

Campus Nord de la FSMPM-MARSEILLE
Commune de MARSEILLE (13)

Étude géotechnique G2 PRO pour le projet PARAMED

Affaire n°2025/0238/G2/PRO/STE

INDICE	DATE	REDACTION	VERIFICATION	OBSERVATIONS
1	07/10/25	S.TEXTIER	P.BARNEOUD	PREMIERE DIFFUSION

SOMMAIRE

1	Objet de l'étude	4
2	Documents remis pour l'étude	6
3	Présentation du projet	7
3.1	Caractéristiques du projet	7
3.2	Exigences du projet	8
3.3	Descentes de charges	9
3.3.1	<i>Paramed 1 & 2</i>	9
3.3.2	<i>Bâtiment d'accès</i>	11
3.3.3	<i>Belvédère</i>	12
3.3.4	<i>Passerelle de liaison</i>	14
4	Situation géographique	15
4.1	Description du site	15
4.2	Topographie	15
4.3	Zone d'Influence Géotechnique	15
5	Géologie – Hydrogéologie	16
5.1	Contexte géologique	16
5.2	Contexte hydrogéologique	16
6	Situation du terrain par rapport aux risques naturels	18
7	Synthèse des risques géotechniques	21
8	Investigations	22
8.1	Personnel	22
8.2	Sondages pressiométriques	22
8.3	Sondages carottés	22
8.4	Sondages pénétrométriques	23
8.5	Reconnaitances des fondations	23
8.6	Essais de perméabilité	26
8.6.1	<i>Essai Lefranc ou Nasberg</i>	26
8.6.2	<i>Essai Porchet</i>	28
8.6.3	<i>Conclusions</i>	28
9	Contexte géotechnique	29
9.1	Investigations géotechniques	29
9.1.1	<i>Sondages pressiométriques</i>	29
9.1.2	<i>Sondages carottés</i>	30
9.1.3	<i>Caractéristiques mécaniques</i>	31
9.2	Agressivité du milieu vis-à-vis des bétons de fondations (NF EN 206-1)	31
9.2.1	<i>Prélèvements</i>	31
9.2.2	<i>Résultats</i>	32
9.3	Essais en laboratoire	33
10	Bâtiment Paramed 1 & 2	35
10.1	Fondations	35
10.1.1	<i>Principe de fondation</i>	35
10.1.2	<i>Paramètres géotechniques</i>	36
10.1.3	<i>Détermination du coefficient de réduction lié à l'inclinaison du chargement</i>	37
10.1.4	<i>Justification de la capacité portante</i>	38
10.1.5	<i>Vérification au non-glissement à l'ELU sismique</i>	43
10.1.6	<i>Tassements</i>	44
10.1.7	<i>Sujétions d'exécution</i>	44
10.2	Niveaux bas	44

11	Passerelle, bâtiment d'accès et belvédère	45
11.1	Principe et méthode de calculs	45
11.2	Caractéristiques générales des pieux	45
11.2.1	Type de pieux	45
11.2.2	Formation d'ancrage	45
11.2.3	Résistance structurale (STR)	46
11.3	Reprise des efforts verticaux	47
11.3.1	Paramètres de dimensionnement	47
11.3.2	Coefficients de pondération	49
11.3.3	Effet de groupe	49
11.3.4	Frottement négatif	49
11.3.5	Calcul de la capacité portante	49
11.4	Reprise des efforts horizontaux et des moments	53
11.4.1	Hypothèses de modélisation	53
11.4.2	Module Kf (module linéique de mobilisation de la pression frontale)	53
11.4.3	Lois d'interaction générales aux ELU Sismique	54
11.4.4	Modification spécifique des lois d'interaction	54
11.4.5	Conditions aux limites en tête de pieu	54
11.4.6	Déplacement latéral d'une couche compressible g(z)	55
11.4.7	Coupe géotechnique retenue	55
11.4.8	Résultats de la modélisation des pieux sous efforts horizontaux	55
11.4.9	Remarques	56
11.4.10	Vérification de la résistance des armatures	56
11.5	Sujétions d'exécution	57
12	Terrassements - Soutènements	58
12.1	Extraction	58
12.2	Terrassements	58
13	Drainage - Etanchéité	59
13.1	Drainage	59
13.2	Etanchéité	60
14	Sujétions d'exécution	60
14.1	Démolition des existants	60
14.2	Préconisations vis-à-vis des avoisinants	61
14.3	Mesures de prévention	61
15	Voiries	62
15.1	Détermination de classe de trafic	62
15.2	Détermination de la plateforme support de chaussée	62
15.3	Choix de la classe de plate-forme	63
15.4	Qualification de la portance de la PST	64
15.5	Dimensionnement de la couche de forme	64
15.6	Vérification de la portance	64
15.7	Structure de chaussée	65
15.7.1	Définition	65
15.7.2	Hypothèses de dimensionnement	65
15.7.3	Choix des structures de chaussées	65
16	Recommandations	66
17	Utilisation du rapport de l'étude	67

ANNEXES

- Carte de situation géographique (GÉOPORTAIL).
- Extrait cadastral et vue aérienne (GÉOPORTAIL).
- Plan de masse projet au 1/1000^{ème} avec situation des sondages.
- Coupes des sondages pressiométriques SP1 à SP7.
- Coupes des sondages carottés SC1 et SC2.
- Coupes des sondages au pénétromètre dynamique P1 à P10
- Coupes des sondages de reconnaissance des fondations existantes RF1 à RF5.
- Résultats des essais de perméabilité.
- Résultats des essais en laboratoire.
- Suivi piézométrique.
- Feuilles de calculs Foxta.
- Schéma d'enchaînement des missions géotechniques.
- Classification des missions géotechniques.

1 OBJET DE L'ÉTUDE

AIX-MARSEILLE UNIVERSITE a confié à la société d'ingénierie géologique **GÉOTERRIA** une mission d'étude géotechnique dans le cadre de l'opération PARAMED sur la commune de MARSEILLE (13).

Cette étude correspond à une mission géotechnique normalisée de type G2 – Phase PRO (Norme Française NF-P-94 500 de novembre 2013).

Le projet a déjà fait l'objet d'une étude géotechnique de Conception, mission G2 en phase Avant-Projet (AVP), référencée 2024/0328/G2/AVP/STE réalisée par GEOTERRIA en date du 12 décembre 2024.

Les investigations entreprises dans le cadre de cette mission comprennent :

- **7 sondages pressiométriques** SP1 à SP7 descendus entre **4,10 et 10,21 m** de profondeur.
- **2 sondages carottés** SC1 et SC2 descendus à **10,00 m** de profondeur.
- La fourniture et la mise en place de **piézomètres Ø 41/48 mm** dans les forages SP4, SP5 et SP6.
- **Des essais de perméabilité** afin de mesurer la perméabilité des sols en place et les capacités d'infiltration de l'eau dans le sol :
 - **4 essais de type Porchet** réalisés superficiellement.
 - **2 essais de type Nasberg** réalisés en profondeur.
- **10 sondages au pénétromètre dynamique** descendus entre **1,5 et 10,0 m** de profondeur.
- **5 sondages de reconnaissance des fondations** RF1 à RF5 des bâtiments existants.
- **3 identifications GTR** (selon la norme NF P 11-300) sur les échantillons prélevés comprenant une mesure de la teneur en eau, une analyse granulométrique, une mesure VBS ou des limites d'Atterberg et une limite de retrait.
- **1 analyse de l'agressivité de l'eau et des sols** vis-à-vis du béton (norme NF EN 206-1).

Ces sondages doivent permettre de fournir :

- **Le contexte géologique et hydrogéologique du sous-sol.**
- **La résistance et les caractéristiques pressiométriques des horizons lithologiques du sous-sol.**

L'interprétation de ces paramètres doit permettre de déterminer :

- **Les caractéristiques géomécaniques de l'assise de fondation du projet.**
- **Les valeurs de contrainte de calcul, aux états limites ultime (q_{ELU}) et de service (q_{ELS}) de l'assise d'appui du projet.**
- **Les modalités de fondation de la construction (nature, structure, profondeur).**
- **Les modalités de terrassement.**
- **Les modalités de drainage et d'évacuation des eaux.**

Cette mission ne comprend pas :

- **L'étude hydraulique de la parcelle.**
- **L'étude pollution de la parcelle.**
- **L'étude des aménagements extérieurs.**
- **L'étude des ouvrages provisoires dont la grue.**
- **L'étude spécifique des terrassements de masse**
- **L'étude hydrogéologique du site (détermination des niveaux NPHE et des débits d'exhaure en phase provisoire et définitive) ainsi que le cadrage réglementaire et l'établissement du dossier DLE.**
- **Le diagnostic structurel des bâtiments existants et la définition des déplacements et des vibrations admissibles.**

2 DOCUMENTS REMIS POUR L'ÉTUDE

Cette étude a été réalisée à partir des documents suivants :

Plans Architecte :

- Cahier des charges études géotechniques et hydrogéologique missions G2 et G4.
- Etude géotechnique Préalable, mission G1, référencée 2023/06452/MARSE Indice 0 en date du 10 août 2023 réalisée par GEOTEC.
- Plans APD en date du 25 juillet 2025.

Plans Structure :

- Note d'hypothèses établie par TFI INGENIERIE référencée BMA240003-PARAMED-DCE-NDH Sismique en date d'octobre 2025.

Documents de référence :

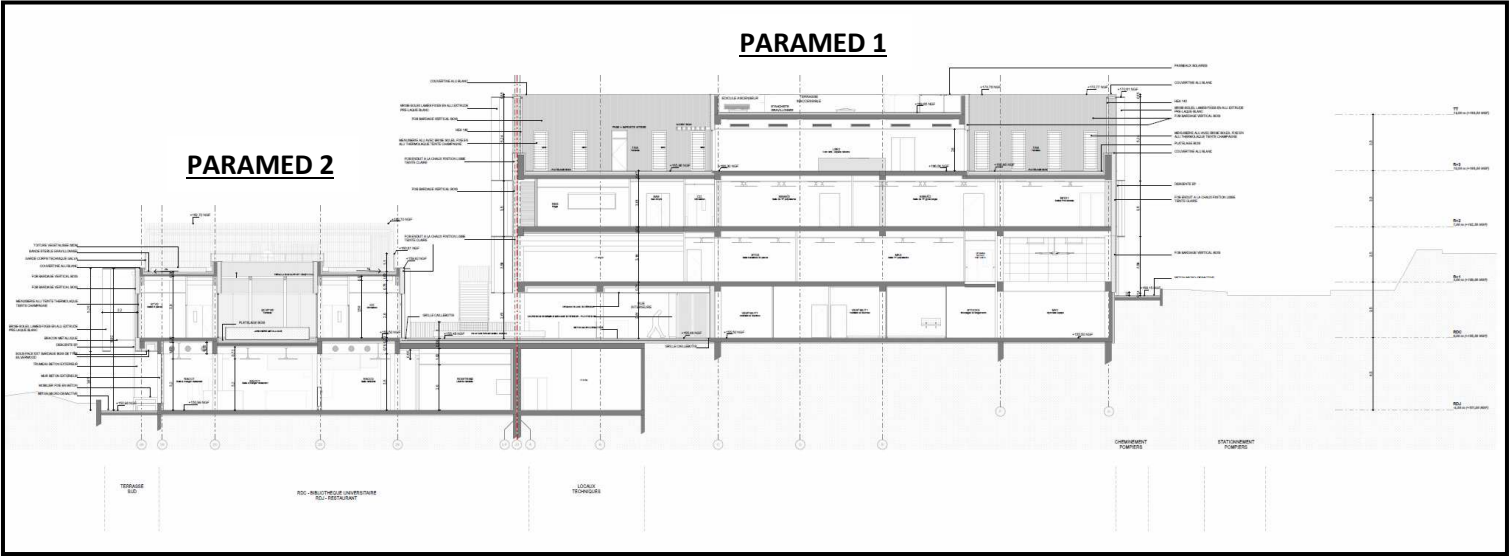
- Norme NF P94-500 de novembre 2013 – Missions d'ingénierie géotechnique.
- Norme NF P94-261 - Eurocode 7 – Fondations superficielles.
- Norme NF P94-262 - Eurocode 7 – Fondations profondes.
- Norme NF EN ISO 22476-2 de juillet 2005 – Essai de pénétration dynamique
- Norme NF EN ISO 22476-4 de mai 2015 – Essai pressiométrique Ménard.
- Norme EN 1998-1 - Eurocode 8-5 - Application aux fondations (constructions parasismiques).
- DTU 20.1 – Ouvrages en maçonnerie de petits éléments – Parois et murs.
- Manuel de Dimensionnement des chaussées neuves à faible trafic - Céréma, 2020.
- Norme NF EN ISO 17892-1 – Teneur en eau.
- Norme NF EN ISO 17892-4 - Analyse granulométrique et sédimentométrique des sols.
- Norme NF EN ISO 17892-12 – Limites d'Atterberg.
- Norme NF P94-060 – Limite de retrait.

3 PRÉSENTATION DU PROJET

3.1 CARACTERISTIQUES DU PROJET

Le projet prévoit la construction :

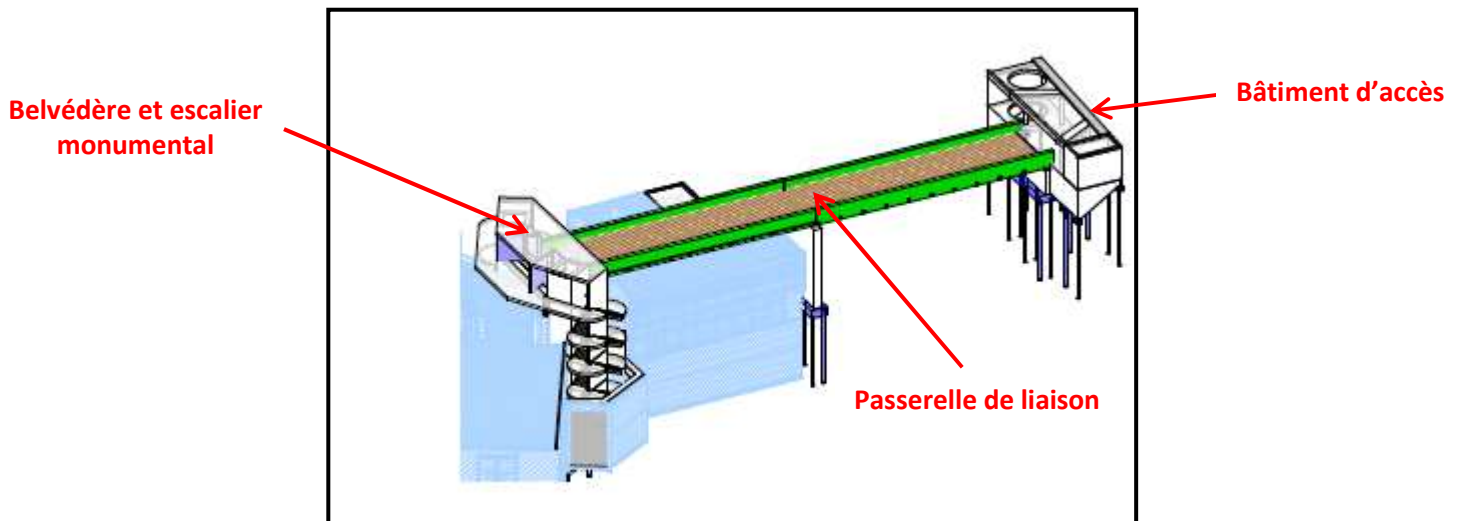
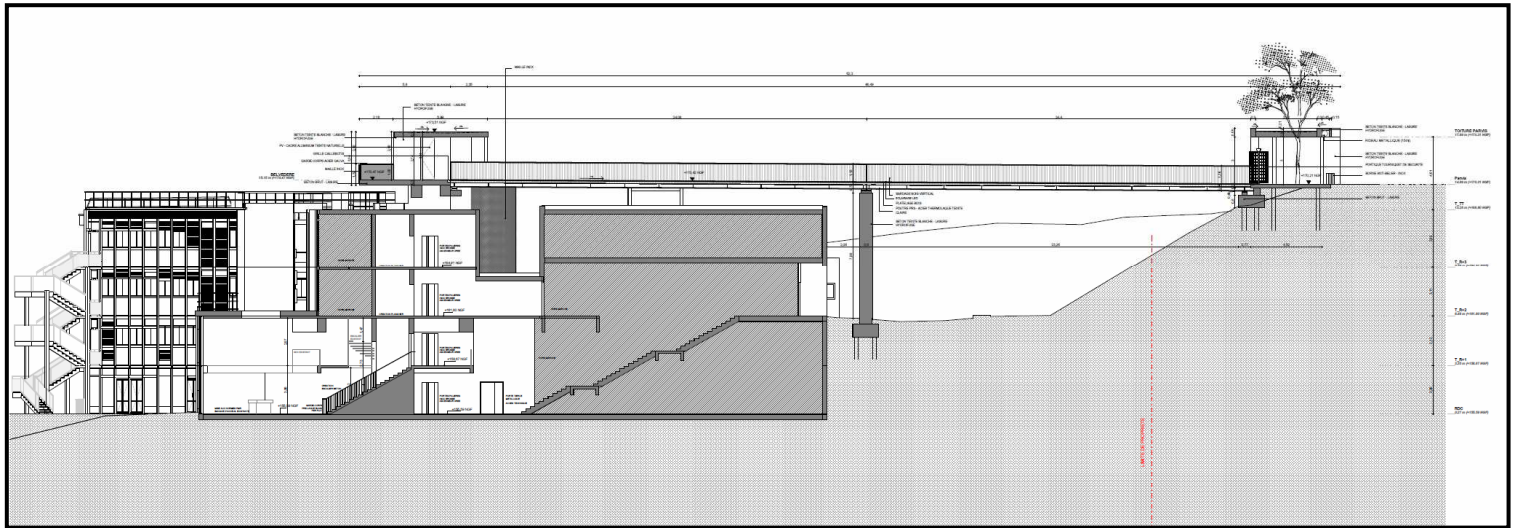
- D'un bâtiment (PARAMED 1) de quatre niveaux en superstructure (RDC/R+3) et un niveau partiel semi-enterré en RDJ.
- D'un bâtiment (PARAMED 2) de 2 niveaux en superstructure.



Les niveaux finis du bâtiment sont prévus aux cotes 151.00 NGF (RDJ) et 155.50 NGF (RDC), soit à une profondeur comprise entre -0,00 et -1,60 m de profondeur par rapport à la surface du terrain actuel au droit des sondages réalisés, selon le détail suivant :

Sondage (NGF)	RDJ		RDC		
	SP7 (152.40)	SC2 (152.60)	SP4+Pz (156.35)	SP6+Pz (155.65)	SC1 (155.50)
Niveau fini du plancher (NGF)	151.00		155.50		
Niveau fini (m/TN)	-1,40	-1,60	-0,85	-0,15	+0,00

- D'une passerelle de liaison, d'un bâtiment d'accès, d'un belvédère et d'un escalier monumental.



