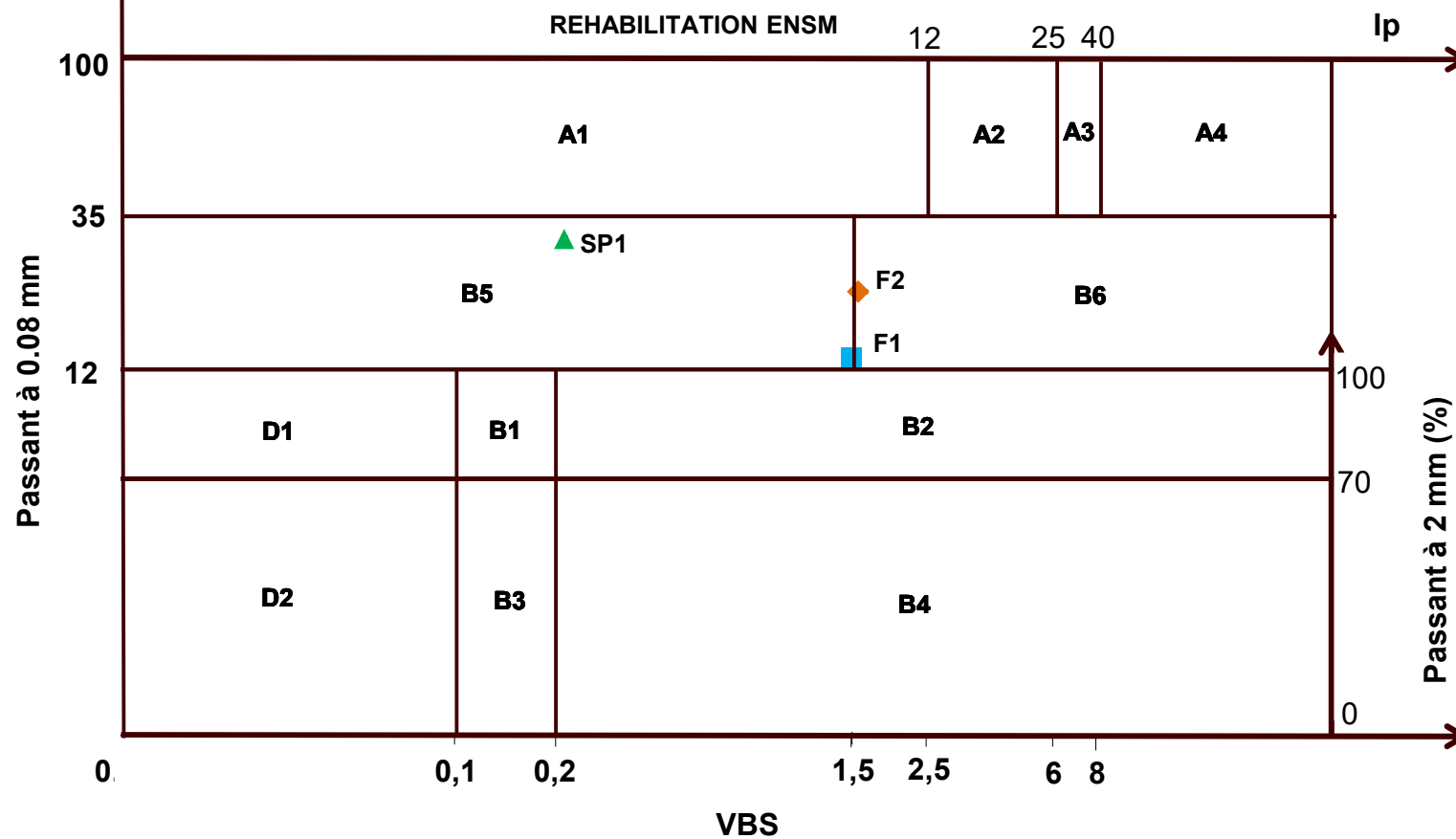
**Courbe granulométrique**



Tamis d (mm)	63	50	31.5	20	10	5.00	2
Passant (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	92.88	80.45	64.24
Tamis d (mm)	1.00	0.40	0.20	0.10	0.08		
Passant (%)	52.05	40.20	33.73	30.23	29.44		

# Classification des matériaux selon leur nature

Guide technique du LCPC et SETRA





# Données

Titre du projet : Calcul fondations - BERTIN TECHNOLOGIES

Numéro d'affaire : G2-5509/21

Commentaires : N/A

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-261

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas de calcul (m) : 0,20

Forme de la base : Fondation filante

Largeur B (m) : 0,80

Cote du TN initial Zini (m) : 0,00

Cote du TN final Zfin (m) : 0,00

Cote de base fondation Zd (m) : -0,50

Proximité d'un talus : Non

Catégorie de sol : Argiles et limons

Type de comportement : Comportement cohérent

Poids volumique moyen du sol au-dessus de la base de la fondation (kN/m3) : 0,0

Terrain et profil pressiométrique

No	Nom	Couleur	Zbase	pl*	EM	α
1	Couche 1		-5,00	2000,00	154800,00	0,67

Cas de charge

N°	Qd	δd	MB,d	Combinaison
1	57,5	0,0	0,0	ELS-Quasi-permanentes
2	47,0	0,0	0,0	ELS-Quasi-permanentes
3	40,0	0,0	0,0	ELS-Quasi-permanentes
4	63,0	0,0	0,0	ELS-Quasi-permanentes
5	80,0	0,0	0,0	ELU-Fondamentales
6	65,0	0,0	0,0	ELU-Fondamentales
7	55,0	0,0	0,0	ELU-Fondamentales
8	90,0	0,0	0,0	ELU-Fondamentales