Il est prévu de fonder ces ouvrages sur micropieux.

- Deux rues intérieures de liaison avec l'existant d'un niveau.

3.2 EXIGENCES DU PROJET

A titre indicatif, conformément aux normes NF EN 1990 et NF EN 1997-1/NA, les exigences suivantes, relative à la structure, ont été retenues vis-à-vis du projet :

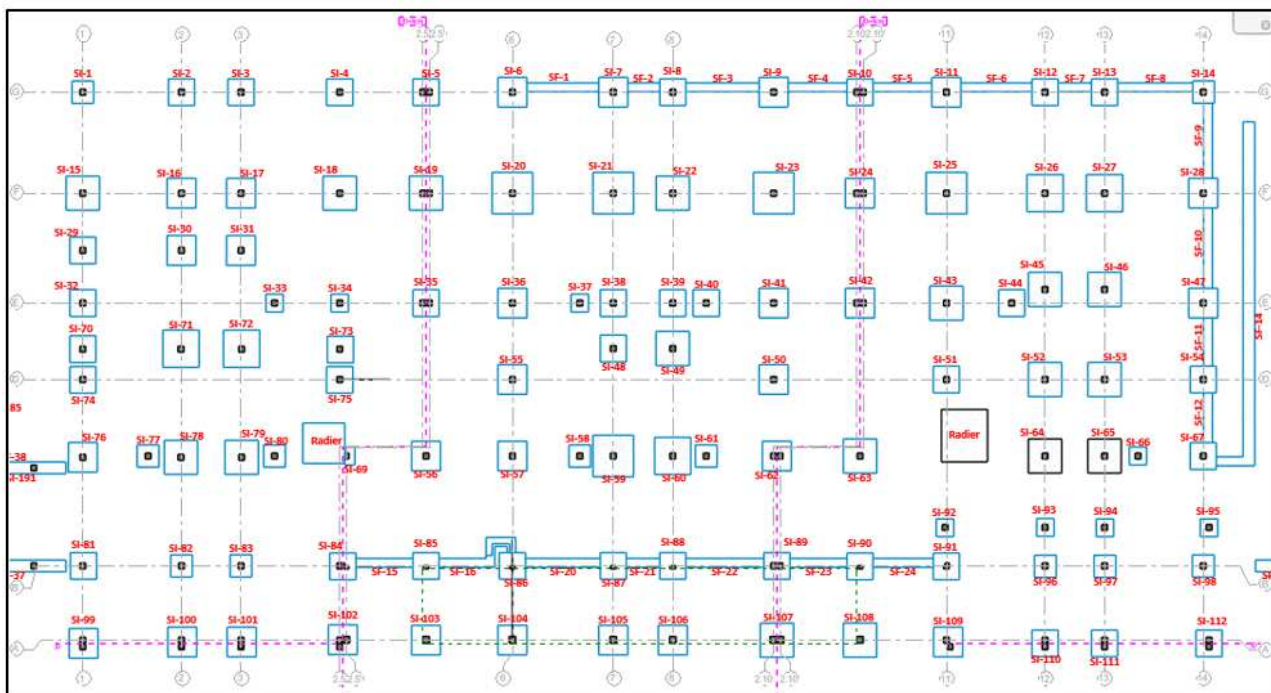
- Durée d'utilisation : 50 ans.
- Classe de conséquence : CC2.
- Catégorie géotechnique : 2.

Ces hypothèses devront être validées par la Maîtrise d'Ouvrage.

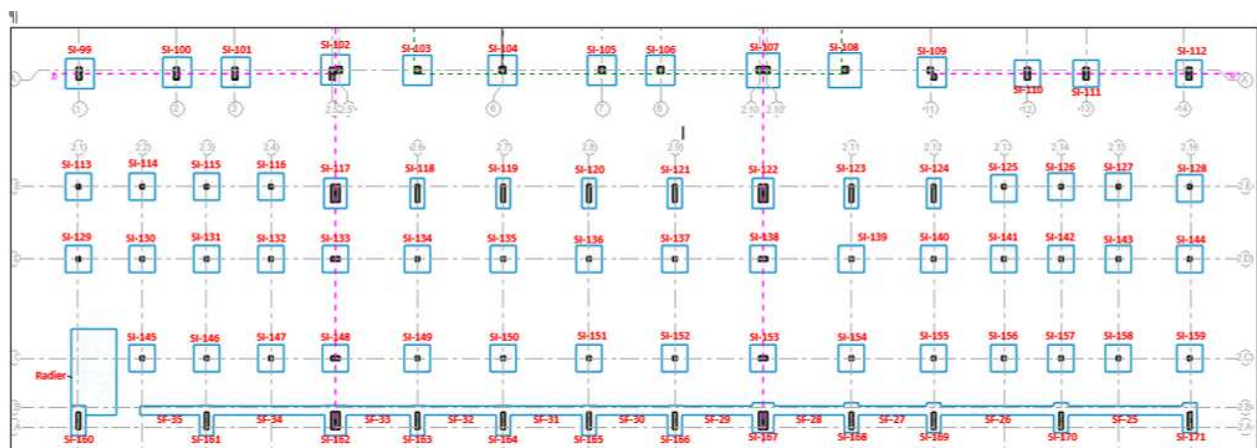
3.3 DESCENTES DE CHARGES

D'après les informations fournies par TPFI en date du 10 octobre 2025, les valeurs des descentes de charges sont les suivantes :

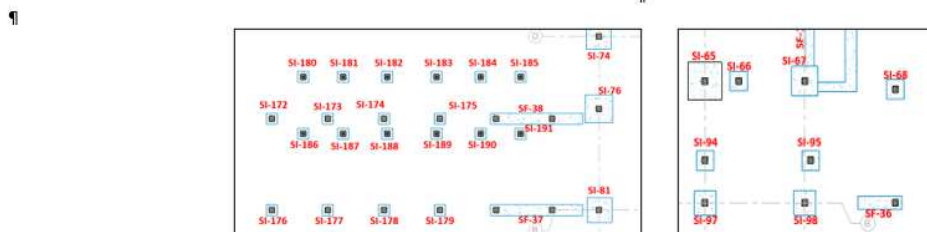
3.3.1 Paramed 1 & 2



Repérage-des-fondations-PARAMED-1



Repérage-des-fondations-PARAMED-2



3.3.1.1 Semelles isolées

Dans la suite du rapport, nous avons pris en compte sept descentes de charges significatives.

Les efforts communiqués selon les différentes combinaisons de charges sont les suivantes :

<u>Semelles isolées</u>	<u>Efforts verticaux</u>			<u>Efforts horizontaux</u>
	V_d ELS-CAR (t)	V_d ELU-FOND (t)	V_d ELU-SISM (t)	H_d ELU-SISM (t)
SI-191	0,97	1,38	0,65	0,03
SI-120	50,32	69,75	54,52	18,40
SI-130	100,06	140,40	87,44	0,40
SI-15	147,16	203,28	138,92	21,51
SI-27	203,05	282,03	267,23	12,84
SI-45	248,17	342,96	326,87	14,85
SI-53	295,71	410,18	339,11	3,45

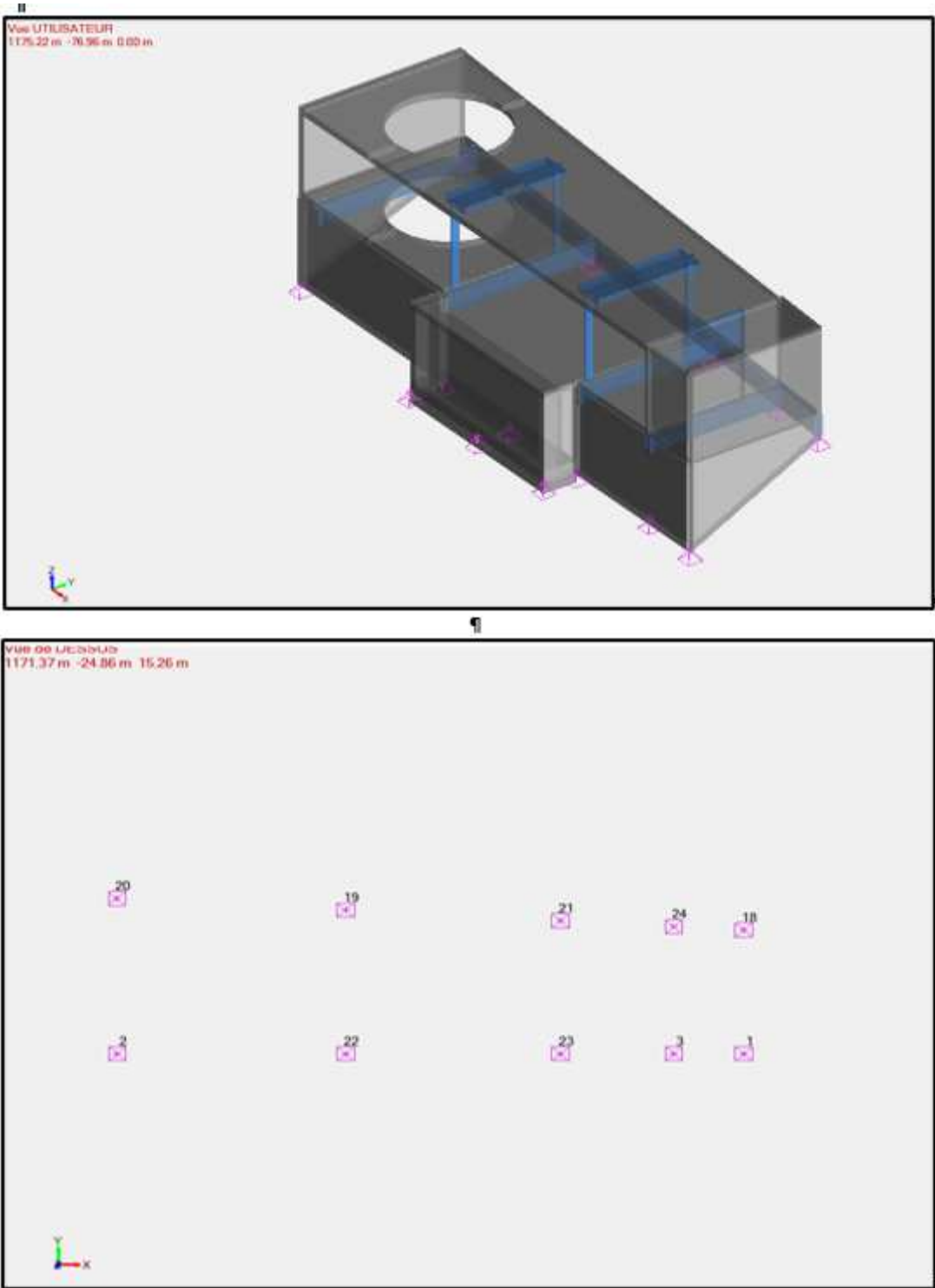
3.3.1.2 Semelles filantes

Dans la suite du rapport, nous avons pris en compte trois descentes de charges significatives.

Les efforts communiqués selon les différentes combinaisons de charges sont les suivantes :

<u>Semelles filantes</u>	<u>Efforts verticaux</u>			<u>Efforts horizontaux</u>	<u>Moments</u>
	V_d ELS-CAR (t/ml)	V_d ELU-FOND (t/ml)	V_d ELU-SISM (t)	H_d ELU-SISM (t)	M_d ELU-SISM (t.m)
SF-14	3,96	5,43	86,97	49,88	260,42
SF-6	15,31	21,22	94,75	27,37	6,59
SF-24	37,78	52,40	206,30	59,12	161,73

3.3.2 Bâtiment d'accès

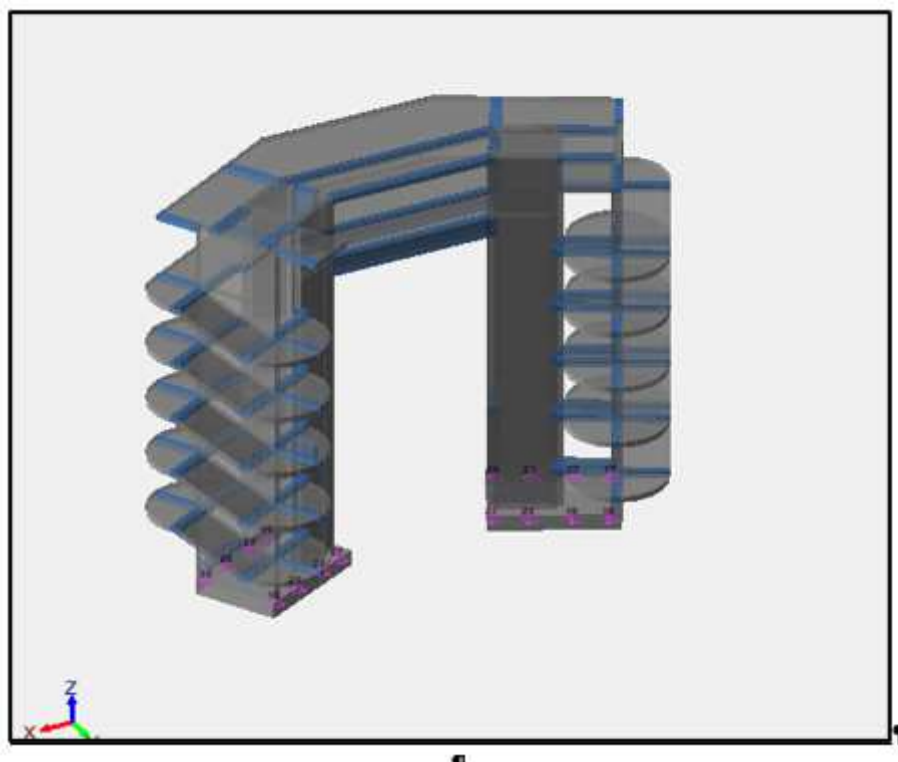


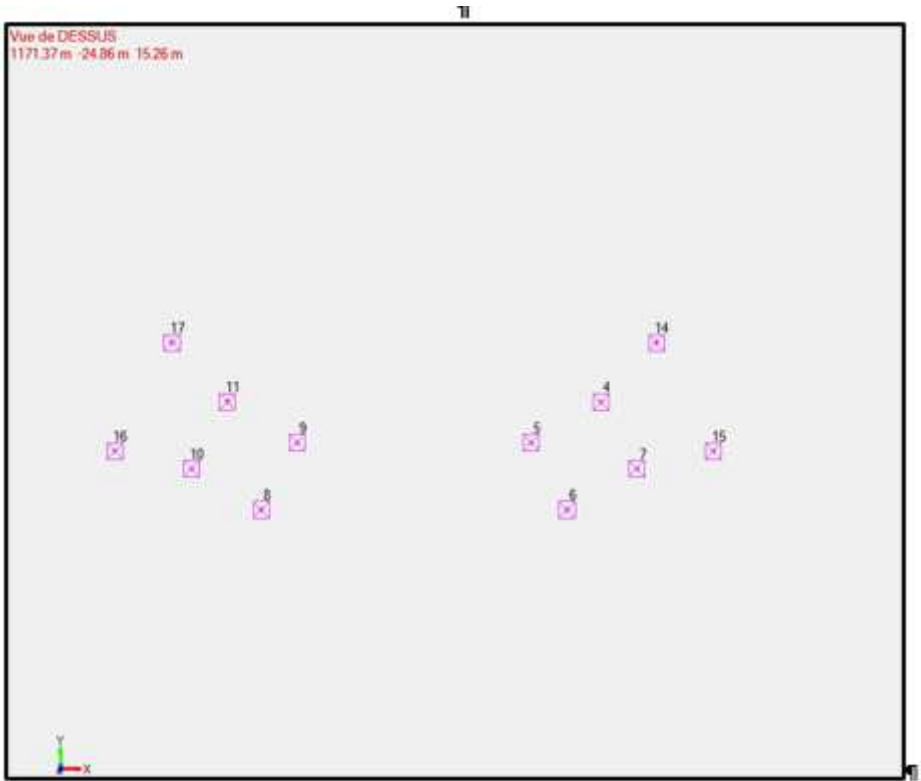
Dans la suite du rapport, nous avons pris en compte trois descentes de charges significatives.

Les efforts communiqués selon les différentes combinaisons de charges sont les suivantes :

<u>Semelles isolées</u>	<u>Efforts verticaux</u>			<u>Efforts horizontaux</u>
	V_d ELS-CAR (t)	V_d ELU-FOND (t)	V_d ELU-SISM (t)	H_d ELU-SISM (t)
SI-18	9,78	13,40	17,59	16,88
SI-3	41,98	58,18	41,82	7,05
SI-22	129,83	182,37	108,80	7,34

3.3.3 Belvédère



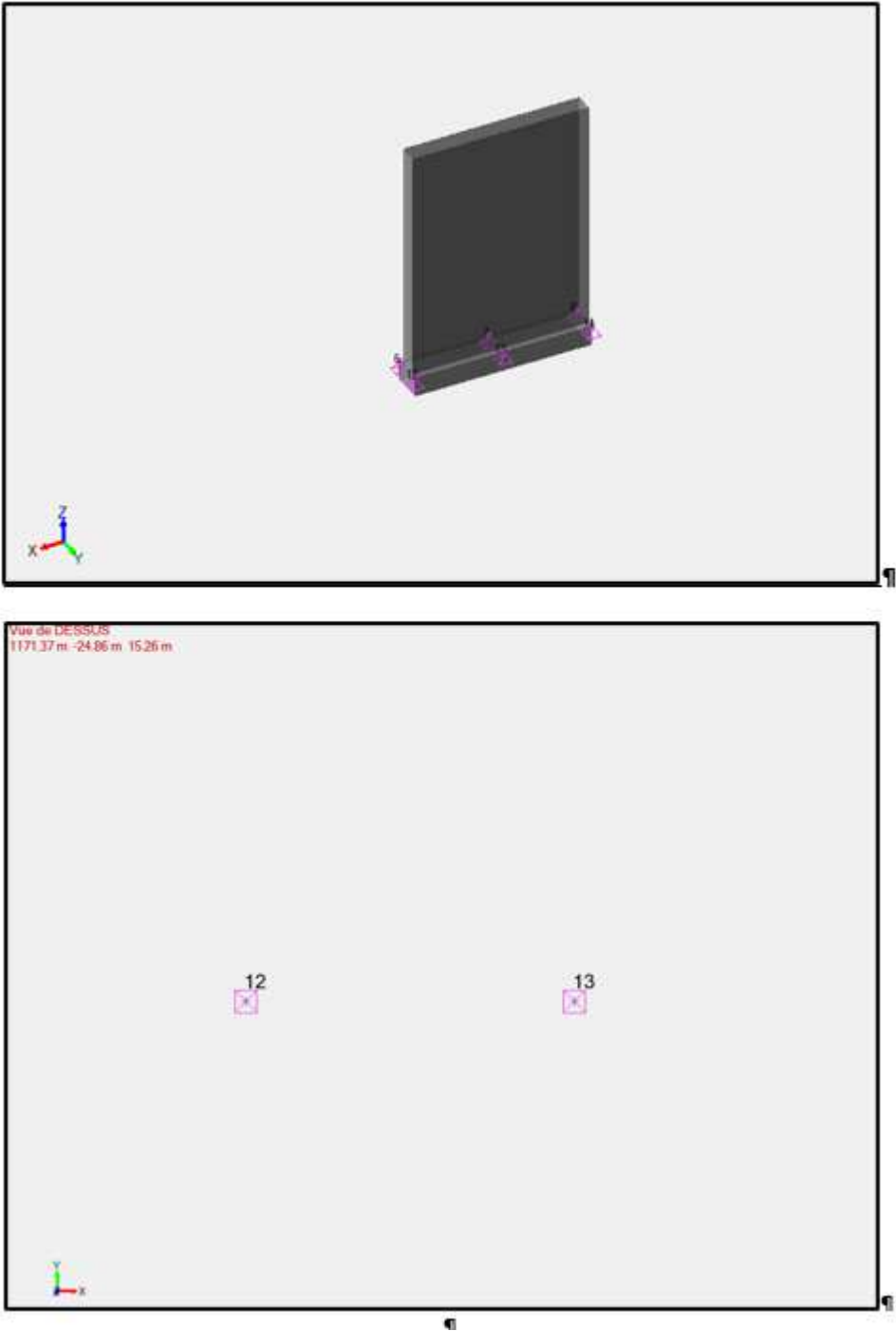


Dans la suite du rapport, nous avons pris en compte deux descentes de charges significatives.

Les efforts communiqués selon les différentes combinaisons de charges sont les suivantes :

<u>Semelles isolées</u>	<u>Efforts verticaux</u>			<u>Efforts horizontaux</u>
	V _d ELS-CAR (t)	V _d ELU-FOND (t)	V _d ELU-SISM (t)	H _d ELU-SISM (t)
SI-5	88,05	120,76	181,39	47,80
SI-15	126,03	174,50	161,30	61,63

3.3.4 Passerelle de liaison



Dans la suite du rapport, nous avons pris en compte une descente de charge significative.

Les efforts communiqués selon les différentes combinaisons de charges sont les suivantes :

<u>Semelles isolées</u>	<u>Efforts verticaux</u>			<u>Efforts horizontaux</u>
	V_d ELS-CAR (t)	V_d ELU-FOND (t)	V_d ELU-SISM (t)	H_d ELU-SISM (t)
SI-13	127,10	177,93	118,82	51,80

4 SITUATION GÉOGRAPHIQUE

4.1 DESCRIPTION DU SITE

Le projet est situé à Nord de la commune de MARSEILLE (13), au sein du Campus Nord de la FSMPM-MARSEILLE, rue Pierre Dramard.

Les parcelles concernées par le projet sont inscrites au cadastre sous les références :

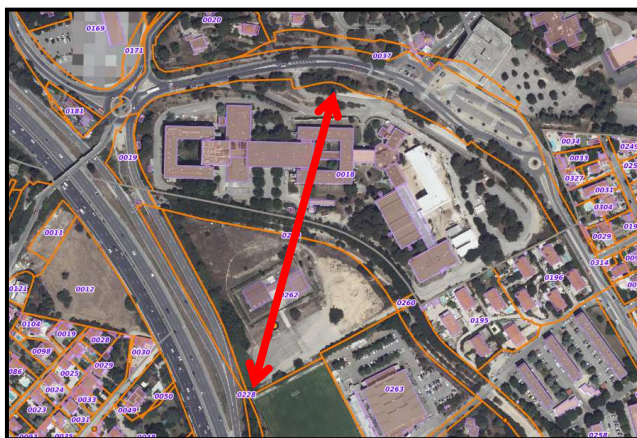
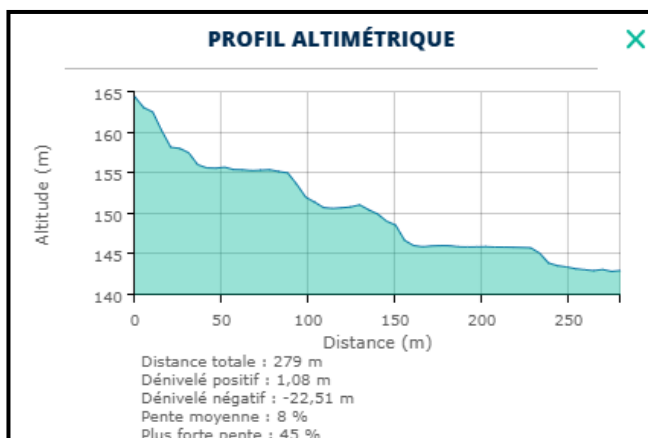
- 903 I 18 (surface de 42942 m²).
- 904 H 262 (surface de 18195 m²).

Lors de notre intervention, le terrain d'étude était occupé par des bâtiments existants dont une partie sera démolie dans le cadre du projet.

On trouvera en annexes un extrait de la carte IGN et une vue aérienne sur lesquels le projet est repéré.

4.2 TOPOGRAPHIE

Le site présente une forte pente marquée vers le Sud, son altitude variant des cotes 165.00 NGF à 143.00 NGF environ au droit du projet.



4.3 ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE

Le projet comporte un niveau de sous-sol partiel qui nécessitera un terrassement en déblais pouvant atteindre 2,0 m de profondeur estimée environ.

La Zone d'Influence Géotechnique s'étend donc sur une largeur de l'ordre de 4,0 à 6,0 m en périphérie des ouvrages.

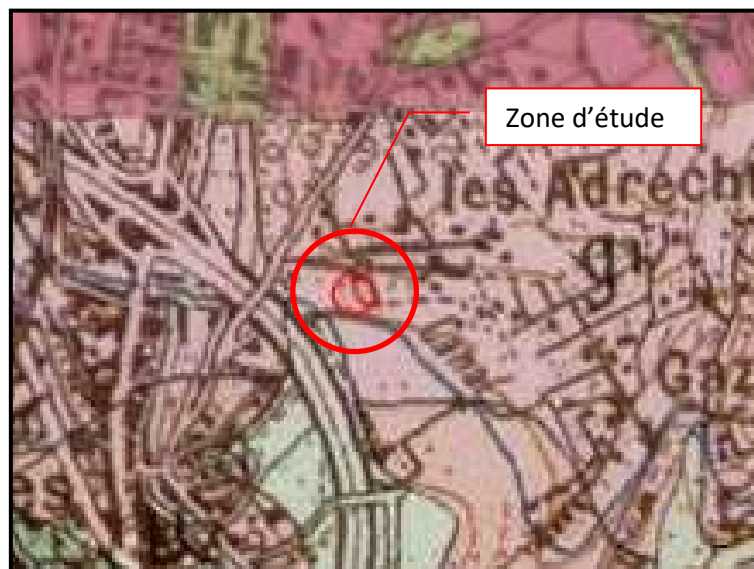
Elle intègre donc des bâtiments existants situés de part et d'autre du projet, qu'il conviendra de ne pas déstabiliser.

D'autre part, la dissipation des vibrations occasionnées par les engins de chantier se fera dans un grand périmètre autour de la zone de travaux. Les moyens utilisés devront être adaptés au contexte pour ne pas générer de dommages aux avoisinants.

5 GÉOLOGIE – HYDROGÉOLOGIE

5.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE

D'après la carte géologique au 1/50 000^{ème} (feuille de Martigues) et nos sondages, la géologie locale du sous-sol est représentée par des colluvions (notées **Cy**) surmontant le substratum calcaire (noté **g₁**).



Cy	Colluvions wurmiennes (Quaternaire)
g ₁	Calcaires de l'Estaque, de Saint-Pierre et de Saint-Pons (Oligocène inférieur-Tertiaire)

Figure 1 : Extrait de la carte géologique de Martigues au 1/50 000^{ème} – Source : Infoterre BRGM

5.2 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Les sondages ont été réalisés avec injection d'eau. Par conséquent, il n'a pas été possible d'observer les venues d'eau dans le sol au cours des forages.

Cependant, des circulations et des remontées d'eau ne sont pas à exclure. Une mission spécifique hydrogéologique de type G5 devra être réalisée par le Maître d'Ouvrage (hors mission GEOTERRIA).

Cette mission permettra de déterminer les niveaux caractéristiques NPHE au sens des Eurocodes et les débits d'exhaure en phase provisoire et définitive à prendre en compte dans la conception du projet.

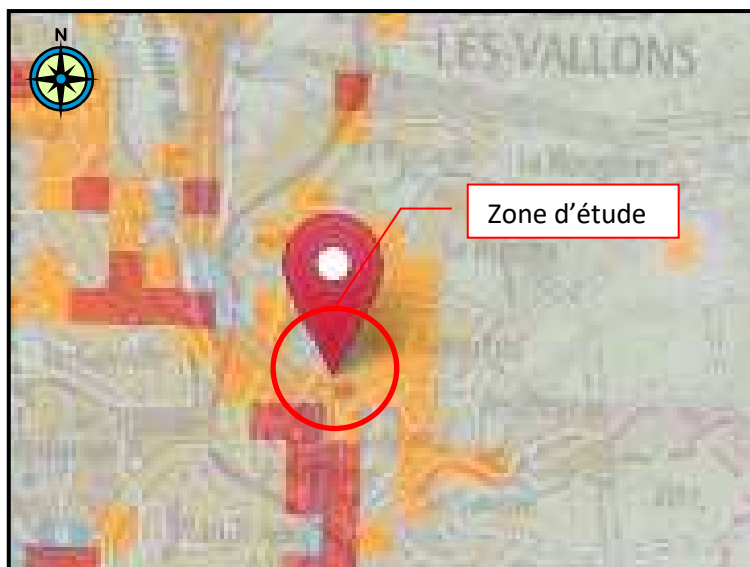
Compte tenu du contexte géologique et topographique, une remontée de nappe voir des venues d'eau par ruissellement et circulations préférentielles au gré des couches +/- perméables peuvent se produire et varier en fonction des saisons et des intempéries.

Un tube piézométrique a été disposé dans les forages SP4, SP5 et SP6 en vue de relevés du niveau de l'eau dans le sol. Un suivi piézométrique sur une période de 6 mois est en cours (relevés mensuels). Les résultats de ce suivi sont annexés au présent rapport.

Lors relevés réalisés par GEOTERRIA sur la période de décembre 2024 à août 2025 indiquent un niveau minimum à 149.47 NGF (-6,08 m/TN) en juin 2025 dans le piézomètre mis en place dans le sondage SP5.

D'autre part, la parcelle étudiée :

- Est cartographiée dans une **zone potentiellement sujette** aux inondations de cave (fiabilité moyenne).



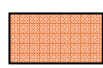
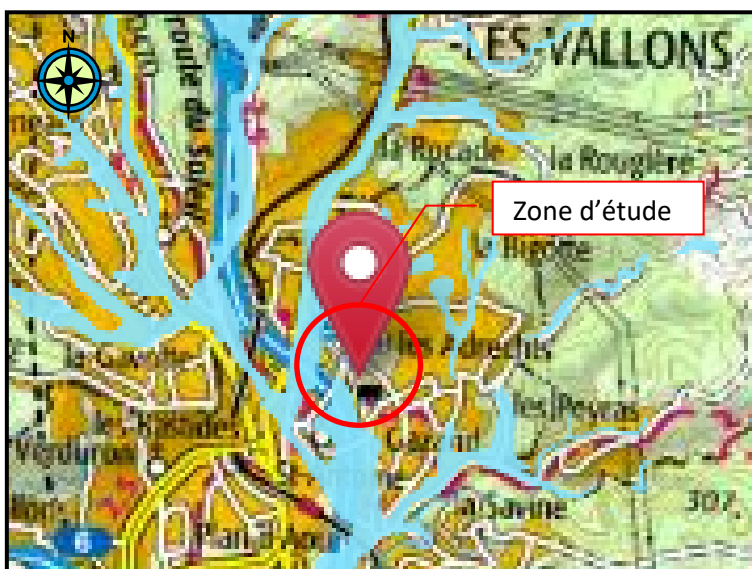
 Zones potentiellement sujettes aux inondations de cave
Fiabilité MOYENNE

Figure 2 : Extrait de la carte vis-à-vis du risque de remontées de nappes – Source : Géorisques

- Est située dans une **zone non concernée** par des Inondations Potentielles cours d'eau et submersion marine de plus d'un hectare.



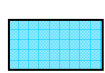
 Enveloppes approchées des Inondations Potentielles cours d'eau et submersion marine de plus d'un hectare (Source : MTES/DGPR)

Figure 3 : Extrait de la carte du BRGM vis-à-vis du risque de remontée de nappes – Source : Inondationsnappes.fr

Cependant, ces cartes comportent de fortes incertitudes dues :

- A une accumulation d'informations manquantes, incomplètes ou imprécises.
- A l'ordre de grandeur des valeurs recherchées.
- A la complexité des milieux mis en jeu.
- A l'échelle d'utilisation (inférieure à 1/100 000ème).

De plus, la carte réalisée n'est pas valide pour les zones karstiques (manifestant un comportement particulier et relativement mal connu sur certains secteurs), les zones urbaines (dont les aménagements modifient les écoulements souterrains) et les secteurs après mine (subissant des modifications des écoulements souterrains dues aux pompages des eaux d'exhaure ou à l'arrêt des pompages).

6 SITUATION DU TERRAIN PAR RAPPORT AUX RISQUES NATURELS

D'après les cartes du BRGM, le terrain étudié est :

- Localisé dans une zone d'**aléa fort** vis-à-vis du risque de retrait-gonflement des argiles.



Figure 4 : Extrait de la carte du BRGM vis-à-vis du retrait-gonflement des argiles – Source : Infoterre BRGM

- **N'est pas concerné** par le PPR Mouvements de terrain. En effet, aucun risque potentiel n'a été recensé à proximité immédiate de la parcelle d'étude.

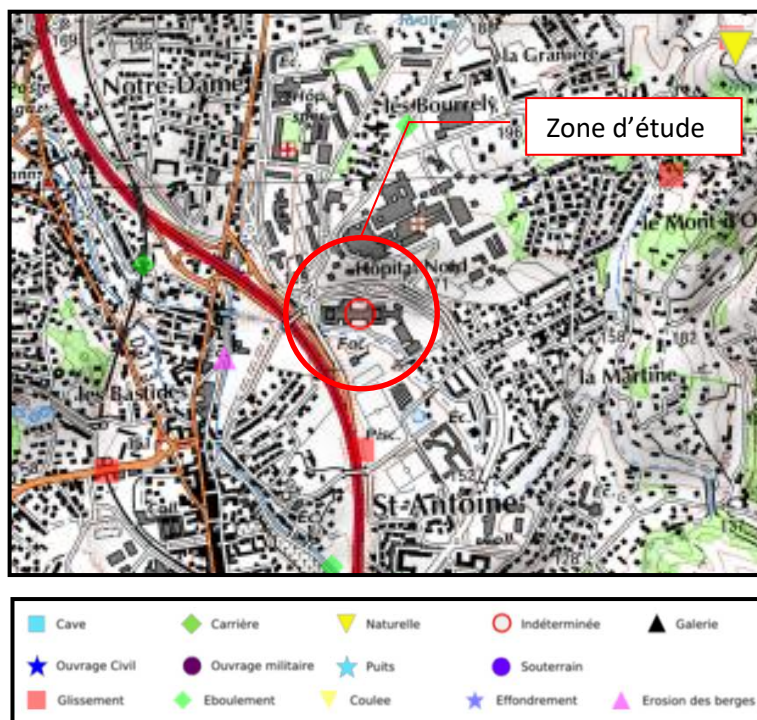


Figure 5 : Extrait du PPR Mouvements de terrain de la commune – Source : Géorisque.gouv.fr

- Situé dans une zone à **potentiel de catégorie 2** vis-à-vis du radon.

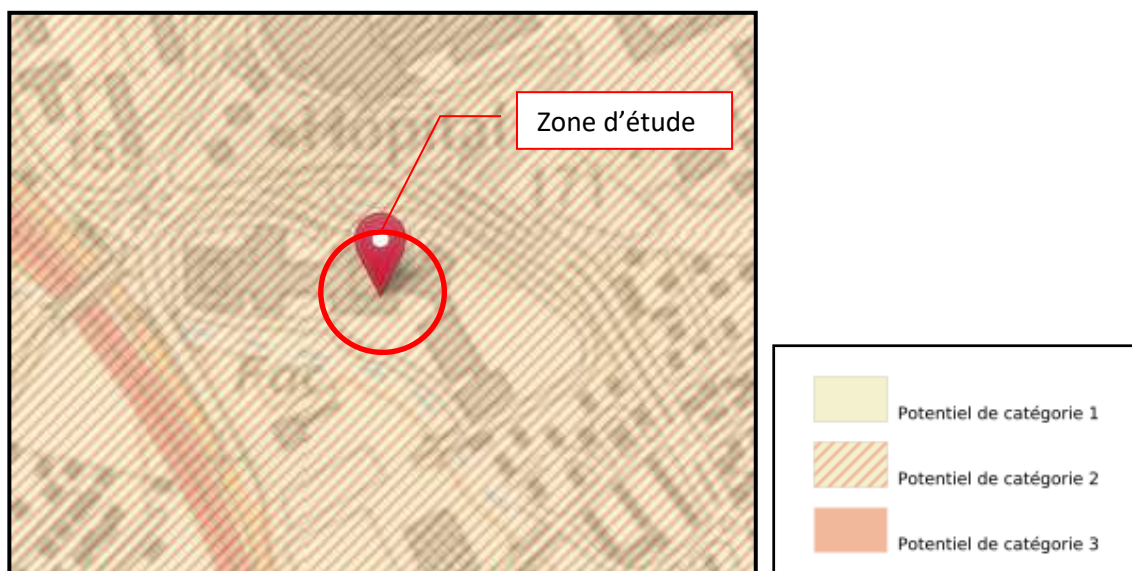


Figure 6 : Extrait de la carte vis-à-vis du risque radon – Source : Géorisques

Le risque radon n'étant pas un risque géotechnique, il ne sera pas étudié dans la présente étude.

- Situé en **zone sismique 2 (aléa faible)**, d'après le nouveau zonage sismique (décret N°2010-1255 du 22 Octobre 2010).