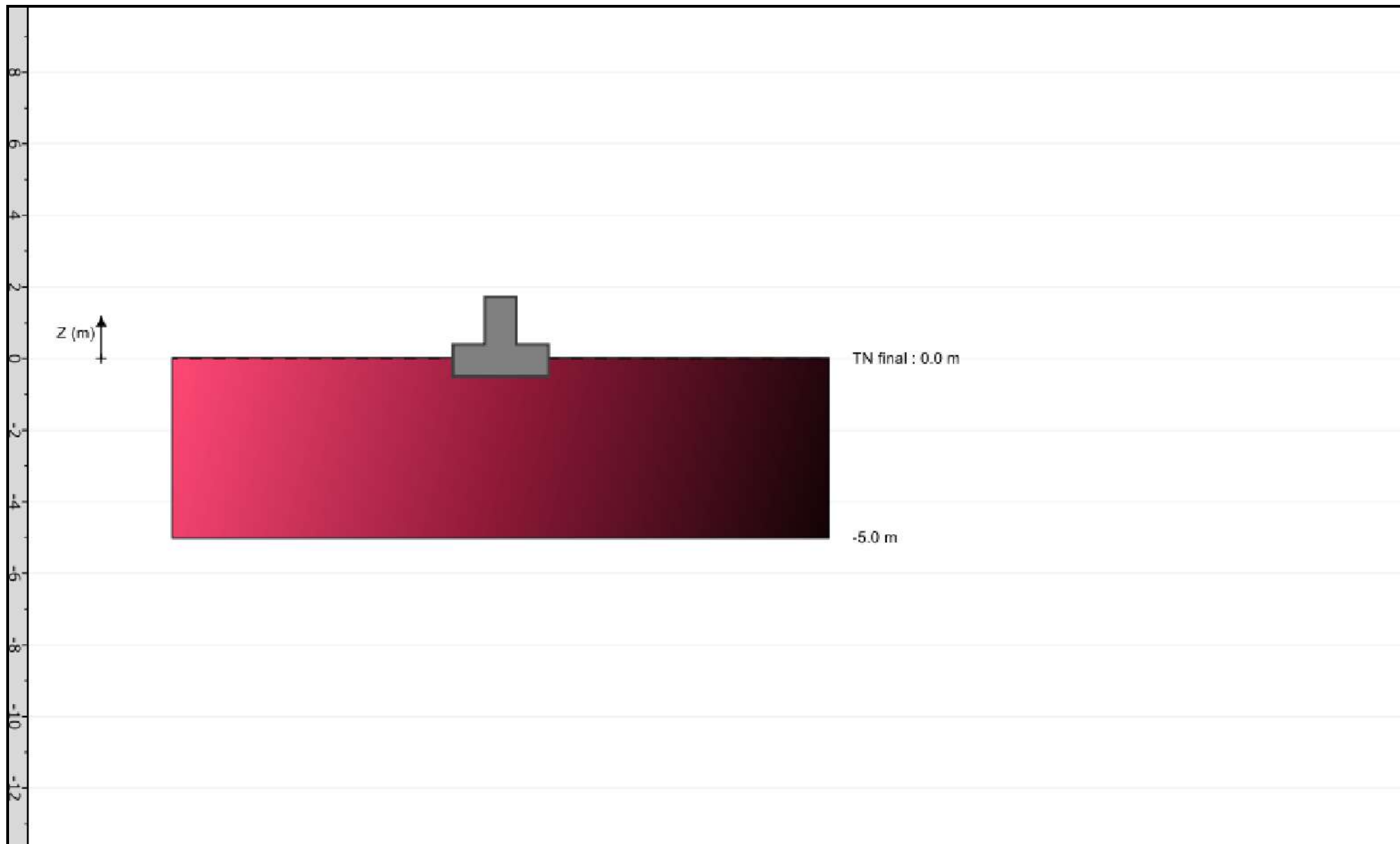


FoXta v3  
v3.3.6

Imprimé le : 17/03/2023 - 15:21:28  
Calcul réalisé par : GIA INGENIERIE

Projet : Fond\_sup filantes 0.8m  
Module : Fondsup

# Onglet "Chargement (valeurs de calcul)"



File : C:\Users\GIA\AppData\Local\Temp\Terrasol\FoxTa v3\10484\temp[FS].resu

Calcul réalisé le : 17/03/2023 à 15h20  
par : GIA INGENIERIE

## Paramètres de calcul :

- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
- calcul selon la norme NF P 94 261 - EC7
- profils de pl\* et EM définis par couche

Base de la fondation Zd -0.50

Toit du terrain initial Zini 0.00

Toit du terrain final Zfin 0.00

Fondation filante :  
largeur B 0.80

## Caractéristiques du sol (données utilisateur)

Classe du sol de fondation : Argiles et limons  
Type de comportement : parfaitement cohérentPoids volumique moyen du sol au dessus de Zd 0.00  
Coefficient rheologique du sol de fondation 0.67

Couche	base	pl*	EM
01	-5.00	2000.00	154800.00

## Discrétisation des couches (Paramètres du calcul)

Pas du calcul 0.20

couche	point	cote	pl*	EM
01	1	0.00	2000.00	154800.00
01	2	-0.20	2000.00	154800.00
01	3	-0.40	2000.00	154800.00
01	4	-0.60	2000.00	154800.00
01	5	-0.80	2000.00	154800.00
01	6	-1.00	2000.00	154800.00
01	7	-1.20	2000.00	154800.00
01	8	-1.40	2000.00	154800.00
01	9	-1.60	2000.00	154800.00
01	10	-1.80	2000.00	154800.00
01	11	-2.00	2000.00	154800.00
01	12	-2.20	2000.00	154800.00
01	13	-2.40	2000.00	154800.00
01	14	-2.60	2000.00	154800.00
01	15	-2.80	2000.00	154800.00
01	16	-3.00	2000.00	154800.00
01	17	-3.20	2000.00	154800.00
01	18	-3.40	2000.00	154800.00
01	19	-3.60	2000.00	154800.00
01	20	-3.80	2000.00	154800.00
01	21	-4.00	2000.00	154800.00
01	22	-4.20	2000.00	154800.00
01	23	-4.40	2000.00	154800.00
01	24	-4.60	2000.00	154800.00
01	25	-4.80	2000.00	154800.00
01	26	-5.00	2000.00	154800.00
01	27	-5.00	2000.00	154800.00

## RESULTATS DU CALCUL


**FoXta v3**  
v3.3.6

Imprimé le : 17/03/2023 - 15:21:30  
Calcul réalisé par : GIA INGENIERIE  
Projet : Fond\_sup filantes 0.8m  
Module : Fondsup

Valeurs valables pour tous les cas de charge :

Hauteur d'encastrement équivalente De	0.50
Facteur de portance kp	0.92

=====  
Cas de charge n° : 001 - Combinaison ELS-QP  
=====

Charge verticale V,d	57.50
Charge horizontale H,d	0.00
Moment M,d	0.00

-----  
PORTANCE ET RENVERSEMENT  
-----

Excentricité de la charge selon B	0.00
Largeur d'assise effective B'	0.80
Pression limite équiv. Ple	2000.00
Hauteur de calcul Hr	1.20

Coefficient réducteur idb	1.00
---------------------------	------

Contrainte initiale q0	0.00
Contrainte ultime nette qu	1836.41

Facteur de pondération global F	2.76
---------------------------------	------

Résultante de la contrainte initiale sous la fondation R0	0.00
--	------

Valeur de calcul de l'effort de résistance nette du terrain Rv,d	532.29
---	--------

Portance : V,d - R0 < Rv,d => OK!  
Excentricité : Surface comprimée = 100% => OK!