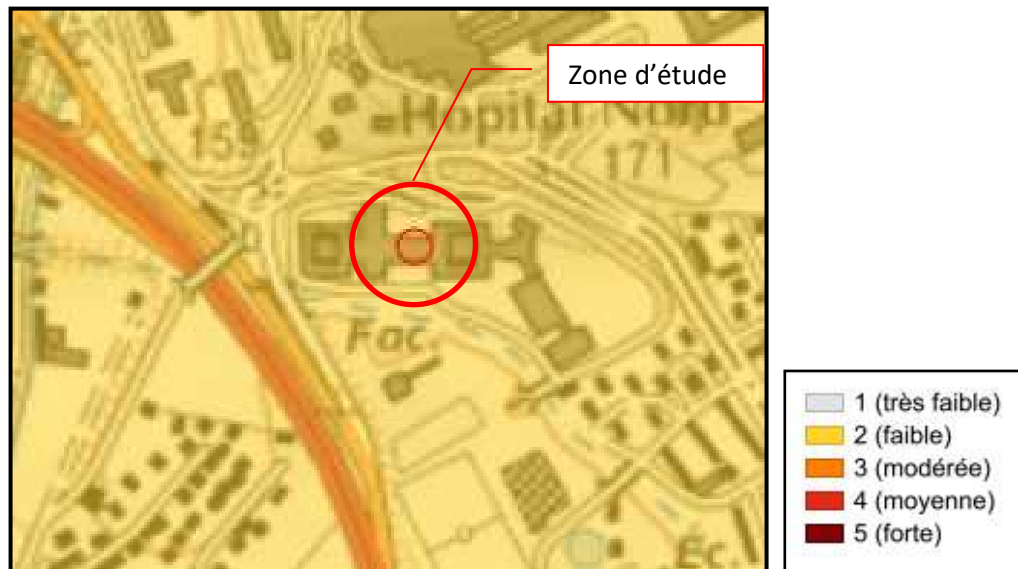


Figure 7 : Extrait de la carte vis-à-vis du risque sismique – Source : Géorisques

Selon l'**EUROCODE 8** et l'**arrêté du 22 octobre 2010**, Les paramètres à prendre en compte sous condition de séisme sont :

- Accélération maximale de référence : $A_{GR} = 0,7 \text{ m/s}^2$.
- Catégorie d'importance de l'ouvrage (à valider par le Maître d'Ouvrage) : III.
- Coefficient d'importance de l'ouvrage γ_i : 1,2.
- Accélération nominale correspondante : $a_G = a_{GR} * \gamma_i = 0,84 \text{ m/s}^2$.
- Classe de sol : A.
- Coefficient de Sol : $S = 1,0$.

Pour un ouvrage de catégorie III, en zone sismique 2 :

- L'analyse du risque de liquéfaction n'est pas requise.
- L'Eurocode 8 est applicable.

7 SYNTHÈSE DES RISQUES GÉOTECHNIQUES

La synthèse des différents risques géotechniques à prendre en compte pour le projet est présentée dans le tableau suivant :

Type de risque	Fort	Moyen	Faible	Très faible
Risque mouvements de terrains	Zone non concernée			
Risque débordement de nappe et inondation de cave	Zone potentiellement sujette			
Risque inondations potentielles de cours d'eau et submersion marine	Zone non concernée			
Risque radon	Zone concernée			
Risque sismique			X	
Risque lié au retrait gonflement des argiles	X			

Pour la réalisation du projet, nous rappelons qu'il conviendra de respecter :

- Les prescriptions faites dans le présent rapport.
- Les dispositions du Plan Local d'Urbanisme (P.L.U).

8 INVESTIGATIONS

8.1 PERSONNEL

Quatre techniciens ont été mis à disposition sur ce chantier pour la réalisation des sondages et un ingénieur géotechnicien pour l'interprétation et l'exploitation des résultats.

8.2 SONDAGES PRESSIOMETRIQUES

Nous avons réalisé sept sondages pressiométriques (numérotés SP1 à SP7), implantés conformément aux plans en annexes.

Les sondages SP4, SP5 et SP6 ont été équipés en piézomètres.

Ces sondages ont été exécutés à la tarière de 63 mm de diamètre et en roto-percussion au taillant de 64 mm de diamètre avec injection d'eau.

La sondeuse utilisée est une EMCI 4.50 d'une puissance de 48 CV.

Les enregistrements de paramètres de forages et les observations effectuées lors de l'exécution de ces sondages ont permis de dresser les coupes lithologiques présentées en annexes.

L'essai pressiométrique MÉNARD, exécuté conformément à la norme NF EN ISO 22476-4 de mai 2015, consiste à dilater radialement une sonde cylindrique tri-cellulaire placée dans le terrain grâce au sondage.

On mesure et on enregistre pour chaque essai, réalisé tous les mètres, les pressions appliquées par la sonde et les variations volumiques de celle-ci afin de déterminer la relation entre la pression appliquée au terrain et l'expansion de la sonde.

On se reportera à la norme NF EN ISO 22476-4 pour le descriptif détaillé du mode opératoire de l'essai.

A partir de la loi pression/déformation, on peut déduire les caractéristiques pressiométriques suivantes :

- La pression de fluage nette P_f^* qui définit la limite entre le comportement pseudo-élastique et plastique du sol.
- La pression limite nette P_l^* qui caractérise la résistance de rupture du sol et qui varie en fonction de sa consistance.
- Le module pressiométrique E_m qui définit le comportement pseudo-élastique du sol et dont la valeur est inversement proportionnelle à la déformation du sol.

8.3 SONDAGES CAROTTES

Nous avons réalisé deux sondages carottés (numérotés SC1 et SC2), implantés conformément aux plans en annexes.

Les prélèvements des sols et des roches ont été réalisés conformément à la norme NF EN ISO 22475-1.

Les sondages carottés ont été réalisés en rotation avec injection d'eau, en vibro-percussion ou par battage.

Le carottage des sols se fait au carottier simple, double ou à parois minces (APM) en fonction de la nature des sols rencontrés. Les échantillons ainsi prélevés sont entreposés dans des caisses en bois de 1,00 m de long. Ces prélèvements seront photographiés, avec mesure du RQD associé.

Le carottier est du type 114 LS (carottier poinçonneur) ou 86/116 ou 131 T6 mm (carottiers rotatifs conventionnels) double enveloppe ou du type triplex pour les échantillons intacts qui seront destinés aux essais mécaniques ou de compressibilité en laboratoire.

Pour la réalisation d'essais mécaniques ou de laboratoire le diamètre des carottes sera au minimum de 85 mm.

Le pourcentage de récupération sera supérieur à 80,00 % par passe de 1,50 ml. Les carottes seront conditionnées en caisses bois ou plastique de deux ou trois éléments de 1,00 ml.

Les forages seront tubés à l'avancement en Ø 120/140 LS ou en Ø 146 mm dans les terrains instables.

En cas de rencontre de passages indurés ou rocheux, le forage est réalisé avec une couronne diamant et si nécessaire télescopé (action de prendre un carottier plus petit pour continuer un forage à l'abri des tubages déjà mis en place).

8.4 SONDAGES PENETROMETRIQUES

Nous avons réalisé dix sondages au pénétromètre dynamique (notés **P1 à P10**) selon la norme NF EN ISO 22476-2. Il est réparti conformément aux implantations figurant sur les plans joints en annexes.

Nous avons utilisé un pénétromètre dynamique semi-lourd de marque PAGANI équipé d'un mouton de 64,0 kg.

Le principe consiste à enfoncer par battage régulier au moyen d'une masse tombant d'une hauteur constante, un train de tiges métalliques et cylindriques terminé par une pointe conique débordante d'une section de 20,0 cm². La hauteur de chute est de 75,0 cm et les résultats traduisant le nombre de coups de mouton nécessaires à l'enfoncement de la pointe et du train de tiges, sont consignés tous les 10,0 cm.

Cette technique permet de mesurer en continu la résistance dynamique du sol (notée q_d) opposée par le sol à la pénétration de la pointe.

La résistance dynamique du sol est calculée par la formule de battage dite "des Hollandais" exprimée en Méga Pascal à partir des caractéristiques techniques du pénétromètre et des paramètres des essais.

8.5 RECONNAISSANCES DES FONDATIONS

Nous avons procédé à l'ouverture de cinq sondages de reconnaissance des fondations des bâtiments existants.

Ces sondages ont été réalisés :

- Pour les sondages RF1, RF4 et RF5, à l'aide d'une pelle mécanique.
- Pour les sondages RF2 et RF3, manuellement à la pelle/pioche.

Les observations réalisées à partir de ces sondages, dont les coupes détaillées sont présentées en annexe, sont les suivantes :

Sondage RF1 :

- Fondation en béton.
- Assise > à 2,0m de profondeur par rapport au niveau du terrain naturel.
- Débord de 25 cm dès la surface du terrain naturel.
- Sol d'assise constitué par de l'argile sablo-graveleuse.

L'assise de la fondation n'a pas pu être reconnue compte tenu de la profondeur trop importante à atteindre.

**Sondage RF2 :**

Cette reconnaissance n'a pas pu être réalisée compte tenu de la présence de nombreux réseaux existants au droit du sondage.

Sondage RF3 :

- Mur et soubassement en béton.
- Assise à 0,70 m de profondeur par rapport au niveau du terrain naturel.
- Débord de 5 cm à partir de 0,60 m de profondeur par rapport au niveau du terrain naturel.
- Sol d'assise constitué par du limons sablo-graveleux.



On notera que la profondeur de garde à la sécheresse n'est pas respectée au droit RF3 pour les bâtiments existants, le minimum requis étant de -1,2 à -1,5 m de profondeur par rapport au terrain extérieur fini dans ce type de contexte de sols sensibles au retrait-gonflement.

Sondage RF4 :

- Soubassement et fondation en béton.
- Assise à 1,25 m de profondeur par rapport au niveau du terrain naturel.
- Débord de 50 cm à partir de 0,55 m de profondeur par rapport au niveau du terrain naturel.
- Sol d'assise constitué par de l'argile sableuse.



Sondage RF5 :

- Soubassement et fondation en béton.
- Assise à 2,2 m de profondeur par rapport au niveau du terrain naturel.
- Débord de 30 à 60 cm à partir de 1,2 m de profondeur par rapport au niveau du terrain naturel.
- Sol d'assise constitué par du limon sableux.

**8.6 ESSAIS DE PERMEABILITE****8.6.1 Essai Lefranc ou Nasberg****8.6.1.1 Principe**

L'essai Lefranc ou l'essai Nasberg sont des essais qui permettent d'évaluer ponctuellement la perméabilité horizontale d'un terrain aquifère situé au-dessus ou au-dessous de la nappe (sol saturé).

Ces essais consistent :

- À créer une charge différentielle, par rapport à la charge correspondant au niveau initial de la nappe, dans une cavité de dimension connue préalablement réalisée dans le terrain à la base d'un forage et aménagée de telle sorte que la filtration de l'eau engendrée par cette charge différentielle ne se fasse que par les parois de cette cavité.
- À mesurer l'évolution dans le temps de cette charge différentielle qui peut être produite soit par le prélèvement soit par l'apport dans la cavité d'un débit d'eau constant.

Deux essais de perméabilité ont été réalisés dans le sondage SC2 interprétés en régime transitoire à la descente après injection d'eau préalable dans le forage.

La variation de la charge hydraulique a été mesurée en fonction du temps de descente.

La profondeur des essais est précisée dans le tableau suivant :

Sondages	Partie supérieure de la cavité d'essai (en m/TN)	Base de la cavité d'essai (en m/TN)
SC2	-2,5	-3,5
SC2	-3,5	-4,5

Le niveau de l'eau a été déterminé par mesure ponctuelle au droit des forages au moment des essais.

En régime transitoire, la perméabilité k_L est :

- Calculée à partir de l'équation différentielle suivante :

$$h(t) = \left(\frac{Qa}{S} - \frac{dh}{dt} \right) \frac{S}{m \cdot K_L \cdot B}$$

Avec :

Qa Le débit constant d'apport d'eau.

S La section transversale intérieure du tube d'écoulement.

dh La différence de charge hydraulique entre deux points de mesure.

dt La différence de temps entre deux point de mesure.

m Le facteur de forme de la cavité.

K_L Le facteur coefficient de perméabilité Lefranc.

B Le diamètre de la cavité.

- Puis déterminée par ajustement de la courbe expérimentale sur la courbe théorique solution de l'équation différentielle.

8.6.1.2 Résultats

Les résultats obtenus (voir feuilles de calcul en annexes) sont les suivants :

Sondage	Base de la cavité d'essai (m/TN)	Formation géologique	K (m/s)
SC2	-3,5	Marne argileuse	$3,0 \cdot 10^{-7}$
SC2	-4,5	Argile marneuse	$5,6 \cdot 10^{-7}$

8.6.2 Essai Porchet

Quatre essais de perméabilité de type Porchet ont été réalisés dans les sondages Po1 à Po4 réalisés à la tarière hélicoïdale de 63 mm de diamètre et descendus à 1,0 m de profondeur.

Les résultats obtenus (voir feuille de calcul en annexes) sont les suivants :

Sondage	Base de la cavité d'essai (m/TN)	Formation géologique	K (m/s)
Po1	-1,0	Limon	$2,0 \cdot 10^{-7}$
Po2	-1,0	Limon	$2,0 \cdot 10^{-6}$
Po3	-1,0	Limon	$2,0 \cdot 10^{-7}$
Po4	-1,0	Limon	$3,0 \cdot 10^{-7}$

8.6.3 Conclusions

Les valeurs de perméabilité obtenues sont (voir tableau ci-dessous) :

- Moyennes à faibles dans les terrains de recouvrements.
- Moyennes à faibles dans le substratum marno-calcaire.

Tableau B.1. Ordre de grandeur de la conductivité hydraulique dans différents sols (d'après Musy et Soutter [1991], cité dans Barraud et collab. [2006])

K (m/s)	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
Types de sols	Gravier sans sable ni éléments fins		Sable avec gravier, Sable grossier à sable fin		Sable très fin Limon grossier à limon argileux			Argile limoneuse à argile homogène			
Possibilités d'infiltration	Excellentes		Bonnes		Moyennes à faibles			Faibles à nulles			

Les perméabilités obtenues sont des valeurs ponctuelles pouvant être influencées par la nature et l'état hydrique des terrains, de plus les valeurs données ci-avant ne sont représentatives que des perméabilités locales et peuvent être notamment différentes de la perméabilité en grand à déterminer par des essais de pompage.

Des variations de perméabilité restent possibles entre les points de sondage. En particulier dans le substratum marno-calcaire, où des variations de perméabilité brutales sont possibles à la faveur de l'altération et de la fracturation.

Dans l'hypothèse de l'estimation d'un débit d'exhaure, on retiendra une valeur de perméabilité sécuritaire de $1 \cdot 10^{-6}$ m/s dans les formations en présence.

9 CONTEXTE GÉOTECHNIQUE

9.1 INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

L'ensemble des sondages a mis en évidence les couches suivantes :

- Couche C1 :
Terrains de recouvrements : terre végétale, enrobé, remblais.
Faible portance.
- Couche C2 :
Colluvions : sable graveleux, limon sablo-graveleux, limon sableux à argilo-graveleux, argile +/- graveleuse.
Portance faible à moyenne.
- Couche C3 :
Marne argileuse.
Portance moyenne à bonne.
- Couche C4 :
Marne calcaire altérée.
Bonne portance.
- Couche C5 :
Marne calcaire compacte.
Très bonne portance.

9.1.1 Sondages pressiométriques

Profondeur de la base de la couche	Sondages	SP1 (169.90)	SP2 (161.10)	SP3 (161.60)	SP4+Pz (156.35)	SP5+Pz (155.55)	SP6+Pz (155.65)	SP7 (152.40)
	C1 – Terrains de recouvrement	-0,30m	-	-0,60 m	-1,00 m	-0,30 m	-0,80 m	-0,20m
	C2 – Colluvions	-1,50 m	-2,50 m	-3,00 m	-2,30 m	-4,30 m	-	-2,00 m
	C3 – Marne argileuse	-2,70 m	-6,70 m	-10,21 m (Arrêt)	-4,10 m	-6,40 m	-	-3,60 m
	C4 – Marne calcaire altérée	-4,10 m (Refus)	-10,01 m (Arrêt)	-	-6,80 m	-10,01 m (Arrêt)	-8,80 m	-4,90 m
	C5 – Marne calcaire compacte	-	-	-	-10,19 m (Arrêt)	-	-10,00 m (Arrêt)	-9,69 m (Arrêt)

9.1.2 Sondages carottés

SC1 (155.50 NGF)	
0,00 à 1,30 m	Limon marron avec graviers hétérogènes
1,30 à 2,00 m	Limon sableux marron
2,00 à 2,40 m	Limon graveleux marron
2,40 à 3,00 m	Marne beige riche en graviers
3,00 à 3,90 m	Marne argileuse marron à beige
3,90 à 4,40 m	Marne beige riche en graviers
4,40 à 6,80 m	Marne argileuse marron à beige contenant quelques fragments calcaires grisâtres
6,80 à 8,00 m	Calcaire blanchâtre très fracturé à fragmenté
8,00 à 10,00 m	Marne argileuse marron à beige contenant un niveau de calcaire grisâtre de 8,40 à 8,60 m
Arrêt volontaire – Forage avec injection d'eau	

SC2 (152.60 NGF)	
0,00 à 1,00 m	Limon argileux marron contenant quelques graves hétérogènes
1,00 à 3,00 m	Argile rougeâtre
3,00 à 3,50 m	Marne argileuse rougeâtre contenant quelques fragments calcaires beige
3,50 à 5,00 m	Argile marneuse rougeâtre
5,00 à 6,00 m	Marne +/- argileuse beige riche en graviers et graves calcaires ($D_{max} \leq 5 \text{ mm}$)
6,00 à 10,00 m	Marne légèrement argileuse beige à rougeâtre contenant des graves et graviers calcaires
Arrêt volontaire – Forage avec injection d'eau	

9.1.3 Caractéristiques mécaniques

Les valeurs caractéristiques de chaque couche de sol sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Type de sol	P_{l^*} moyen (MPa)	E_m moyen (MPa)	q_d (MPa)	α
C1 – Remblais	0,31	4,94	< 2,00	1/1
C2 – Colluvions	0,46	5,66	2,00 à 10,00	1/2
C3 – Marne argileuse	0,82	9,98	5,00 à 10,00	1/2
C4 – Marne calcaire altérée	2,60	36,46	> 10,00	1/2
C5 – Marne calcaire compacte	4,83	170,98 (*)	> 10,00	1/2

(*) Pour rappel l'essai pressiométrique n'a pas pour domaine d'application de mesurer des valeurs de module supérieur à 150 MPa caractéristiques d'une roche très résistante et ne peut se substituer à des essais spécifiques sur roches (résistance en compression, essai Franklin, mesure de dureté abrasivité...).

Avec :

- α Coefficient rhéologique des sols pour le calcul de E_s pour dallage et des tassements.
- P_{l^*} Pression limite nette (moyenne géométrique moins 1/2-type).
- E_m Module pressiométrique (moyenne harmonique moins 1/2 écart-type).
- q_d Résistance dynamique de pointe.

9.2 AGRESSIVITE DU MILIEU VIS-A-VIS DES BETONS DE FONDATIONS (NF EN 206-1)

9.2.1 Prélèvements

Les prélèvements ont été effectués :

- Pour l'eau : dans le piézomètre mis en place dans le sondage SP5.
- Pour les sols : sur un échantillon remanié prélevé à la tarière hélicoïdale 63 mm entre 0,6 et 8,5 m de profondeur dans le sondage SP3, constitué d'argile et de marne argileuse.

Les échantillons recueillis ont été placés dans des récipients adaptés spécialement fournis par le laboratoire chargé des analyses, accrédité COFRAC et agréé par le Ministère chargé de l'Environnement, puis transporté au laboratoire.

9.2.2 Résultats

Les originaux des procès-verbaux d'analyses sont joints en annexe. Les composés recherchés sont ceux prévus par la norme NF EN 206-CN, chapitre 4, tableau 2, relatifs à l'agressivité de l'eau et du sol vis à vis du béton.

9.2.2.1 Analyse de l'agressivité de l'eau

Ces analyses sont en cours de réalisation sur les échantillons prélevés.

Les résultats qui découleront de ces essais feront l'objet d'une note complémentaire.

9.2.2.2 Analyse de l'agressivité des sols

Les résultats obtenus sont les suivants :

Paramètres	Résultats	Environnement chimique moyen
Degré d'acidité des sols (ml/kg)	< 1,00	Néant
Sulfates SO_4^{2-} (mg/kg)	1372,00	Néant

Les valeurs moyennes obtenues conduisent, suivant l'article 4.1 de la norme NF EN 206/CN, à la classe d'exposition suivante :

Environnement d'agressivité chimique nulle < XA1

9.3 ESSAIS EN LABORATOIRE

Les essais en laboratoire ont permis de définir la classe GTR du LCPC/SETRA des matériaux selon le Guide des Terrassements Routiers fascicule II à partir de leur granulométrie, de leur argilosité ainsi que de leur teneur en eau.

Les résultats sont reportés dans le tableau suivant :

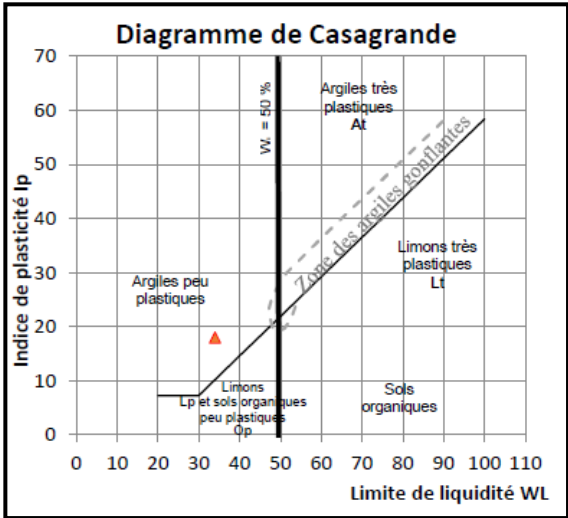
Sondage		SP2	SP5	SP6
Profondeur de l'échantillon	(m/TN)	2,5 à 6,7 m	1,0 à 4,3 m	0,8 à 5,0 m
Nature		Marne argileuse	Argile +/- graveleuse	Marne altérée
Teneur en eau naturelle W_N	(%)	8,2	15,4	4,0
Limites d'Atterberg				
Limite de liquidité	W_L (%)	34,0	31,0	35,0
Limite de plasticité	W_P (%)	16,0	16,0	15,0
Indice de plasticité	I_P	18,0	15,0	20,0
Limite de retrait	W_R (%)	11,0	14,0	9,0
Analyse granulométrique				
< 50 mm	(%)	100,0	100,0	100,0
< 20 mm	(%)	99,5	100,0	100,0
< 10 mm	(%)	98,7	99,9	99,6
< 5 mm	(%)	89,1	98,6	92,3
< 2 mm	(%)	68,1	94,5	77,3
< 1 mm	(%)	63,9	91,3	68,0
< 0,25 mm	(%)	56,7	80,6	52,7
< 0,063 mm	(%)	45,4	56,4	41,3
Classification GTR		A₂	A₂	A₂

Les sols en présence sont classés **A₂** selon le GTR. Ils correspondent à des sols fins pouvant changer brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau.

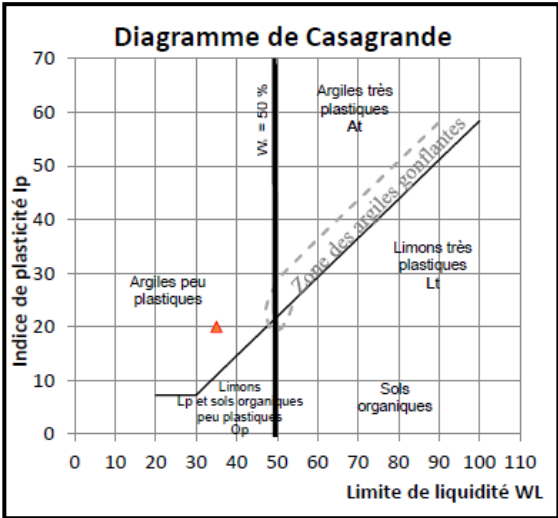
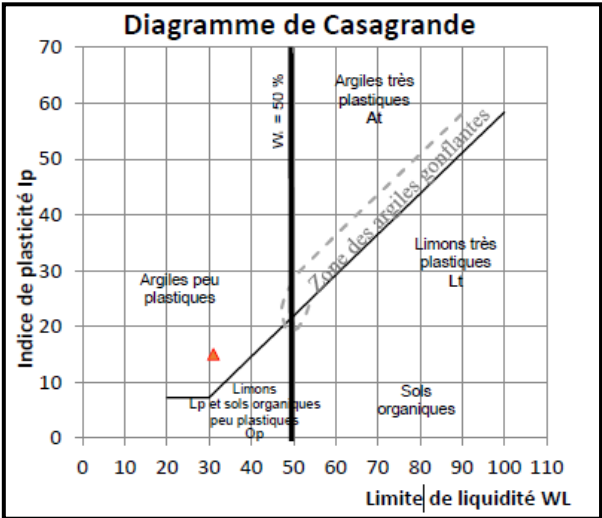
La plage de retrait du sol ($W_P - W_R = 2,0$ à $6,0$ %) identifiée est peu significative à significative et met en évidence un sol peu sensible à sensible aux baisses de teneur en eau.

D'autre part, d'après le diagramme de Casagrande, les sols en présence ne sont pas situés dans la zone des argiles gonflantes.

SP2



SP5



SP6

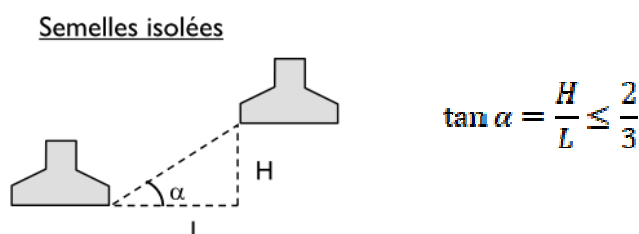
10 BATIMENT PARAMED 1 & 2

10.1 FONDATIONS

10.1.1 Principe de fondation

Le bâtiment sera fondé comme suit :

- Type de fondations : semelles isolées ou puits reliés par un réseau maillé de longrines, avec une rigidification de la construction.
- Nature du sol d'assise : marne argileuse (couche C3) ou marne calcaire altérée (couche C4).
- Les remblais et les colluvions présents en fond de fouille seront exclus pour l'assise des fondations.
- Profondeur d'assise :
 - Ancrage minimum de 40 cm dans la marne argileuse ou dans la marne calcaire altérée.
 - Respect de la profondeur de garde a la sécheresse à savoir un ancrage minimum de -1,5 m de profondeur par rapport au niveau fini du terrain après travaux.
- Il conviendra de s'assurer de l'homogénéité des terrains d'assise sous chaque bloc de construction (visites et avis d'un géotechnicien à prévoir dans le cadre des missions G3/G4 phase suivi).
- En s'éloignant de la zone en RDJ, l'assise des fondations sera remontée par redans en respectant une pente de 3H/2V.
- Rattrapage au gros béton pour atteindre le sol d'ancrage des fondations si nécessaire (présence de poches décomprimées).
- Rigidification des fondations et soubassements.
- Dimensionnement des murs contre terre pour résister à la poussée latérale (Consulter BET Structure).
- Egalisation du fond de fouille par béton de propreté.
- Soubassements en béton armé vibré.
- Règle des fondations à niveau décalé à respecter en tous points du projet.



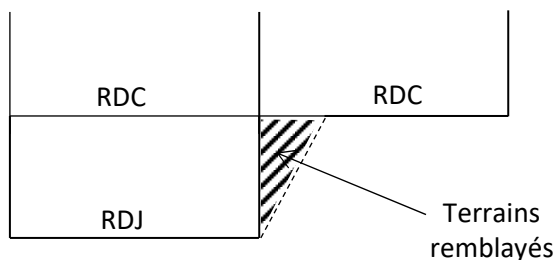
A titre d'exemple, les profondeurs minimums d'ancrage au droit des sondages réalisés sont donc les suivantes :

Sondages (NGF)	SP4+Pz (156.35)	SP6+Pz (155.65)	SP7 (152.40)	SC1 (155.50)	SC2 (152.60)
Profondeur d'ancrage (m/TN)	-2,7 m	-1,5 m	-2,4 m	-2,8 m	-3,4 m

Ces profondeurs sont données à titre indicatif, à partir des coupes relevées lors de la reconnaissance. Des variations d'épaisseurs ou de faciès restent possibles entre les points de sondage et peuvent nécessiter une adaptation du projet en fonction de l'hétérogénéité éventuelle des sols.

Remarque importante :

A l'arrière du mur enterré de la zone du projet en RDJ, les terrains seront inévitablement remaniés lors de la réalisation des talutages.



Pour les fondations du niveau en RDC situées dans l'emprise de ces talutages, il sera donc nécessaire de les approfondir afin de respecter :

- Un ancrage minimum de 40 cm dans la marne argileuse ou dans la marne calcaire altérée en place et non remaniées.
- La profondeur de garde à la sécheresse à savoir un ancrage minimum de **-1,5 m** de profondeur par rapport au niveau fini du terrain après travaux
- Une pente de diffusion de l'ordre de 3H/2V avec l'assise des fondations du niveau RDJ.

10.1.2 Paramètres géotechniques

Pour le dimensionnement des fondations du bâtiment, on se référera à l'EUROCODE 7. L'ingénieur de structure pourra prendre en compte les valeurs de contrainte admissibles suivantes :

$$q_{ELS} = 0,30 \text{ MPa} \text{ (30,00 t/m}^2 \text{ aux ELS)}$$

$$q_{ELU} = 0,49 \text{ MPa} \text{ (49,00 t/m}^2 \text{ aux ELU)}$$

Soit :

$$q_{net} = 0,83 \text{ MPa} \text{ (83,00 t/m}^2 \text{)}$$

Avec des facteurs partiels combinés : $(\gamma_{R,D} - \gamma_{R,V}) = 2,76$ aux ELS et $(\gamma_{R,D} - \gamma_{R,V}) = 1,68$ aux ELU.

10.1.3 Détermination du coefficient de réduction lié à l'inclinaison du chargement

D'après les informations fournies par TPF INGENIERIE, à l'ELU sismique les fondations sont soumises à des charges verticales et horizontales, ce qui entraine une inclinaison du chargement ayant pour valeur :

$$\delta_d = \arctan\left(\frac{H_d}{V_d}\right)$$

- Avec :
- δ_d : inclinaison du chargement.
 - H_d : valeurs de calcul de la composante horizontale.
 - V_d : valeur de calcul de la composante verticale.

Dans ce contexte, lorsque les fondations sont soumises à un chargement d'inclinaison δ_d , il est nécessaire de calculer un coefficient i_δ qui dépend du comportement du terrain ainsi que de la hauteur d'encastrement D_e de la fondation.

$$i_{\delta;cf;D_e/B} = i_{\delta;f;D_e/B} + (i_{\delta;c;D_e/B} - i_{\delta;f;D_e/B}) \left(1 - e^{-\frac{\alpha c}{\gamma B \tan(\varphi)}}\right)$$

Avec :

$$i_{\delta;c;D_e/B} = \left(1 - \frac{2\delta_d}{\pi}\right)^2$$

Et :

$$i_{\delta;f;D_e/B} = \left(1 - \frac{2\delta_d}{\pi}\right)^2 - \frac{2\delta_d}{\pi} \left(2 - 3\frac{2\delta_d}{\pi}\right) e^{-D_e/B} \text{ pour } \delta_d < \frac{\pi}{4}$$

$$i_{\delta;f;D_e/B} = \left(1 - \frac{2\delta_d}{\pi}\right)^2 - \left(1 - \frac{2\delta_d}{\pi}\right)^2 e^{-D_e/B} \text{ pour } \delta_d \geq \frac{\pi}{4}$$

Dans ces conditions, les coefficients i_δ obtenus sont les suivants :

10.1.3.1 Semelles isolées

N° de semelle	Dimensions	H _d -ELU-SISM (t)	V _d -ELU-SISM (t)	δ _d	D _e (m)	i _{δ;c;D_e/B}	i _{δ;f;D_e/B}	i _{δ;cf;D_e/B}
SI-191	(80 x 80 cm)	0,03	0,65	0,05	0,40	0,94	0,91	0,93
SI-120	(150 x 150 cm)	18,40	54,52	0,33		0,63	0,41	0,49
SI-130	(190 x 190 cm)	0,40	87,44	0,00		0,99	0,99	0,99
SI-15	(230 x 230 cm)	21,51	138,92	0,15		0,81	0,67	0,71
SI-27	(270 x 270 cm)	12,84	267,23	0,05		0,94	0,89	0,90
SI-45	(300 x 300 cm)	14,85	326,87	0,05		0,94	0,89	0,90
SI-53	(320 x 320 cm)	3,45	339,11	0,01		0,99	0,98	0,98

10.1.3.2 Semelles filantes

N° de semelle	Dimensions	H _{d-ELU-SISM} (t)	V _{d-ELU-SISM} (t)	δ _d	D _e (m)	i _{δ;c;De/B}	i _{δ;f;De/B}	i _{δ;cf;De/B}
SF-14	(80 cm)	49,88	86,97	0,52	0,40	0,45	0,24	0,36
SF-6	(80 cm)	27,37	94,75	0,28		0,67	0,52	0,61
SF-24	(170 cm)	59,12	206,30	0,28		0,68	0,47	0,54

10.1.4 Justification de la capacité portante

En ce qui concerne la justification de la capacité portante, celle-ci est menée conformément aux règles pressiométriques, constituant l'annexe normative D de la norme NFP 94-261 de juin 2013.

Pour tous les cas de charges et de combinaisons, l'inégalité suivante doit être vérifiée :

$$V_d - R_0 \leq R_{v,d}$$

Avec :	R _{v,d}	Résistance nette du terrain sous la semelle superficielle.
	V _d	Valeur de calcul de la composante verticale de la charge transmise à la fondation superficielle.
	R ₀	Valeur du poids du volume de sol constitué du volume de la fondation sous le terrain après travaux.

La résistance nette du terrain sous la fondation superficielle est obtenue par l'application des relations suivantes :

$$R_{v,d} = \frac{R_{v,k}}{\gamma_{R,v}} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R,v} \gamma_{Rd,v}}$$

Avec :

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

R _{v,k}	Valeur caractéristique de la résistance nette du terrain.
A'	Surface effective de la semelle.
q _{net}	Contrainte associée à la résistance nette du terrain.
p _{le} *	Pression limite nette équivalente.
k _p	Facteur de portance de la semelle.
i _β et i _δ	Coefficients de réduction de portance liés à la proximité d'une pente de talus et de l'inclinaison du chargement.
γ _{R,v}	Valeur du coefficient partiel permettant le calcul de la portance égal à 2,3 à l'ELS, à 1,4 à l'ELU fondamental et sismique et à 1,2 à l'ELU accidentel.

$\gamma_{R;d,v}$ Valeur du coefficient de modèle pressiométrique associé à la méthode de calcul, permettant le calcul de la portance **égal à 1,2**.

En l’absence de dimensionnement par le bureau d’études structure pour les semelles filantes et semelles isolées, nous avons supposé des dimensions de semelles superficielles que ce dernier devra si nécessaire adapter en fonction des contraintes du projet.