-----  
TASSEMENTS  
-----

Coefficients de forme :

Coefficient Lambda_c	1.50
Coefficient Lambda_d	2.65

Modules équivalents :

Module E1	154800.00
Module E2	154800.00
Module E3,5	154800.00
Module E6,8	154800.00
Module E9,16	154800.00
Module Ec	154800.00
Module Ed	154800.00

Contrainte initiale sv0	0.00
-------------------------	------

Tassements (mm) :

Part volumique sc	0.04
Part déviatorique sd	0.14
Tassement total 10 ans	0.19

=====  
Cas de charge n° : 002 - Combinaison ELS-QP  
=====

Charge verticale V,d	47.00
Charge horizontale H,d	0.00
Moment M,d	0.00

# PORTANCE ET RENVERSEMENT

Excentricité de la charge selon B 0.00  
 Largeur d'assise effective B' 0.80  
 Pression limite équiv. Ple 2000.00  
 Hauteur de calcul Hr 1.20

Coefficient réducteur idb 1.00

Contrainte initiale q0 0.00  
 Contrainte ultime nette qu 1836.41

Facteur de pondération global F 2.76

Résultante de la contrainte  
 initiale sous la fondation R0 0.00

Valeur de calcul de l'effort de  
 résistance nette du terrain Rv,d 532.29

Portance :  $V,d - R0 < Rv,d$  => OK!  
 Excentricité : Surface comprimée = 100% => OK!

## TASSEMENTS

Coefficients de forme :  
 Coefficient Lambda\_c 1.50  
 Coefficient Lambda\_d 2.65

Modules équivalents :  
 Module E1 154800.00  
 Module E2 154800.00  
 Module E3,5 154800.00  
 Module E6,8 154800.00  
 Module E9,16 154800.00  
 Module Ec 154800.00  
 Module Ed 154800.00

Contrainte initiale sv0 0.00

Tassements (mm) :

Part volumique sc 0.03  
 Part déviatorique sd 0.12  
 Tassement total 10 ans 0.15

Cas de charge n° : 003 - Combinaison ELS-QP

Charge verticale V,d 40.00  
 Charge horizontale H,d 0.00  
 Moment M,d 0.00

# PORTANCE ET RENVERSEMENT

Excentricité de la charge selon B 0.00  
 Largeur d'assise effective B' 0.80  
 Pression limite équiv. Ple 2000.00  
 Hauteur de calcul Hr 1.20

Coefficient réducteur idb 1.00

Contrainte initiale q0 0.00  
 Contrainte ultime nette qu 1836.41

Facteur de pondération global F 2.76

Résultante de la contrainte  
 initiale sous la fondation R0 0.00



**FoXta v3**  
 v3.3.6

Imprimé le : 17/03/2023 - 15:21:30  
 Calcul réalisé par : GIA INGENIERIE  
 Projet : Fond\_sup filantes 0.8m  
 Module : Fondsup

Valeur de calcul de l'effort de  
résistance nette du terrain  $R_{v,d}$  532.29

Portance :  $V_d - R_0 < R_{v,d}$  => OK!  
Excentricité : Surface comprimée = 100% => OK!

-----  
TASSEMENTS  
-----

Coefficients de forme :  
Coefficient  $\lambda_c$  1.50  
Coefficient  $\lambda_d$  2.65

Modules équivalents :  
Module E1 154800.00  
Module E2 154800.00  
Module E3,5 154800.00  
Module E6,8 154800.00  
Module E9,16 154800.00  
  
Module Ec 154800.00  
Module Ed 154800.00

Contrainte initiale  $sv_0$  0.00

Tassements (mm):

Part volumique  $sc$  0.03  
Part déviatorique  $sd$  0.10  
Tassement total 10 ans 0.13

=====  
Cas de charge n° : 004 - Combinaison ELS-QP  
=====

Charge verticale  $V_d$  63.00  
Charge horizontale  $H_d$  0.00  
Moment  $M_d$  0.00

-----  
PORTANCE ET RENVERSEMENT  
-----

Excentricité de la charge selon B 0.00  
Largeur d'assise effective  $B'$  0.80  
Pression limite équiv.  $P_{le}$  2000.00  
Hauteur de calcul  $H_r$  1.20

Coefficient réducteur  $i_{db}$  1.00  
Contrainte initiale  $q_0$  0.00  
Contrainte ultime nette  $q_u$  1836.41

Facteur de pondération global  $F$  2.76

Résultante de la contrainte  
initiale sous la fondation  $R_0$  0.00

Valeur de calcul de l'effort de  
résistance nette du terrain  $R_{v,d}$  532.29

Portance :  $V_d - R_0 < R_{v,d}$  => OK!  
Excentricité : Surface comprimée = 100% => OK!

-----  
TASSEMENTS  
-----

Coefficients de forme :  
Coefficient  $\lambda_c$  1.50  
Coefficient  $\lambda_d$  2.65

Modules équivalents :  
Module E1 154800.00  
Module E2 154800.00



**FoXta v3**  
v3.3.6

Imprimé le : 17/03/2023 - 15:21:30  
Calcul réalisé par : GIA INGENIERIE  
Projet : Fond\_sup filantes 0.8m  
Module : Fondsup



Module E3,5	154800.00
Module E6,8	154800.00
Module E9,16	154800.00
Module Ec	154800.00
Module Ed	154800.00

Contrainte initiale sv0 0.00

Tassements (mm):

Part volumique sc	0.05
Part déviatorique sd	0.16
Tassement total 10 ans	0.20

=====  
Cas de charge n° : 005 - Combinaison ELU-FOND  
=====

Charge verticale V,d	80.00
Charge horizontale H,d	0.00
Moment M,d	0.00

-----  
PORTANCE ET RENVERSEMENT  
-----

Excentricité de la charge selon B	0.00
Largeur d'assise effective B'	0.80
Pression limite équiv. Ple	2000.00
Hauteur de calcul Hr	1.20

Coefficient réducteur idb	1.00
---------------------------	------

Contrainte initiale q0	0.00
Contrainte ultime nette qu	1836.41

Facteur de pondération global F 1.68

Résultante de la contrainte initiale sous la fondation R0	0.00
---	------

Valeur de calcul de l'effort de résistance nette du terrain Rv,d	874.48
--	--------

Portance : V,d - R0 < Rv,d => OK!  
Excentricité : Surface comprimée > 10% => OK!

=====  
Cas de charge n° : 006 - Combinaison ELU-FOND  
=====

Charge verticale V,d	65.00
Charge horizontale H,d	0.00
Moment M,d	0.00

-----  
PORTANCE ET RENVERSEMENT  
-----

Excentricité de la charge selon B	0.00
Largeur d'assise effective B'	0.80
Pression limite équiv. Ple	2000.00
Hauteur de calcul Hr	1.20

Coefficient réducteur idb	1.00
---------------------------	------

Contrainte initiale q0	0.00
Contrainte ultime nette qu	1836.41

Facteur de pondération global F 1.68

Résultante de la contrainte initiale sous la fondation R0	0.00
---	------



**FoXta v3**  
v3.3.6

Imprimé le : 17/03/2023 - 15:21:30  
Calcul réalisé par : GIA INGENIERIE  
Projet : Fond\_sup filantes 0.8m  
Module : Fondsup

Valeur de calcul de l'effort de  
résistance nette du terrain  $R_{v,d}$  874.48

Portance :  $V_d - R_0 < R_{v,d}$  => OK!  
Excentricité : Surface comprimée > 10% => OK!

=====  
Cas de charge n° : 007 - Combinaison ELU-FOND  
=====

Charge verticale  $V_d$  55.00  
Charge horizontale  $H_d$  0.00  
Moment  $M_d$  0.00

-----  
PORTANCE ET RENVERSEMENT  
-----

Excentricité de la charge selon B 0.00  
Largeur d'assise effective  $B'$  0.80  
Pression limite équiv.  $P_{le}$  2000.00  
Hauteur de calcul  $H_r$  1.20

Coefficient réducteur  $i_{db}$  1.00

Contrainte initiale  $q_0$  0.00  
Contrainte ultime nette  $q_u$  1836.41

Facteur de pondération global  $F$  1.68

Résultante de la contrainte  
initiale sous la fondation  $R_0$  0.00

Valeur de calcul de l'effort de  
résistance nette du terrain  $R_{v,d}$  874.48

Portance :  $V_d - R_0 < R_{v,d}$  => OK!  
Excentricité : Surface comprimée > 10% => OK!

=====  
Cas de charge n° : 008 - Combinaison ELU-FOND  
=====

Charge verticale  $V_d$  90.00  
Charge horizontale  $H_d$  0.00  
Moment  $M_d$  0.00

-----  
PORTANCE ET RENVERSEMENT  
-----

Excentricité de la charge selon B 0.00  
Largeur d'assise effective  $B'$  0.80  
Pression limite équiv.  $P_{le}$  2000.00  
Hauteur de calcul  $H_r$  1.20

Coefficient réducteur  $i_{db}$  1.00

Contrainte initiale  $q_0$  0.00  
Contrainte ultime nette  $q_u$  1836.41

Facteur de pondération global  $F$  1.68

Résultante de la contrainte  
initiale sous la fondation  $R_0$  0.00

Valeur de calcul de l'effort de  
résistance nette du terrain  $R_{v,d}$  874.48

Portance :  $V_d - R_0 < R_{v,d}$  => OK!  
Excentricité : Surface comprimée > 10% => OK!



**FoXta v3**  
v3.3.6

Imprimé le : 17/03/2023 - 15:21:30  
Calcul réalisé par : GIA INGENIERIE  
Projet : Fond\_sup filantes 0.8m  
Module : Fondsup

# Données

Titre du projet : Calcul fondations - BERTIN TECHNOLOGIES

Numéro d'affaire : G2-5509/21

Commentaires : N/A

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-261

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas de calcul (m) : 0,20

Forme de la base : Fondation carrée

Côté B (m) : 0,80

Cote du TN initial Zini (m) : 0,00

Cote du TN final Zfin (m) : 0,00

Cote de base fondation Zd (m) : -0,50

Proximité d'un talus : Non

Catégorie de sol : Argiles et limons

Type de comportement : Comportement cohérent

Poids volumique moyen du sol au-dessus de la base de la fondation (kN/m3) : 0,0

Terrain et profil pressiométrique

No	Nom	Couleur	Zbase	pl*	EM	α
1	Couche 1		-5,00	2000,00	154800,00	0,67

Cas de charge

N°	Qd	δd	MB,d	ML,d	Combinaison
1	222,0	0,0	0,0	0,0	ELS-Quasi-permanentes
2	75,0	0,0	0,0	0,0	ELS-Quasi-permanentes
3	197,0	0,0	0,0	0,0	ELS-Quasi-permanentes
4	226,0	0,0	0,0	0,0	ELS-Quasi-permanentes
5	171,0	0,0	0,0	0,0	ELS-Quasi-permanentes
6	158,0	0,0	0,0	0,0	ELS-Quasi-permanentes
7	104,0	0,0	0,0	0,0	ELS-Quasi-permanentes
8	308,1	0,0	0,0	0,0	ELU-Fondamentales
9	103,5	0,0	0,0	0,0	ELU-Fondamentales
10	273,3	0,0	0,0	0,0	ELU-Fondamentales
11	314,4	0,0	0,0	0,0	ELU-Fondamentales
12	237,6	0,0	0,0	0,0	ELU-Fondamentales
13	220,0	0,0	0,0	0,0	ELU-Fondamentales
14	145,0	0,0	0,0	0,0	ELU-Fondamentales