A titre indicatif, il vient alors les contraintes de calcul à l'ELS et à l'ELU suivantes :

10.1.4.1 Semelles isolées

10.1.4.1.1 Combinaison à l’ELS Caractéristique

N° de semelle	Dimensions	P_{le}^* (MPa)	$K_{p ; B/L}$	i_{δ}	i_{β}	q_{net} (MPa)	$q'_{ELS-CAR}$ (MPa)
SI-191	(80 x 80 cm)	0,95	1,07	1,00	1,00	1,02	0,37
SI-120	(150 x 150 cm)		0,95			0,91	0,33
SI-130	(190 x 190 cm)		0,92			0,88	0,32
SI-15	(230 x 230 cm)		0,90			0,86	0,31
SI-27	(270 x 270 cm)		0,89			0,84	0,31
SI-45	(300 x 300 cm)		0,88			0,84	0,30
SI-53	(320 x 320 cm)		0,87			0,83	0,30

10.1.4.1.2 Combinaison à l’ELU Fondamental

N° de semelle	Dimensions	P_{le}^* (MPa)	$K_{p ; B/L}$	i_{δ}	i_{β}	q_{net} (MPa)	$q'_{ELU-FOND}$ (MPa)
SI-191	(80 x 80 cm)	0,95	1,07	1,00	1,00	1,02	0,61
SI-120	(150 x 150 cm)		0,95			0,91	0,54
SI-130	(190 x 190 cm)		0,92			0,88	0,52
SI-15	(230 x 230 cm)		0,90			0,86	0,51
SI-27	(270 x 270 cm)		0,89			0,84	0,50
SI-45	(300 x 300 cm)		0,88			0,84	0,50
SI-53	(320 x 320 cm)		0,87			0,83	0,49

10.1.4.1.3 Combinaison à l'ELU Sismique

N° de semelle	Dimensions	P_{le}^* (MPa)	$K_{p,B/L}$	i_δ	i_β	q_{net} (MPa)	$q'_{ELU-SISM}$ (MPa)
SI-191	(80 x 80 cm)	0,95	1,07	0,93	1,00	0,94	0,56
SI-120	(150 x 150 cm)		0,95	0,49		0,44	0,26
SI-130	(190 x 190 cm)		0,92	0,99		0,87	0,52
SI-15	(230 x 230 cm)		0,90	0,71		0,61	0,36
SI-27	(270 x 270 cm)		0,89	0,90		0,76	0,45
SI-45	(300 x 300 cm)		0,88	0,90		0,76	0,45
SI-53	(320 x 320 cm)		0,87	0,98		0,81	0,48

10.1.4.2 Semelles filantes**10.1.4.2.1 Combinaison à l'ELS Caractéristique**

N° de semelle	Dimensions	P_{le}^* (MPa)	$K_{p,B/L}$	i_δ	i_β	q_{net} (MPa)	$q'_{ELS-CAR}$ (MPa)
SF-14	(80 cm)	0,95	1,03	1,00	1,00	0,98	0,36
SF-6	(80 cm)		1,03			0,98	0,36
SF-24	(170 cm)		0,93			0,88	0,32

10.1.4.2.2 Combinaison à l'ELU Fondamental

N° de semelle	Dimensions	P_{le}^* (MPa)	$K_{p,B/L}$	i_δ	i_β	q_{net} (MPa)	$q'_{ELU-FOND}$ (MPa)
SF-14	(80 cm)	0,95	1,03	1,00	1,00	0,98	0,58
SF-6	(80 cm)		1,03			0,98	0,58
SF-24	(170 cm)		0,93			0,88	0,52

10.1.4.2.3 Combinaison à l'ELU Sismique

N° de semelle	Dimensions	P_{le}^* (MPa)	$K_{p,B/L}$	i_δ	i_β	q_{net} (MPa)	$q'_{ELU-SISM}$ (MPa)
SF-14	(80 cm)	0,95	1,03	0,36	1,00	0,35	0,21
SF-6	(80 cm)		1,03	0,61		0,59	0,35
SF-24	(170 cm)		0,93	0,54		0,47	0,28

10.1.4.3 Conclusions

Les tableaux récapitulatifs sont présentés ci-dessous :

10.1.4.3.1 Semelles isolées

Combinaisons à l'ELS :

N° de semelle	Dimensions	$\sigma_{vd-ELS-CAR}$ (MPa)	$q'_{ELS-CAR}$ (MPa)
SI-191	(80 x 80 cm)	0,02	0,37
SI-120	(150 x 150 cm)	0,22	0,33
SI-130	(190 x 190 cm)	0,28	0,32
SI-15	(230 x 230 cm)	0,28	0,31
SI-27	(270 x 270 cm)	0,28	0,31
SI-45	(300 x 300 cm)	0,28	0,30
SI-53	(320 x 320 cm)	0,29	0,30

Combinaisons à l'ELU :

N° de semelle	Dimensions	$\sigma_{Vd-ELU-FOND}$ (MPa)	$q'_{ELU-FOND}$ (MPa)	$\sigma_{Vd-ELU-SISM}$ (MPa)	$q'_{ELU-SISM}$ (MPa)
SI-191	(80 x 80 cm)	0,02	0,61	0,01	0,56
SI-120	(150 x 150 cm)	0,31	0,54	0,24	0,26
SI-130	(190 x 190 cm)	0,39	0,52	0,24	0,52
SI-15	(230 x 230 cm)	0,38	0,51	0,26	0,36
SI-27	(270 x 270 cm)	0,39	0,50	0,37	0,45
SI-45	(300 x 300 cm)	0,38	0,50	0,36	0,45
SI-53	(320 x 320 cm)	0,40	0,49	0,33	0,48

Les contraintes au sol apportées par les fondations sont bien inférieures à la capacité portante du sol (q').

10.1.4.3.2 Semelles filantes**Combinaisons à l'ELS :**

N° de semelle	Dimensions	$\sigma_{Vd-ELS-CAR}$ (MPa)	$q'_{ELS-CAR}$ (MPa)
SF-14	(80 cm)	0,05	0,36
SF-6	(80 cm)	0,19	0,36
SF-24	(170 cm)	0,22	0,32

Combinaisons à l'ELU :

N° de semelle	Dimensions	$\sigma_{Vd-ELU-FOND}$ (MPa)	$q'_{ELU-FOND}$ (MPa)	$\sigma_{Vd-ELU-SISM}$ (MPa)	$q'_{ELU-SISM}$ (MPa)
SF-14	(80 cm)	0,07	0,58	0,07	0,21
SF-6	(80 cm)	0,27	0,58	0,18	0,35
SF-24	(170 cm)	0,31	0,52	0,28	0,28

Remarque : les valeurs de $\sigma_{Vd-ELU-SISM}$ tiennent compte d'un excentrement des charges :

$$e = \frac{\text{Moments (t * m)}}{V_{dELU-SISM} (t)}$$

Les contraintes au sol apportées par les fondations sont bien égales ou inférieures à la capacité portante du sol (q').

10.1.5 Vérification au non-glissement à l'ELU sismique

Pour démontrer que les fondations superficielles supportent la charge de calcul avec une sécurité adéquate vis-à-vis d'une rupture par glissement sur le terrain, on doit vérifier selon la norme NF EN 1998-5 que l'inégalité suivante est satisfaite :

$$V_{Ed} \leq F_{Rd} + E_{pd}$$

En l'absence d'études plus spécifiques, la force de frottement de calcul F_{Rd} pour les fondations situées au-dessus du niveau de la nappe phréatique peut être calculée d'après l'expression suivante.

$$F_{Rd} = N_{Ed} \frac{\tan \delta}{\gamma_M}$$

Avec :

- V_{Ed} H_d la sollicitation horizontale.
- F_{Rd} Force de frottement de calcul.
- E_{pd} Valeur de calcul de la résistance latérale (négligée).
- N_{Ed} Valeur de calcul effort normal sur la base horizontale ($=V_d$).
- δ valeur caractéristique de l'angle de frottement à l'interface entre la base de la fondation et le terrain, dans le cas présent sa valeur est égale à **25°**.
- γ_M Coefficient partiel de matériau, pris à une valeur égale à 1,25 (selon la norme EN 1998-5, § 3.1).

Nous avons réalisé ci-après les vérifications de non-glissement pour les dimensions des fondations retenues.

N° de semelle	Dimensions	$V_{Ed-ELU-SISM}$ (t)	$N_{Ed-ELU-SISM}$ (t)	δ (°)	γ_M	$F_{Rd}+E_{pd}$	$V_{Ed} \leq F_{Rd} + E_{pd}$
SF-14	(80 cm)	49,88	86,97	25,00	1,25	32,44	NON VERIFIE
SF-6	(80 cm)	27,37	94,75			35,35	OK
SF-24	(170 cm)	59,12	206,30			76,96	OK

À l'ELU sismique, pour la semelle filante SF-14, le non-glissement de la fondation n'est pas vérifié. Pour éviter un surdimensionnement il conviendra si possible de prévoir une adaptation structurelle pour modifier la descente de charge sous séisme.

10.1.6 Tassements

Les tassements absolus sont estimés au droit des sondages réalisés et pour les semelles filantes et isolées les plus et les moins chargées sous une contrainte à l'ELS Caractéristique :

	Sondage (NGF)	SP4+Pz (156.35)	SP6+Pz (155.65)	SP7 (152.40)
<u>Semelle isolées</u>	SI-191 - 0,97 t/ml (80 x 80 cm)	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	SI-53 – 295,71 t (320 x 320 cm)	< 1,0	< 0,5	< 1,0
<u>Semelles filantes</u>	SF-14 - 3,96 t/ml (80 cm)	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	SI24 – 37,78 t/ml (170 cm)	< 1,0	< 0,5	< 1,0

Les tassements absolus seront inférieurs au centimètre pour un ancrage homogène dans la marne argileuse (couche C3) ou dans la marne calcaire altérée (couche C4), avec des tassements différentiels du même ordre de grandeur.

Il conviendra au Bureau d'Etude Structure de vérifier l'admissibilité de ces tassements vis-à-vis de la structure.

10.1.7 Sujétions d'exécution

- Epuisement des fouilles si nécessaire.
- Vérification de l'homogénéité du fond de fouille.
- Purge des zones souillées et remaniées par du gros béton.
- Bétonnage en période non pluvieuses.
- Si nécessaire, **mise en place d'un blindage ou d'un busage perdu** afin de permettre le creusement des fouilles et de limiter les surconsommations de béton.
- En présence d'eau, curage des fonds de fouille et coulage du gros béton au tube plongeur.

10.2 NIVEAUX BAS

Compte tenu de la potentielle sensibilité des terrains en présence vis-à-vis du retrait-gonflement et de la destination des locaux (locaux nobles), les niveaux bas du bâtiment devront être prévus en **plancher porté** par les fondations de structure, sur vide sanitaire ventilé.

11 PASSERELLE, BATIMENT D'ACCES ET BELVEDERE

Compte tenu de la présence d'une formation de faible compacité sur des épaisseurs localement importantes (notamment jusqu'à 4,3 m en SP5), il devra être envisagé une solution de **fondations profondes par micropieux** ancrés dans le substratum marno-calcaire.

11.1 PRINCIPE ET METHODE DE CALCULS

L'étude des fondations profondes est effectuée conformément à l'EUROCODE 7 et à la norme d'application nationale NF P 94-262.

Pour l'ensemble des calculs menés au moyen du logiciel FOXTA V4, les données et résultats principaux des calculs sont joints en annexe.

11.2 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES PIEUX

11.2.1 Type de pieux

Dans le cadre de cette étude, nous étudions des micropieux de type III : **classe 8 et de catégorie 19 selon la norme NF P 94-262**.

Les fondations profondes sont dimensionnées à partir des règlements en vigueur et plus spécifiquement suivant la norme NF P 94-262.

Le diamètre de forage retenu est de **300 mm**.

11.2.2 Formation d'ancrage

Les micropieux seront ancrés dans le substratum marno-calcaire (couches C3 à C5) avec un ancrage au minimum de 4,0 m et avec une longueur totale minimale de 6,0 m.

A titre d'information, le substratum marno-calcaire a été reconnu aux profondeurs suivantes au droit des sondages réalisés :

Sondage (NGF)	SP1 (169.90)	SP2 (161.10)	SP3 (161.60)	SP4+Pz (156.35)	SP5+Pz (155.55)
Toit du substratum marno-calcaire (m/TN)	-1,5	-2,5	-3,0	-2,3	-4,3

Le niveau d'ancrage devra être adapté, lors du forage des micropieux notamment (appréciation de la vitesse d'avancement de l'outil sur la base d'un enregistrement des paramètres de forage, observation des cuttings de forage...).

Les adaptations éventuelles devront être validées par un géotechnicien dans le cadre de la phase suivi de la mission G3 et sous la supervision du géotechnicien en charge de la mission G4 (selon la norme NF P 94-500).

Les fondations profondes seront dimensionnées à partir des règlements en vigueur et plus spécifiquement suivant la norme NF P 94-262.

La longueur des micropieux est calculée par rapport à une plateforme de travail supposée être calée au niveau du TN actuel.

Il conviendra de prévoir éventuellement la purge préalable de tous les ouvrages enterrés afin de limiter les risques de refus prématurés/déviations (vestiges d'anciennes fondations, longrines, dallage, ouvrages enterrés...).

Les moyens mis en œuvre devront être adaptés afin de respecter l'ancrage dans le substratum marno-calcaire.

Nous attirons l'attention sur la possibilité de rencontrer des blocs, et sub-structures enterrées au sein des remblais (vestiges/débords de fondations, de réseaux, enrochements, blocs...) pouvant conduire à des refus/déviations. Dans ce contexte, des dispositions de purges ou préforages sont à prévoir.

Le niveau d'ancrage devra être adapté, lors du forage des micropieux notamment (appréciation de la vitesse d'avancement de l'outil sur la base d'un enregistrement des paramètres de forage, observation des cuttings de forage...).

Les adaptations éventuelles devront être validées par un géotechnicien dans le cadre de la phase suivi de la mission G3 et sous la supervision du géotechnicien en charge de la mission G4 (selon la norme NF P 94-500).

11.2.3 Résistance structurale (STR)

11.2.3.1 Béton – Coulis - Informatif

Les éléments suivants pourront être considérés :

- Dosage minimum en ciment du coulis de 1200 kg/m³ - C/E ≥ 2.
- Classe d'exposition du béton – coulis : analyse d'agressivité vis-à-vis du béton à réaliser sur des échantillons d'eau et de sols pour classement suivant la norme NF EN 206+A2/CN (en attente des résultats).

11.2.3.2 Armatures des micropieux

Suivant la norme NF EN 1993-5, nous avons considéré un sol naturels intacts non agressif sur la hauteur des micropieux soit une perte d'épaisseur de 0,6 mm sur le rayon de l'armature pour une durée de 50 ans.

Durée d'utilisation de projet	5 ans	25 ans	50 ans	75 ans	100 ans
Sols naturels intacts (sable, limon, argile, schiste,)	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Sols naturels pollués et sites industriels	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Sols naturels agressifs (marais, marécages, tourbe...)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Remblais non compactés et non agressifs (argile, schiste, sable, limon,)	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Remblais non compactés et agressifs (cendres, scories....)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75
Notes :					
1) Les taux de corrosion dans les remblais compactés sont inférieurs à ceux observés dans les remblais non compactés. Dans les remblais compactés, il convient de diviser par deux les chiffres du tableau.					
2) Les valeurs données pour 5 ans et 25 ans sont basées sur des mesures, tandis que les autres valeurs sont extrapolées.					

Extrait section 4 de la norme NF EN 1993-5

Les caractéristiques des tubes pris en compte dans les calculs sont les suivantes :

MICROPIEUX ARMATURE		
Diamètre =	150	mm
Epaisseur =	8	mm
Corrosion ext =	0,6	mm
Corrosion int =	0	
Φ forage =	300	mm
E acier =	210 000	MPa
Inertie =	8,24E-06	m ⁴
i/v =	1,11E-04	m ³
Section =	0,003287	m ²
EA =	690 320	kN
EI =	1730	kN.m ²

La limite élastique des aciers considérés est $\sigma_e = 560$ MPa pour les tubes.

Le module d'Young des aciers E_a est de 210 GPa.

Si nécessaire, les caractéristiques des armatures seront à ajuster par l'entreprise dès l'appel d'offre de manière visible en fonction des stocks disponibles auprès de leurs fournisseurs, de la méthodologie de réalisation des micropieux retenue et des vérifications de dimensionnement.

11.3 REPRISE DES EFFORTS VERTICAUX

11.3.1 Paramètres de dimensionnement

Les hypothèses de calcul suivantes sont déterminées à partir de la norme NF P 94-262 :

Modèle	Terrain
Méthode	Pressiométrique
Type de pieux	Micropieux de type III (classe 8 et de catégorie 19)

Les calculs des fondations profondes à la portance seront réalisés conformément aux § 9 et 10 et 14 ainsi que l'annexe F de la norme NF P 94-262 et son amendement de juillet 2018.

Les paramètres suivants ont été retenus :

Micropieux de type III (classe 8 et de catégorie 19) selon norme NF P 94-262

Type de sol	Terme de frottement				
	Type de sol	P _{le} * référence (MPa)	$\alpha_{\text{pieu-sol}}$	f _{sol} (kPa)	q _s (kPa)
C1 – Remblais	Neutralisé				
C2 – Colluvions	Q1	0,46	2,70	33,11	89,39
C3 – Marne argileuse	Q4	0,82	2,40	80,00	192,00
C4 – Marne calcaire altérée	Q4	2,60	2,40	100,76	241,82
C5 – Marne calcaire compacte	Q4	4,83	2,40	118,64	284,74

Avec :

P_{le}* Pression limite nette retenue pour la définition de q_s.

$\alpha_{\text{pieu-sol}}$ Paramètre adimensionnel dépendant du type du sol et du forage.
(§ F5.2 de la norme NF P 94-262).

q_s Frottement latéral unitaire considéré pour le calcul de portance.

Remarque :

- Le frottement latéral sera négligé sur toute la hauteur des remblais et au minimum sur le premier mètre de terrain situé sous le niveau fini des ouvrages.
- Les valeurs retenues pour les paramètres ci-dessus sont appliqués à l'ensemble de chacune des couches définies dans le cadre du prédimensionnement des ouvrages géotechniques. Il s'agit d'une simplification calculatoire.
- Au démarrage des travaux de forage, il conviendra de valider le modèle de sol retenu (épaisseur et nature des différentes couches de sol).

11.3.2 Coefficients de pondération

Pour le calcul de la capacité portante, les coefficients de pondération (facteurs partiels et coefficients de modèle) retenus sur les combinaisons sont présentés ci-après (suivant norme NF P 94-262) :

- En compression :
 - Facteurs partiels :

	Coefficient	Valeur
	β_s ELS	0,70
	β_p ELS	0,50
	γ_{cr} ELS _{qp}	1,10
	γ_{cr} ELS _{cara}	0,90
ELS / pondérations combinées sur $Q_{s,k} = \beta_s / \gamma_{cr}$	γ_t ELU _{fond}	1,10
ELU / pondérations combinées sur $Q_{s,k} = 1 / \gamma_t$	γ_t ELU _{acc}	1,00
ELS / pondérations combinées sur $Q_{p,k} = \beta_p / \gamma_{cr}$		
ELU / pondérations combinées sur $Q_{p,k} = 1 / \gamma_t$		

Extrait tableau de données FOND PROF Logiciel V4

- Coefficients de modèle pour la méthode pressiométrique :

$$\gamma_{Rd;1} \times \gamma_{Rd;2} = 2,2$$

11.3.3 Effet de groupe

Il a été considéré une distance entre micropieux d'au minimum trois diamètres. Nous n'avons donc pas considéré d'effet de groupe. Dans le cas contraire, un coefficient limitateur de portance est à considérer.

11.3.4 Frottement négatif

Des frottements négatifs se développent à l'interface micropieu / sol si le tassement du sol est plus important que celui du micropieu. Ceci se produit en particulier lorsqu'un chargement du sol intervient postérieurement à la réalisation des micropieux.

A notre connaissance aucun remblaiement postérieur ne sera réalisé au droit du projet (à vérifier pour le tripode E21-22 avec la rampe d'accès PMR). Dans le cas contraire, les micropieux devront être dimensionné en prenant en compte cet effort parasite.

Ce point devra être vérifié notamment lors des études d'exécution dans le cas où :

- Des remblaiements généraux seraient postérieurs à leur réalisation.
- La construction d'ouvrages annexes situés à proximité immédiate des micropieux (distance < 3 diamètres en première approche).