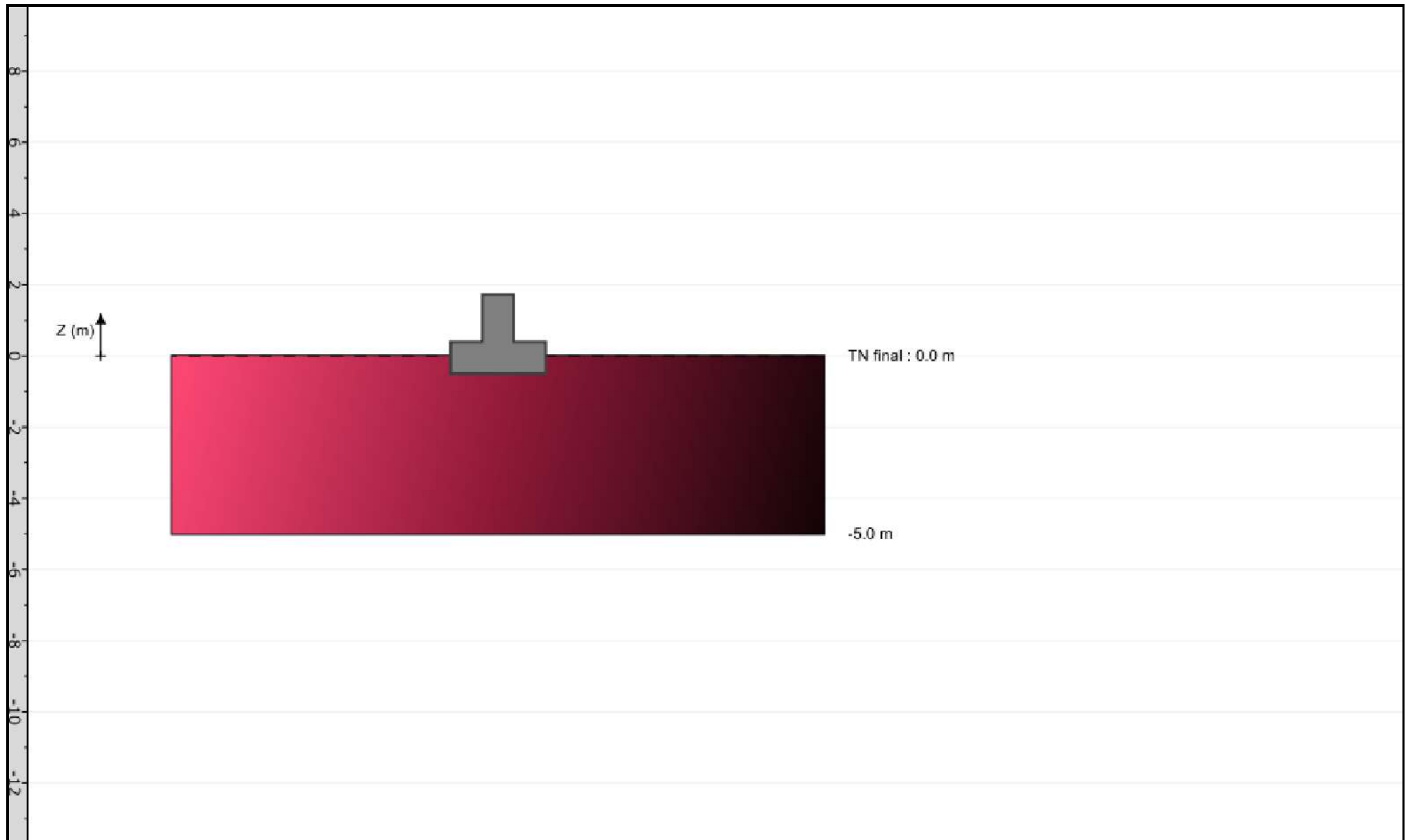


FoXta v3  
v3.3.6

Imprimé le : 17/03/2023 - 15:18:28  
Calcul réalisé par : GIA INGENIERIE

Projet : Fond\_sup Isolé 0.8m  
Module : Fondsup

# Onglet "Chargement (valeurs de calcul)"



File : C:\Users\GIA\AppData\Local\Temp\Terrasol\FoxTa v3\8764\temp[FS].resu

Calcul réalisé le : 17/03/2023 à 15h15  
par : GIA INGENIERIE

## Paramètres de calcul :

- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
- calcul selon la norme NF P 94 261 - EC7
- profils de pl\* et EM définis par couche

Base de la fondation Zd -0.50

Toit du terrain initial Zini 0.00  
Toit du terrain final Zfin 0.00

Fondation rectangulaire :  
largeur B 0.80  
longueur L 0.80

## Caractéristiques du sol (données utilisateur)

Classe du sol de fondation : Argiles et limons  
Type de comportement : parfaitement cohérent

Poids volumique moyen du sol au dessus de Zd 0.00  
Coefficient rheologique du sol de fondation 0.67

Couche	base	pl*	EM
01	-5.00	2000.00	154800.00

## Discrétisation des couches (Paramètres du calcul)

Pas du calcul 0.20

couche	point	cote	pl*	EM
01	1	0.00	2000.00	154800.00
01	2	-0.20	2000.00	154800.00
01	3	-0.40	2000.00	154800.00
01	4	-0.60	2000.00	154800.00
01	5	-0.80	2000.00	154800.00
01	6	-1.00	2000.00	154800.00
01	7	-1.20	2000.00	154800.00
01	8	-1.40	2000.00	154800.00
01	9	-1.60	2000.00	154800.00
01	10	-1.80	2000.00	154800.00
01	11	-2.00	2000.00	154800.00
01	12	-2.20	2000.00	154800.00
01	13	-2.40	2000.00	154800.00
01	14	-2.60	2000.00	154800.00
01	15	-2.80	2000.00	154800.00
01	16	-3.00	2000.00	154800.00
01	17	-3.20	2000.00	154800.00
01	18	-3.40	2000.00	154800.00
01	19	-3.60	2000.00	154800.00
01	20	-3.80	2000.00	154800.00
01	21	-4.00	2000.00	154800.00
01	22	-4.20	2000.00	154800.00
01	23	-4.40	2000.00	154800.00
01	24	-4.60	2000.00	154800.00
01	25	-4.80	2000.00	154800.00
01	26	-5.00	2000.00	154800.00
01	27	-5.00	2000.00	154800.00

# RESULTATS DU CALCUL

Valeurs valables pour tous les cas de charge :

Hauteur d'encastrement equivalente De	0.50
Facteur de portance kp	0.99

Cas de charge n° : 001 - Combinaison ELS-QP

Charge verticale V,d	222.00
Charge horizontale H,d	0.00
Moment Mb,d	0.00
Moment Ml,d	0.00

## PORTANCE ET RENVERSEMENT

Excentricité de la charge selon B	0.00
Excentricité de la charge selon L	0.00
Surface d'assise effective A'	0.64

Pression limite équiv. Ple	2000.00
Hauteur de calcul Hr	1.20

Coefficient réducteur idb	1.00
---------------------------	------

Contrainte initiale q0	0.00
Contrainte ultime nette qu	1980.25

Facteur de pondération global F	2.76
---------------------------------	------

Résultante de la contrainte initiale sous la fondation R0	0.00
---	------

Valeur de calcul de l'effort de résistance nette du terrain Rv,d	459.19
--	--------

Portance : V,d - R0 < Rv,d => OK!  
Excentricité : Surface comprimée = 100% => OK!

## TASSEMENTS

Coefficients de forme :	
Coefficient Lambda_c	1.10
Coefficient Lambda_d	1.12

Modules équivalents :	
Module E1	154800.00
Module E2	154800.00
Module E3,5	154800.00
Module E6,8	154800.00
Module E9,16	154800.00
Module Ec	154800.00
Module Ed	154800.00

Contrainte initiale sv0	0.00
-------------------------	------

Tassements (mm) :

Part volumique sc	0.15
Part déviatorique sd	0.39
Tassement total 10 ans	0.54

Cas de charge n° : 002 - Combinaison ELS-QP

Charge verticale V,d	75.00
Charge horizontale H,d	0.00



**FoXta v3**  
v3.3.6

Imprimé le : 17/03/2023 - 15:18:30  
Calcul réalisé par : GIA INGENIERIE  
Projet : Fond\_sup Isolé 0.8m  
Module : Fondsup

Moment Mb,d 0.00  
Moment Ml,d 0.00

-----  
PORTANCE ET RENVERSEMENT  
-----

Excentricité de la charge selon B 0.00  
Excentricité de la charge selon L 0.00  
Surface d'assise effective A' 0.64

Pression limite équiv. Ple 2000.00  
Hauteur de calcul Hr 1.20

Coefficient réducteur idb 1.00

Contrainte initiale q0 0.00  
Contrainte ultime nette qu 1980.25

Facteur de pondération global F 2.76

Résultante de la contrainte  
intiale sous la fondation R0 0.00

Valeur de calcul de l'effort de  
résistance nette du terrain Rv,d 459.19

Portance : V,d - R0 < Rv,d => OK!  
Excentricité : Surface comprimée = 100% => OK!

-----  
TASSEMENTS  
-----

Coefficients de forme :  
Coefficient Lambda\_c 1.10  
Coefficient Lambda\_d 1.12

Modules équivalents :  
Module E1 154800.00  
Module E2 154800.00  
Module E3,5 154800.00  
Module E6,8 154800.00  
Module E9,16 154800.00  
  
Module Ec 154800.00  
Module Ed 154800.00

Contrainte initiale sv0 0.00

Tassements (mm):

Part volumique sc 0.05  
Part déviatorique sd 0.13  
Tassement total 10 ans 0.18

=====  
Cas de charge n° : 003 - Combinaison ELS-QP  
=====

Charge verticale V,d 197.00  
Charge horizontale H,d 0.00  
Moment Mb,d 0.00  
Moment Ml,d 0.00

-----  
PORTANCE ET RENVERSEMENT  
-----

Excentricité de la charge selon B 0.00  
Excentricité de la charge selon L 0.00  
Surface d'assise effective A' 0.64

Pression limite équiv. Ple 2000.00  
Hauteur de calcul Hr 1.20

Coefficient réducteur idb 1.00



**FoXta v3**  
v3.3.6

Imprimé le : 17/03/2023 - 15:18:30  
Calcul réalisé par : GIA INGENIERIE  
Projet : Fond\_sup Isolé 0.8m  
Module : Fondsup



Contrainte initiale q0	0.00
Contrainte ultime nette qu	1980.25

Facteur de pondération global F	2.76
---------------------------------	------

Résultante de la contrainte initiale sous la fondation R0	0.00
---	------

Valeur de calcul de l'effort de résistance nette du terrain Rv,d	459.19
--	--------

Portance :  $V,d - R0 < Rv,d$  => OK!  
Excentricité : Surface comprimée = 100% => OK!

-----  
TASSEMENTS  
-----

Coefficients de forme :	
Coefficient Lambda_c	1.10
Coefficient Lambda_d	1.12

Modules équivalents :	
Module E1	154800.00
Module E2	154800.00
Module E3,5	154800.00
Module E6,8	154800.00
Module E9,16	154800.00
Module Ec	154800.00
Module Ed	154800.00

Contrainte initiale sv0	0.00
-------------------------	------

Tassements (mm):

Part volumique sc	0.13
Part déviatorique sd	0.35
Tassement total 10 ans	0.48

=====  
Cas de charge n° : 004 - Combinaison ELS-QP  
=====

Charge verticale V,d	226.00
Charge horizontale H,d	0.00
Moment Mb,d	0.00
Moment Ml,d	0.00

-----  
PORTANCE ET RENVERSEMENT  
-----

Excentricité de la charge selon B	0.00
Excentricité de la charge selon L	0.00
Surface d'assise effective A'	0.64

Pression limite équiv. Ple	2000.00
Hauteur de calcul Hr	1.20

Coefficient réducteur idb	1.00
---------------------------	------

Contrainte initiale q0	0.00
Contrainte ultime nette qu	1980.25

Facteur de pondération global F	2.76
---------------------------------	------

Résultante de la contrainte initiale sous la fondation R0	0.00
---	------

Valeur de calcul de l'effort de résistance nette du terrain Rv,d	459.19
--	--------

Portance :  $V,d - R0 < Rv,d$  => OK!  
Excentricité : Surface comprimée = 100% => OK!