11.3.5 Calcul de la capacité portante

La capacité portante des pieux aux différents états limites a été calculé au moyen du module FOND PROF du logiciel FOXTA V4.

Il a été considéré un diamètre de micropieux de 300 mm.

Les résultats présentés ci-après sont donnés en considérant :

- Une plateforme de travail calée au niveau du TN.
- Des micropieux en compression.

La longueur des micropieux et leur diamètre devront être adaptés par l'entreprise en fonction de la faisabilité de l'ancrage par l'atelier de forage retenu par l'entreprise.

11.3.5.1 Bâtiment d'accès

Il nous a été communiqué les DDC pour les 10 appuis prévus :

- Charges sur pieux ELS et ELU gravitaires.
- Charges sismiques horizontales.

Pour le bâtiment d'accès, nous avons pris en compte trois descentes de charges significatives.

Les efforts communiqués selon les différentes combinaisons de charges sont les suivantes :

<u>Semelles isolées</u>	<u>Efforts verticaux</u>			<u>Efforts horizontaux</u>
	V_d ELS-CAR (t)	V_d ELU-FOND (t)	V_d ELU-SISM (t)	H_d ELU-SISM (t)
SI-18	9,78	13,40	17,59	16,88
SI-3	41,98	58,18	41,82	7,05
SI-22	129,83	182,37	108,80	7,34

La capacité portante des micropieux aux différents états limites a été calculé au moyen du module FOND PROF du logiciel FOXTA V4.

Pour le dimensionnement des micropieux, nous avons retenu comme sondage de référence le sondage SP1.

Les résultats des calculs d'un micropieu à la portance, conformément à la norme NF P 94-262, sont présentés en annexe.

Les longueurs prévisionnelles des micropieux/TN sont données dans les tableaux suivants :

<u>Micropieux</u>	Nombre de micropieu	<u>Efforts verticaux en compression</u>			Longueur prévisionnelle du micropieu (m/TN)	Ancrage prévisionnelle dans le substratum marno-calcaire (m)
		V_d ELS-CAR (t)	V_d ELU-FOND (t)	V_d ELU-SISM (t)		
SI-18	1	9,78	13,40	17,59	-6,70	4,00
SI-3	1	41,98	58,18	41,82	-8,00	5,30
SI-22	3	129,83	182,37	108,80	-8,00	5,30

L'entreprise de fondations spéciales justifiera la force portante des micropieux en fonction de la technique et du matériel retenu.

11.3.5.2 Belvédère

Il nous a été communiqué les DDC pour les 12 appuis prévus :

- Charges sur pieux ELS et ELU gravitaires.
- Charges sismiques horizontales.

Pour le belvédère, nous avons pris en compte deux descentes de charges significatives.

Les efforts communiqués selon les différentes combinaisons de charges sont les suivantes :

<u>Semelles isolées</u>	<u>Efforts verticaux</u>			<u>Efforts horizontaux</u>
	V_d ELS-CAR (t)	V_d ELU-FOND (t)	V_d ELU-SISM (t)	H_d ELU-SISM (t)
SI-5	88,05	120,76	181,39	47,80
SI-15	126,03	174,50	161,30	61,63

La capacité portante des micropieux aux différents états limites a été calculé au moyen du module FOND PROF du logiciel FOXTA V4.

Pour le dimensionnement des micropieux, nous avons retenu comme sondage de référence le sondage SP5.

Les résultats des calculs d'un micropieu à la portance, conformément à la norme NF P 94-262, sont présentés en annexe.

Les longueurs prévisionnelles des micropieux/TN sont données dans les tableaux suivants :

<u>Micropieux</u>	Nombre de micropieu	<u>Efforts verticaux en compression</u>			Longueur prévisionnelle du micropieu (m/TN)	Ancrage prévisionnelle dans le substratum marno-calcaire (m)
		V_d ELS-CAR (t)	V_d ELU-FOND (t)	V_d ELU-SISM (t)		
SI-5	3	88,05	120,76	181,39	-10,40	4,00
SI-15	3	126,03	174,50	161,30	-10,40	4,00

L'entreprise de fondations spéciales justifiera la force portante des micropieux en fonction de la technique et du matériel retenu.

11.3.5.3 Passerelle de liaison

Il nous a été communiqué les DDC pour les 2 appuis prévus :

- Charges sur pieux ELS et ELU gravitaires.
- Charges sismiques horizontales.

Pour la passerelle de liaison, nous avons pris en compte une descente de charge significative.

Les efforts communiqués selon les différentes combinaisons de charges sont les suivantes :

<u>Semelles isolées</u>	<u>Efforts verticaux</u>			<u>Efforts horizontaux</u>
	V_d ELS-CAR (t)	V_d ELU-FOND (t)	V_d ELU-SISM (t)	H_d ELU-SISM (t)
SI-13	127,10	177,93	118,82	51,80

La capacité portante des micropieux aux différents états limites a été calculé au moyen du module FOND PROF du logiciel FOXTA V4.

Pour le dimensionnement des micropieux, nous avons retenu comme sondage de référence le sondage SP3.

Les résultats des calculs d'un micropieu à la portance, conformément à la norme NF P 94-262, sont présentés en annexe.

Les longueurs prévisionnelles des micropieux/TN sont données dans les tableaux suivants :

Micropieux	Nombre de micropieu	Efforts verticaux en compression			Longueur prévisionnelle du micropieu (m/TN)	Ancrage prévisionnelle dans le substratum marno-calcaire (m)
		V _d ELS-CAR (t)	V _d ELU-FOND (t)	V _d ELU-SISM (t)		
SI-13	3	127,10	177,93	118,82	-10,50	7,50

L'entreprise de fondations spéciales justifiera la force portante des micropieux en fonction de la technique et du matériel retenu.

Pour rappels, il conviendra de respecter une longueur minimale de 6,0 m pour les micropieux et un encastrement effectif minimal de 4,0 m dans le substratum marno-calcaire (couches C3 à C5).

En phase EXE, il conviendra que l'entreprise prévoit la réalisation de sondages géotechniques plus profonds afin de satisfaire à la réglementation en vigueur (reconnaissance sous la base des micropieux avec un minimum de 5,0 m).

11.4 REPRISE DES EFFORTS HORIZONTAUX ET DES MOMENTS

11.4.1 Hypothèses de modélisation

Pour les micropieux subissant un effort horizontal H, nous déterminons le moment de flexion induit grâce au logiciel Foxta V4 – module Piecoef+, qui permet de modéliser le comportement d'un micropieu isolé sous sollicitations latérales en se basant sur un modèle de poutre sur appuis élasto-plastiques (modèle de type « P-Y »).

Les efforts horizontaux de la DDC sont dus au séisme. Ainsi, nous considérons que les efforts horizontaux sont liés à une action de courte durée d'application (effort dynamique).

11.4.2 Module K_f (module linéique de mobilisation de la pression frontale)

- Pour des sollicitations de courte durée d'application :

$$\begin{array}{ll} \text{Pour } B \geq B_0 : & \text{Pour } B \leq B_0 : \\ K_{fCT} = \frac{12 E_M}{\frac{4}{3} \frac{B}{B_0} \left[2,65 \frac{B}{B_0} \right]^\alpha + \alpha} & K_{fCT} = \frac{12 E_M}{\frac{4}{3} [2,65]^\alpha + \alpha} \end{array}$$

Avec $B_0 = 0,6 \text{ m}$

- Pour des sollicitations de longue durée d'application :

$$K_{fLT} = \frac{K_{fCT}}{2}$$

11.4.3 Lois d'interaction générales aux ELU Sismique

Suivant le cahier technique n°38 d'avril 2017, la loi d'interaction définie pour des sollicitations de courte durée d'application est définie avec les paramètres suivants :

- $K_{f \text{ sismique}}$ est évalué avec une valeur haute et une valeur basse pour le calcul des moments et des raideurs associées :
 - $K_{f \text{ sismique}} \text{ Haute} = 3,0 \times K_{fCT}$.
 - $K_{f \text{ sismique}} \text{ Basse} = 1,5 \times K_{fCT}$.
- Palier $r_1 = B \times pl^*$.

Le module linéique et le palier sont définis pour chaque couche du modèle géotechnique.

Le coefficient multiplicateur pris en compte pour les sollicitations sismiques est de 3.

Les paramètres ainsi proposés sont les suivants :

Diamètre de micropieu	Paramètres de sol					ELU SISMIQUE					
	Horizon	E_M	pf^*	pl^*	alpha	K_{fCT}	K_{fLT}	r_1	r_2	$K_{fCT} \text{ Haute}$	$K_{fCT} \text{ Basse}$
m	-	MPa	MPa	MPa	-	MPa	MPa	MPa.m	MPa.m	MPa	MPa
0,3	Remblais	4,94	0,18	0,31	1/2	22,20	11,10	0,05	0,09	66,59	33,30
0,3	Colluvions	5,66	0,27	0,46	1/2	25,43	12,72	0,08	0,14	76,30	38,15
0,3	Marne argileuse	9,98	0,48	0,82	1/2	44,85	22,42	0,14	0,25	134,54	67,27
0,3	Marne calcaire altérée	36,46	1,52	2,6	1/2	163,83	81,92	0,46	0,78	491,50	245,75
0,3	Marne calcaire compacte	171	2,84	4,83	1/2	768,30	384,15	0,85	1,45	2304,91	1152,45

Le ferrailage des micropieux devra être défini en conséquence dans le cadre des études d'exécution G3 à la charge de l'entreprise

11.4.4 Modification spécifique des lois d'interaction

- Modification pour un pieu au sein d'un groupe :

En considérant un maillage régulier de micropieu, la distance entre micropieu (d'axe à axe) sera supérieure à 3 fois le diamètre des micropieux. Nous n'avons donc pas considéré d'effet de groupe conformément à la norme NF P 94-262.

11.4.5 Conditions aux limites en tête de pieu

Nous avons considéré des micropieux avec un déplacement et une rotation bloquée en tête (à confirmer par le BET STR en fonction de la raideur de la structure liaisonnant les pieux).

11.4.6 Déplacement latéral d’une couche compressible g(z)

Dans le cas d’un remblaiement dissymétrique à proximité de pieux, la norme NF P 94-262 recommande de calculer la déformée du sol g(z) sur la hauteur de sol compressible (D).

Selon les éléments transmis, aucun remblaiement dissymétrique ou chargement important ne sera mis en œuvre à proximité des fondations profondes. Le cas échéant, il conviendra de se référer à l’annexe K de la norme NF P 94-262.

11.4.7 Coupe géotechnique retenue

Dans le cadre de cette étude, pour les micropieux nous avons retenu une coupe de référence pour chaque ouvrage :

- Bâtiment d’accès : sondage SP1.
- Belvédère : sondage SP5.
- Passerelle de liaison : sondage SP3.

En phase EXE, il conviendra que l’entreprise prévoit la réalisation de sondages géotechniques plus profonds afin de satisfaire à la réglementation en vigueur (reconnaissance sous la base des micropieux avec un minimum de 5,0 m).

11.4.8 Résultats de la modélisation des pieux sous efforts horizontaux

Il est synthétisé ci-après les résultats de la modélisation des pieux sous efforts horizontaux.

11.4.8.1 Bâtiment d’accès

Micropieux diamètre 300 mm – Rotation bloquée en tête :

					Résultats				
Micropieux	Longueur du micropieux (m/TN)	Nombre de micropieux	État	Effort horizontal (kN)	Moment (kN.m)	Tmax (kN)	Mmax (kN.m)	Déplacement en tête (cm)	Vérification à la flexion composée
SI-18	-6,70	1	ELU SISM	168,80	-	168,8	29,37	< 0,5	OK
SI-3	-8,00	1		70,50	-	70,50	6,46	< 0,5	OK
SI-22	-8,00	3		73,40	-	24,46	2,00	< 0,5	OK

11.4.8.2 Belvédère

Micropieux diamètre 300 mm – Rotation bloquée en tête :

				Résultats					
Micropieux	Longueur du micropieux (m/TN)	Nombre de micropieux	État	Effort horizontal (kN)	Moment (kN.m)	Tmax (kN)	Mmax (kN.m)	Déplacement en tête (cm)	Vérification à la flexion composée
SI-5	-10,40	3	ELU SISM	478,00	-	159,33	24,40	< 0,5	OK
SI-15	-10,40	3		616,30	-	205,43	42,81	< 0,5	OK

11.4.8.3 Passerelle de liaison

Micropieux diamètre 300 mm – Rotation bloquée en tête :

				Résultats					
Micropieux	Longueur du micropieux (m/TN)	Nombre de micropieux	État	Effort horizontal (kN)	Moment (kN.m)	Tmax (kN)	Mmax (kN.m)	Déplacement en tête (cm)	Vérification à la flexion composée
SI-13	-10,50	3	ELU SISM	518,00	-	172,70	35,71	< 0,5	OK

11.4.9 Remarques

Les moments s'annulent vers la base des pieux.

Les déplacements en tête des micropieux devront rester compatibles avec les déformations admissibles par la structure du bâtiment (à valider par le bureau d'études structure et le bureau de contrôle).

Si nécessaire et pour diminuer le diamètre des tubes et/ou du forage, il pourra être envisagé une solution avec tube de renfort.

Le dimensionnement structurel du massif de liaison en béton armé et des platines en tête de micropieu devra être fait en phase étude d'exécution.

11.4.10 Vérification de la résistance des armatures

Pour vérifier la résistance des armatures sous les sollicitations calculées au paragraphe précédent, il a été considéré les hypothèses suivantes :

- Sollicitation uniquement en compression simple du tube courant

Les armatures définies au paragraphe 11.2.3.2 sont justifiées suivants les combinaisons considérées.

11.5 **SUJÉTIONS D'EXÉCUTION**

Nous rappelons que les nouvelles structures créées doivent être désolidarisées des existants.

Les recommandations suivantes devront être prises en compte lors de la conception et de l'exécution des fondations :

- Les volumes de coulis devront être contrôlés.
- Des surconsommations de béton sont à prévoir dans les remblais superficiels.
- Des essais de contrôle de qualité et de résistance devront être réalisés sur le coulis des micropieux et les longrines en cours de réalisation des travaux (2 essais minimum).
- Les techniques de forage prévues devront être adaptées pour assurer la stabilité du forage et éviter un remaniement des terrains.
- L'entreprise devra prévoir une machine de forage puissante et adaptée à la nature du sol d'ancrage en profondeur.
- La technique d'exécution des micropieux devra être adaptée aux faciès rencontrés. Lors du forage des micropieux, il conviendra d'être particulièrement vigilant sur les éventuels changements de faciès. Des éboulements durant le forage pourront être observés au sein des passages plus grossiers.
- Il conviendra de prévoir la purge préalable de tous les ouvrages enterrés afin de limiter les risques de refus prématurés (vestiges d'anciennes fondations, longrines, dallage, ouvrages enterrés...). Dans le cas où des purges ne sont pas réalisables, des préforages devront être prévus avant la réalisation des pieux ou micropieux.
- Le forage des micropieux constituera une reconnaissance de sol de détail à l'avancement dont les résultats, consignés sur les fiches de forages (enregistrement des paramètres de forage impératif), seront analysés au fur et à mesure. Si des différences par rapport aux hypothèses retenues (stratigraphie horizontale, épaisseur des formations) sont mises en évidence, des adaptations devront être prévues.
- La transmission de charge en tête des micropieux est assurée par la mise en place d'une platine noyée dans un massif béton en tête de micropieu.
- La tolérance d'implantation des micropieux dans le plan xOy ne devra pas excéder 5 cm (plan horizontal).
- Des essais de contrôle sur les micropieux devront être réalisés conformément à la norme NF EN 14199.

Dans tous les cas l'exécution des micropieux devra respecter la norme NF EN 14199.

Ainsi, l'entreprise devra tenir compte de ces sujétions et fournir les moyens et méthodes adaptés pour garantir une réalisation convenable des fondations.

12 TERRASSEMENTS - SOUTÈNEMENTS

12.1 EXTRACTION

Il conviendra de prévoir un dispositif d'épuisement en fond de fouille en phase chantier afin de mettre la fouille du sous-sol hors d'eau.

Les terrassements généraux pourront atteindre 2,0 m de profondeur environ en présence de terrains de recouvrements (terre végétale, enrobé, remblais), de colluvions et de marne calcaire argileuse à altérée.

Les terrassements dans ces formations pourront s'effectuer avec une pelle mécanique de puissance adaptée.

En présence éventuelle de vestiges anthropiques au sein des remblais, de niveaux très graveleux au sein des colluvions ou de pointements de marne calcaire compacte, les terrassements nécessiteront l'emploi de moyens spéciaux de déroctage adapté au milieu rocheux (pelle puissante, B.R.H, dent riper, dent hydraulique excentrique, forages faiblement espacés...), sans toutefois provoquer de vibrations pouvant être dommageables aux avoisinants (respect de la circulaire de 1986).

La fréquence vibratoire du BRH devra être adaptée en fonction de la structure des avoisinants afin de ne pas dépasser les seuils sonores et de vibration admissibles. Le cas échéant, la mise en œuvre de moyen de terrassement non percussifs (fraisage, sciage, préforages, éclateur hydraulique...) pourra s'avérer nécessaire.

D'autre part, le site étant occupé par des bâtiments existants dont une partie sera démolie dans le cadre du projet, nous rappelons que l'ensemble des infrastructures, des vestiges d'anciennes fondations et des ouvrages enterrés devront être évacués dans le cadre des démolitions.

Nous alertons sur la possibilité de rencontrer des blocs, des substructures enterrées et/ou des vestiges anthropiques lors de la réalisation des fondations pouvant conduire à des hors-profils, qui pourront nécessiter des dispositions de purge et de rattrapage en gros béton, à prévoir dans l'économie du projet.

Au moment de la réalisation de notre étude, nous ne disposons d'aucuns éléments concernant la construction existante (cave, ouvrages enterrés...). Il conviendra de bien les localiser avant de débiter les travaux de démolition.

12.2 TERRASSEMENTS

Le recul semble suffisant par rapport aux limites de propriétés et aux bâtiments existants (à vérifier en fonction du mode constructif retenu pour les voiles), il pourra donc être envisagé la réalisation d'un **talutage provisoire** avant mise en place du voile.

Toute zone paraissant faible, très fracturée ou instable à l'ouverture des fouilles devra être signalée et reconnue par un géotechnicien qualifié qui pourra définir les dispositions spécifiques à adopter.

Les venues d'eau lors de la réalisation des terrassements seront collectées et évacuées pendant toute la durée des travaux. Si nécessaire, le fond de fouille sera dressé avec de légères pentes afin de diriger les eaux vers les points d'exhaure.