-----  
TASSEMENTS  
-----

Coefficients de forme :  
Coefficient Lambda\_c 1.10  
Coefficient Lambda\_d 1.12

Modules équivalents :  
Module E1 154800.00  
Module E2 154800.00  
Module E3,5 154800.00  
Module E6,8 154800.00  
Module E9,16 154800.00  
  
Module Ec 154800.00  
Module Ed 154800.00

Contrainte initiale sv0 0.00

Tassements (mm):

Part volumique sc 0.15  
Part déviatorique sd 0.40  
Tassement total 10 ans 0.55

=====  
Cas de charge n° : 005 - Combinaison ELS-QP  
=====

Charge verticale V,d 171.00  
Charge horizontale H,d 0.00  
Moment Mb,d 0.00  
Moment Ml,d 0.00

-----  
PORTANCE ET RENVERSEMENT  
-----

Excentricité de la charge selon B 0.00  
Excentricité de la charge selon L 0.00  
Surface d'assise effective A' 0.64

Pression limite équiv. Ple 2000.00  
Hauteur de calcul Hr 1.20

Coefficient réducteur idb 1.00

Contrainte initiale q0 0.00  
Contrainte ultime nette qu 1980.25

Facteur de pondération global F 2.76

Résultante de la contrainte  
intiale sous la fondation R0 0.00

Valeur de calcul de l'effort de  
résistance nette du terrain Rv,d 459.19

Portance : V,d - R0 < Rv,d => OK!  
Excentricité : Surface comprimée = 100% => OK!

-----  
TASSEMENTS  
-----

Coefficients de forme :  
Coefficient Lambda\_c 1.10  
Coefficient Lambda\_d 1.12

Modules équivalents :  
Module E1 154800.00  
Module E2 154800.00  
Module E3,5 154800.00  
Module E6,8 154800.00  
Module E9,16 154800.00



**FoXta v3**  
v3.3.6

Imprimé le : 17/03/2023 - 15:18:30  
Calcul réalisé par : GIA INGENIERIE  
Projet : Fond\_sup Isolé 0.8m  
Module : Fondsup

Module Ec	154800.00
Module Ed	154800.00

Contrainte initiale sv0	0.00
-------------------------	------

Tassements (mm):

Part volumique sc	0.11
Part déviatorique sd	0.30
Tassement total 10 ans	0.41

=====  
Cas de charge n° : 006 - Combinaison ELS-QP  
=====

Charge verticale V,d	158.00
Charge horizontale H,d	0.00
Moment Mb,d	0.00
Moment Ml,d	0.00

-----  
PORTANCE ET RENVERSEMENT  
-----

Excentricité de la charge selon B	0.00
Excentricité de la charge selon L	0.00
Surface d'assise effective A'	0.64

Pression limite équiv. Ple	2000.00
Hauteur de calcul Hr	1.20

Coefficient réducteur idb	1.00
---------------------------	------

Contrainte initiale q0	0.00
Contrainte ultime nette qu	1980.25

Facteur de pondération global F	2.76
---------------------------------	------

Résultante de la contrainte intiale sous la fondation R0	0.00
---	------

Valeur de calcul de l'effort de résistance nette du terrain Rv,d	459.19
---	--------

Portance : V,d - R0 < Rv,d => OK!  
Excentricité : Surface comprimée = 100% => OK!

-----  
TASSEMENTS  
-----

Coefficients de forme :

Coefficient Lambda_c	1.10
Coefficient Lambda_d	1.12

Modules équivalents :

Module E1	154800.00
Module E2	154800.00
Module E3,5	154800.00
Module E6,8	154800.00
Module E9,16	154800.00

Module Ec	154800.00
Module Ed	154800.00

Contrainte initiale sv0	0.00
-------------------------	------

Tassements (mm):

Part volumique sc	0.10
Part déviatorique sd	0.28
Tassement total 10 ans	0.38

=====  
Cas de charge n° : 007 - Combinaison ELS-QP  
=====

Charge verticale V,d	104.00
Charge horizontale H,d	0.00
Moment Mb,d	0.00
Moment Ml,d	0.00

-----  
PORTANCE ET RENVERSEMENT  
-----

Excentricité de la charge selon B	0.00
Excentricité de la charge selon L	0.00
Surface d'assise effective A'	0.64

Pression limite équiv. Ple	2000.00
Hauteur de calcul Hr	1.20

Coefficient réducteur idb	1.00
---------------------------	------

Contrainte initiale q0	0.00
Contrainte ultime nette qu	1980.25

---

Facteur de pondération global F	2.76
---------------------------------	------

Résultante de la contrainte intiale sous la fondation R0	0.00
---	------

Valeur de calcul de l'effort de résistance nette du terrain Rv,d	459.19
---	--------

Portance : V,d - R0 < Rv,d => OK!  
Excentricité : Surface comprimée = 100% => OK!

-----  
TASSEMENTS  
-----

Coefficients de forme :

Coefficient Lambda_c	1.10
Coefficient Lambda_d	1.12

Modules équivalents :

Module E1	154800.00
Module E2	154800.00
Module E3,5	154800.00
Module E6,8	154800.00
Module E9,16	154800.00
Module Ec	154800.00
Module Ed	154800.00

---

Contrainte initiale sv0	0.00
-------------------------	------

Tassements (mm) :

Part volumique sc	0.07
Part déviatorique sd	0.18
Tassement total 10 ans	0.25

=====  
Cas de charge n° : 008 - Combinaison ELU-FOND  
=====

Charge verticale V,d	308.10
Charge horizontale H,d	0.00
Moment Mb,d	0.00
Moment Ml,d	0.00

-----  
PORTANCE ET RENVERSEMENT  
-----

Excentricité de la charge selon B	0.00
Excentricité de la charge selon L	0.00

Surface d'assise effective A'	0.64
Pression limite équiv. Ple	2000.00
Hauteur de calcul Hr	1.20
Coefficient réducteur idb	1.00
Contrainte initiale q0	0.00
Contrainte ultime nette qu	1980.25

Facteur de pondération global F	1.68
Résultante de la contrainte initiale sous la fondation R0	0.00
Valeur de calcul de l'effort de résistance nette du terrain Rv,d	754.38

Portance :  $V,d - R0 < Rv,d$  => OK!  
 Excentricité : Surface comprimée > 10% => OK!

=====  
 Cas de charge n° : 009 - Combinaison ELU-FOND  
 =====

Charge verticale V,d	103.50
Charge horizontale H,d	0.00
Moment Mb,d	0.00
Moment Ml,d	0.00

-----  
 PORTANCE ET RENVERSEMENT  
 -----

Excentricité de la charge selon B	0.00
Excentricité de la charge selon L	0.00
Surface d'assise effective A'	0.64
Pression limite équiv. Ple	2000.00
Hauteur de calcul Hr	1.20
Coefficient réducteur idb	1.00
Contrainte initiale q0	0.00
Contrainte ultime nette qu	1980.25

Facteur de pondération global F	1.68
Résultante de la contrainte initiale sous la fondation R0	0.00
Valeur de calcul de l'effort de résistance nette du terrain Rv,d	754.38

Portance :  $V,d - R0 < Rv,d$  => OK!  
 Excentricité : Surface comprimée > 10% => OK!

=====  
 Cas de charge n° : 010 - Combinaison ELU-FOND  
 =====

Charge verticale V,d	273.30
Charge horizontale H,d	0.00
Moment Mb,d	0.00
Moment Ml,d	0.00

-----  
 PORTANCE ET RENVERSEMENT  
 -----

Excentricité de la charge selon B	0.00
Excentricité de la charge selon L	0.00
Surface d'assise effective A'	0.64
Pression limite équiv. Ple	2000.00
Hauteur de calcul Hr	1.20



**FoXta v3**  
 v3.3.6

Imprimé le : 17/03/2023 - 15:18:30  
 Calcul réalisé par : GIA INGENIERIE  
 Projet : Fond\_sup Isolé 0.8m  
 Module : Fondsup

Coefficient réducteur idb	1.00
Contrainte initiale q0	0.00
Contrainte ultime nette qu	1980.25

Facteur de pondération global F	1.68
---------------------------------	------

Résultante de la contrainte initiale sous la fondation R0	0.00
---	------

Valeur de calcul de l'effort de résistance nette du terrain Rv,d	754.38
--	--------

Portance : V,d - R0 < Rv,d => OK!  
Excentricité : Surface comprimée > 10% => OK!

=====  
Cas de charge n° : 011 - Combinaison ELU-FOND  
=====

Charge verticale V,d	314.40
Charge horizontale H,d	0.00
Moment Mb,d	0.00
Moment Ml,d	0.00

-----  
PORTANCE ET RENVERSEMENT  
-----

Excentricité de la charge selon B	0.00
Excentricité de la charge selon L	0.00
Surface d'assise effective A'	0.64

Pression limite équiv. Ple	2000.00
Hauteur de calcul Hr	1.20

Coefficient réducteur idb	1.00
---------------------------	------

Contrainte initiale q0	0.00
Contrainte ultime nette qu	1980.25

Facteur de pondération global F	1.68
---------------------------------	------

Résultante de la contrainte initiale sous la fondation R0	0.00
---	------

Valeur de calcul de l'effort de résistance nette du terrain Rv,d	754.38
--	--------

Portance : V,d - R0 < Rv,d => OK!  
Excentricité : Surface comprimée > 10% => OK!

=====  
Cas de charge n° : 012 - Combinaison ELU-FOND  
=====

Charge verticale V,d	237.60
Charge horizontale H,d	0.00
Moment Mb,d	0.00
Moment Ml,d	0.00

-----  
PORTANCE ET RENVERSEMENT  
-----

Excentricité de la charge selon B	0.00
Excentricité de la charge selon L	0.00
Surface d'assise effective A'	0.64

Pression limite équiv. Ple	2000.00
Hauteur de calcul Hr	1.20

Coefficient réducteur idb	1.00
---------------------------	------

Contrainte initiale q0	0.00
------------------------	------



**FoXta v3**  
v3.3.6

Imprimé le : 17/03/2023 - 15:18:30  
Calcul réalisé par : GIA INGENIERIE  
Projet : Fond\_sup Isolé 0.8m  
Module : Fondsup

Contrainte ultime nette qu 1980.25

Facteur de pondération global F 1.68

Résultante de la contrainte  
intiale sous la fondation R0 0.00

Valeur de calcul de l'effort de  
résistance nette du terrain Rv,d 754.38

Portance :  $V,d - R0 < Rv,d$  => OK!  
Excentricité : Surface comprimée > 10% => OK!

=====  
Cas de charge n° : 013 - Combinaison ELU-FOND  
=====

Charge verticale V,d 220.00  
Charge horizontale H,d 0.00  
Moment Mb,d 0.00  
Moment Ml,d 0.00

-----  
PORTANCE ET RENVERSEMENT  
-----

Excentricité de la charge selon B 0.00  
Excentricité de la charge selon L 0.00  
Surface d'assise effective A' 0.64

Pression limite équiv. Ple 2000.00  
Hauteur de calcul Hr 1.20

Coefficient réducteur idb 1.00

Contrainte initiale q0 0.00  
Contrainte ultime nette qu 1980.25

Facteur de pondération global F 1.68

Résultante de la contrainte  
intiale sous la fondation R0 0.00

Valeur de calcul de l'effort de  
résistance nette du terrain Rv,d 754.38

Portance :  $V,d - R0 < Rv,d$  => OK!  
Excentricité : Surface comprimée > 10% => OK!

=====  
Cas de charge n° : 014 - Combinaison ELU-FOND  
=====

Charge verticale V,d 145.00  
Charge horizontale H,d 0.00  
Moment Mb,d 0.00  
Moment Ml,d 0.00

-----  
PORTANCE ET RENVERSEMENT  
-----

Excentricité de la charge selon B 0.00  
Excentricité de la charge selon L 0.00  
Surface d'assise effective A' 0.64

Pression limite équiv. Ple 2000.00  
Hauteur de calcul Hr 1.20

Coefficient réducteur idb 1.00

Contrainte initiale q0 0.00  
Contrainte ultime nette qu 1980.25

Facteur de pondération global F 1.68



**FoXta v3**  
v3.3.6

Imprimé le : 17/03/2023 - 15:18:30  
Calcul réalisé par : GIA INGENIERIE  
Projet : Fond\_sup Isolé 0.8m  
Module : Fondsup



Résultante de la contrainte  
initiale sous la fondation R0 0.00

Valeur de calcul de l'effort de  
résistance nette du terrain Rv,d 754.38

Portance :  $V_d - R_0 < R_{v,d}$  => OK!  
Excentricité : Surface comprimée > 10% => OK!



**FoXta v3**  
v3.3.6

Imprimé le : 17/03/2023 - 15:18:30  
Calcul réalisé par : GIA INGENIERIE  
Projet : Fond\_sup Isolé 0.8m  
Module : Fondsup