Les talus provisoires devront respecter les pentes maximales suivantes :

- **3H/2V** (Horizontal/Vertical) dans les terrains de recouvrements.
- **3H/2V** (Horizontal/Vertical) dans les colluvions (hors nappe) et dans la marne argileuse.
- **1H/1V** (Horizontal/Vertical) dans la marne calcaire altérée à compacte, à sub-vertical en fonction de l'état d'altération et de fracturation du massif rocheux.

Ces pentes pourront être adaptées à l'ouverture des fouilles en fonction de la tenue des terrains. Les adaptations éventuelles devront être validées par un géotechnicien dans le cadre de la phase suivi de la mission G3 et sous la supervision du géotechnicien en charge de la mission G4.

Les parois des talus devront être **obligatoirement** protégées des intempéries par des bâches de protection bien amarrées. Une contre-pente ou un bourrelet devra être réalisée en crête de talus et au niveau de chaque banquette en pied de talus, afin d'évacuer les eaux de ruissellement et les arrivées d'eau dans les talus.

Une banquette de 1,0 m de largeur minimum devra être conservée en tête de talus.

D'autre part, l'accès en tête de talus devra être balisé et restreint sur une largeur d'au minimum 3,0 m.

Dans le cas de stockage de matériaux ou de matériels en tête de talus, une vérification de la stabilité des talus devra être effectuée dans le cadre de la mission G3 de l'entreprise de terrassement.

Pendant l'excavation, la nature et la tenue des talus seront observées afin de détecter tout aléa éventuel. Les aléas majeurs devront faire l'objet si nécessaire d'un confortement d'urgence puis d'une proposition d'adaptation qui sera soumise au géotechnicien.

En l'absence d'emprise, il sera nécessaire de prévoir la mise en œuvre d'un **ouvrage de soutènement** avant terrassement.

13 DRAINAGE - ETANCHEITE

13.1 DRAINAGE

Un soin tout particulier devra être accordé au drainage des eaux de ruissellement pluviales, afin qu'elles ne s'infiltrant pas en pied de l'ouvrage.

Dans ce sens, on respectera l'ensemble des éléments suivants :

- Mise en place de gouttières et de descentes d'eaux pluviales éloignant gravitairement les eaux vers l'aval et/ou un bassin d'infiltration à plus de 5,0 m des façades.
- Arases étanches par mortier hydrofuge pour éviter les remontées d'humidité par capillarité.

13.2 ETANCHEITE

Concernant la protection contre les eaux en phase définitive, le DTU 20.1 §1.1 (octobre 2008) distingue les parties enterrées en trois catégories :

- **Première catégorie :** le mur borde des locaux utilisés où aucune trace d'humidité n'est acceptée sur sa face intérieure.
- **Deuxième catégorie :** le mur borde des locaux pour lesquels l'étanchéité de la paroi n'est pas obligatoire et où notamment des infiltrations limitées peuvent être acceptées par le maître d'ouvrage (chaufferie, parkings souterrains, certaines caves).
- **Troisième catégorie :** le mur n'a à assurer aucune fonction autre que sa résistance mécanique (vide sanitaire et murs périphériques de terre-plein).

Nous rappelons qu'il appartient au Maître d'Œuvre de se faire préciser par le Maître d'Ouvrage les exigences relatives aux conditions d'utilisation des locaux enterrés.

Nous avons considéré dans la suite du rapport que le niveau RDJ serait de **première catégorie** au sens du DTU 20.1 §1.1.

Le projet n'étant probablement pas en interaction permanente avec la nappe, les murs pourront être revêtus, sur la face extérieure, d'un enduit d'imperméabilisation conforme aux spécifications du DTU 26.1 relatives aux murs en élévation et au DTU 20.1 § 7.4.2 « Maçonneries enterrées ».

Ils reçoivent sur cette face deux couches d'un enduit d'imprégnation à froid (EIF) à base de bitume en émulsion ou en solution.

En complément, un dispositif de drainage latéral vertical doit être prévu (nappes à excroissances, murs en éléments creux, géotextiles), voir également en sous-face, relié à un drainage en pied avec évacuation gravitaire.

La conception de ce dispositif devra garantir la non-accumulation prolongée de l'eau le long des murs périphériques (DTU 20.1 §4).

Selon le degré de protection souhaité par le Maître d'Ouvrage, un cuvelage selon le DTU 14.1 pourra être envisagé.

L'exutoire devra être adapté au contexte et à l'environnement du projet.

14 SUJETIONS D'EXECUTION

14.1 DEMOLITION DES EXISTANTS

Le terrain d'étude est actuellement occupé par des bâtiments existants dont une partie sera démolie dans le cadre du projet.

Par conséquent, il conviendra de purger et d'évacuer l'ensemble des anciennes fondations et infrastructures enterrées pouvant subsister après démolition des existants.

Dans ce contexte, les fondations de la nouvelle construction devront être établies dans un sol en place et non remanié, en dessous des niveaux d'assise des anciennes fondations, tout en respectant l'ancrage minimum préconisé dans la marne calcaire altérée à compacte.

Par ailleurs, lors de la réalisation des nouvelles fondations des hors-profils ne sont pas à exclure ce qui nécessite de provisionner des rattrapages éventuels en gros béton dans l'économie du projet.

14.2 PRECONISATIONS VIS-A-VIS DES AVOISINANTS

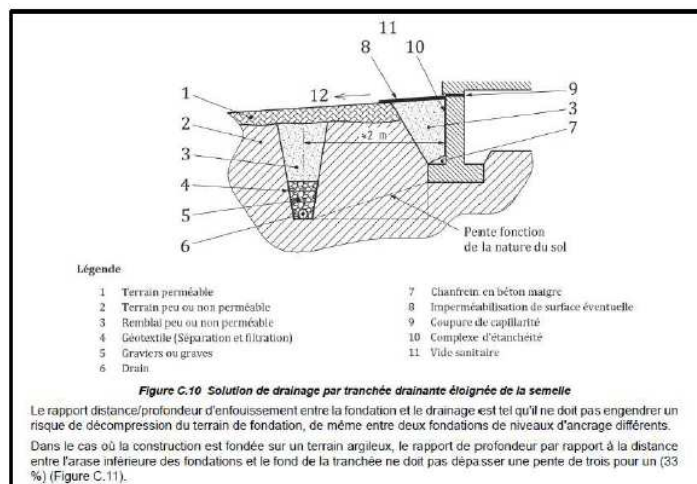
Les ouvrages seront accolés à des bâtiments existants.

- De ne pas déchausser les fondations des existants au moment du terrassement des fouilles de fondations, afin de garantir leur stabilité.
- De prévoir des fondations descendues au minimum au même niveau d'assise que les fondations existantes :
 - Soit par semelles isolées reliées par des longrines pour assurer la rigidité de la construction.
 - Soit par semelles filantes mais uniquement perpendiculairement aux façades existantes.
- Si nécessaire, de décaler les nouvelles fondations et de reprendre les charges en porte-à-faux, afin d'éviter les interactions avec les fondations existantes.

14.3 MESURES DE PREVENTION

En complément et pour limiter les variations d'état hydrique des sols de fondation et donc les phénomènes de retrait-gonflement potentiels, les dispositions suivantes seront également retenues :

- Rigidification de la structure pour résister à des mouvements différentiels (chaînage horizontal et verticaux).
- Pour la zone non enterrée, mise en place d'un trottoir périphérique, ou d'une géo-membrane protégée et pouvant être recouverte de terre végétale, sur une largeur au minimum de 1,5 à 2,0 m autour du bâtiment, avec forme de pente opposée aux façades.
- Lorsque l'emprise disponible le permet, mise en place d'un drainage conformément au DTU 20.1 :



- Eloignement des plantations, et en particulier des arbres et arbustes, à une distance au minimum de 1,0 fois la hauteur de l'arbre à l'âge adulte, à 1,5 fois la hauteur pour les espèces hydrophiles, ou mise en place d'un écran anti-racines (les arbres à proximité directe du bâtiment restant toutefois exclus).
- Absence de dispositifs d'infiltration des eaux dans le sol (puisard...), qui devront être collectées et rejetées aux réseaux.
- Raccordement des réseaux avec des joints souples à la transition avec la construction, pour éviter les ruptures puis les fuites, l'infiltration ayant pour conséquence d'augmenter les mouvements.

D'une manière générale, une bonne gestion des eaux météoriques est nécessaire pendant le chantier, par fossés de collecte reliés à des exutoires.

15 VOIRIES

Le projet prévoit la réalisation de trois parkings pour véhicules légers et de voiries de desserte.

15.1 DETERMINATION DE CLASSE DE TRAFIC

Le trafic est décomposé en 5 classes déterminées à partir du trafic de véhicules légers (VL) par jour et par sens, exprimé en moyenne journalière annuelle (MJA) :

Trafic	T5-	T5+	T4	T3-	T3+
Trafic total véhicules / jour dans les 2 sens	< 150	150 à 750	750 à 1500	1500 à 2000	2000 à 3000

En l'absence d'informations, nous avons considéré une classe de trafic **T5+**.

Cette hypothèse devra être confirmée par la Maîtrise d'Œuvre.

15.2 DETERMINATION DE LA PLATEFORME SUPPORT DE CHAUSSEE

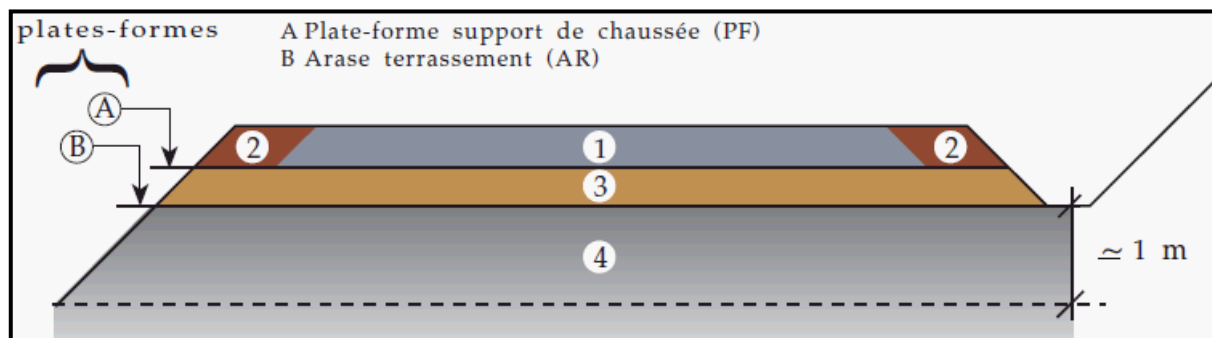
La plate-forme support de chaussée est la surface supérieure de la couche de forme qui présente les qualités requises (portance, nivellement...) pour permettre l'exécution des assises de chaussée, et assurer le bon fonctionnement de la chaussée en service.

La plate-forme support de chaussée est généralement constituée de bas en haut par :

- La **Partie Supérieure des Terrassements (P.S.T.)**, représentée par les sols en place (déblai) ou les matériaux rapportés (remblai) sur une épaisseur d'environ 1,00 m. La surface de la P.S.T. est l'arase terrassement (AR).
- Une **couche de forme** qui peut être monocouche ou multicouche.

Le rôle de la couche de forme est d'atteindre les exigences de qualité à prendre en compte :

- A court terme pour la réalisation des couches de chaussée (traficabilité, portance, nivellement).
- A long terme pour le dimensionnement de la chaussée (homogénéisation de la portance et pérennité, drainage, non gélivité).



1. Chaussée (couche de fondation, couche de base et couche de surface).
2. Accotements.
3. Couche de forme.
4. Partie Supérieure des Terrassements (P.S.T.).

Le dimensionnement des chaussées sera effectué conformément au Manuel de Dimensionnement des chaussées neuves à faible trafic - Céréma, 2020.

15.3 CHOIX DE LA CLASSE DE PLATE-FORME

La classe de la plate-forme se détermine à partir de l'appréciation du comportement à long terme de la Partie Supérieure des Terrassements, de la nature et de l'épaisseur de la couche de forme retenue.

Trois classes de plate-forme sont à considérer :

Module (MPa)	50	80	120
Classe de plate-forme visée	PF2	PF2qs	PF3

Dans le cadre du projet, sous les futures voiries, il conviendra d'édifier des plates-formes de type PF2 dont la portance minimale sera caractérisée par un module de déformation EV2, supérieur ou égal à 50,0 MPa.

Les modules de déformation EV2 seront mesurés par essais à la plaque conformément à la norme NF P94 117-1.

15.4 QUALIFICATION DE LA PORTANCE DE LA PST

Après décapage de la totalité des terrains de recouvrements (terre végétale, limons végétalisés, enrobé, remblais) et au minimum des 50 premiers centimètres de terrains ainsi que des sols remaniés et saturés éventuellement présents en fond de fouille, les plates-formes support des terrassements seront constituées par des colluvions.

Ces matériaux correspondent à des sols fins pouvant changer brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau.

Cependant, **une arase de type PST2/AR1 devra être garantie** sous réserve de dispositions d'aération et de drainage latéral, voire de cloutage en cas de conditions climatiques défavorables.

L'objectif est d'obtenir une PST avec un $EV2 > 20,0$ à $25,0$ MPa

D'après le « Manuel de dimensionnement des chaussées neuves à faible trafic », ces sols peuvent être assimilés à des « **Sols peu déformables portants mais sensibles à l'eau** » nécessitant la mise en œuvre d'une couche de forme d'épaisseur moyenne.

15.5 DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE DE FORME

En présence de colluvions en fond de fouille, il conviendra pour l'obtention d'une plate-forme PF2, d'exécuter une couche de forme en matériau granulaire insensible à l'eau d'épaisseur moyenne à forte.

La couche de forme pourra être réalisée en matériaux granulaires insensibles à l'eau et compactés par couches minces conformément aux règles de l'art (matériaux d'apport de type D_2 , R_{21} , R_{41} ou R_{61} par exemple).

L'épaisseur de la couche de forme sera au minimum :

- De **40 cm avec mise en œuvre d'un géotextile** dans un contexte de déblai avec drainage $\leq 1,0$ m.
- De **30 cm avec mise en œuvre d'un géotextile** dans un contexte de remblai ou déblai avec drainage $> 1,0$ m.

L'épaisseur de la couche de forme sera à adapter en fonction de la nature et de l'état hydrique des sols support au démarrage des travaux, et devra être suffisante pour garantir la tenue au gel des voiries.

Du fait de la sensibilité à l'eau des matériaux en présence, il sera nécessaire de privilégier la réalisation des voiries lors de conditions climatiques favorables afin de limiter les sujétions d'exécution, telle que des purges supplémentaires.

En présence de sols saturés ou remaniés de portance très faible, des purges et des substitutions devront être envisagées, et définies dans ce cas par un géotechnicien en fonction des conditions rencontrées.

15.6 VERIFICATION DE LA PORTANCE

Avant la mise en œuvre des assises de chaussée, les plates-formes ainsi obtenues devront faire l'objet d'un contrôle en réception par essais statiques à la plaque, pour vérifier la qualité de la mise en œuvre.

Pour l'obtention d'une plate-forme **PF2**, la valeur de référence du module $EV2$ à obtenir sera $\geq 50,0$ MPa.

15.7 STRUCTURE DE CHAUSSEE

15.7.1 Définition

La structure de chaussée est généralement constituée de bas en haut par :

- Une couche de fondation.
- Une couche de base.
- Une couche de surface (couche de roulement et couche de liaison éventuelle).

15.7.2 Hypothèses de dimensionnement

Pour le dimensionnement des structures de chaussées, nous avons pris en compte les éléments suivants :

- Une classe de trafic **T5-**.
- Une sensibilité au gel des sols en place : $Q_g = 0$ (matériaux très gélifs SGt) -A confirmer en fonction des résultats des essais en laboratoire.
- Un indice de gel de référence maximal de 4°C.jours (station de Nice).
- Une plateforme support de type PF2.

15.7.3 Choix des structures de chaussées

En fonction des hypothèses de dimensionnement énoncées ci-dessus, on pourra retenir par exemple les structures suivantes :

Structures	Couche	PF2
<u>Structure souple</u>	Couche de surface Couche de base / fondation	5 cm BBSG1 20 cm GNT
<u>Structure bitumineuse</u>	Couche de surface Couche de base / fondation	4 cm BBM 13 cm GB2
<u>Structure bitumineuse</u>	Couche de surface Couche de base / fondation	4 cm BBM 11 cm GB3
<u>Structure semi-rigide</u>	Couche de surface Couche de base / fondation	6 cm BBSG1 23 cm SC3

Avec :

BBSG1 : Béton Bitumineux Semi-Grenu de classe 1.

BBM : Béton Bitumineux Mince.

GNT : Grave Non Traitée.

GB2 : Grave Bitume de classe 2.

GB3 : Grave Bitume de classe 3.

SC3 : Sable Ciment de classe 3.

Ces voies pourront être optimisées par l'entreprise de VRD notamment dans un choix alternatif de la structure de la chaussée et selon la classe définitive de trafic retenue.

Cette optimisation pourra être effectuée sur la base d'un logiciel de dimensionnement de structure de chaussée de type Alizé ou équivalent.

Les épaisseurs nominales d'assise sont fonction des structures de chaussée et seront donc adaptées par l'entreprise de VRD suivant la typologie de la couche de surface de même que la vérification au gel-dégel.

16 RECOMMANDATIONS

Suivant le tableau 2 "Classification des missions types d'ingénierie géotechnique" de la norme NF P94-500 joint en annexe, cette étude doit être complétée par la mission G2 DCE visant notamment à vérifier avant l'envoi du DCE aux entreprises, que les préconisations de l'étude G2 sont bien prises en compte dans éléments techniques du DCE relatifs aux ouvrages géotechniques ; puis par la mission G2 ACT visant à vérifier la conformité des solutions des offres techniques des Entreprises avec la conception des ouvrages géotechniques.

Il est très vivement conseillé, d'adjoindre une mission de type G3 (étude et suivi géotechniques d'exécution) à la charge de l'Entreprise et une mission G4 (supervision géotechnique d'exécution) à la charge de la Maîtrise d'Ouvrage afin notamment d'adapter les dispositions préconisées dans la présente étude G2 PRO compte tenu des éventuels aléas géotechniques résiduels.

GEOTERRIA reste à la disposition des intervenants pour tout complément d'information relatif aux conclusions de la présente étude, dans le respect des conditions d'utilisation du rapport d'étude.

17 UTILISATION DU RAPPORT DE L'ÉTUDE

1. Le présent rapport et ses annexes constituent un ensemble indissociable ; la mauvaise utilisation qui pourrait en être faite lors d'une communication ou à l'issue d'une reproduction partielle sans l'accord écrit de la **SASU GÉOTERRIA** ne saurait en aucun cas engager la responsabilité de celle-ci.
2. Les modifications de conception et d'implantation par rapport aux données de la présente étude seront susceptibles de conduire à modifier les conclusions et prescriptions du rapport et doivent être portées à la connaissance de la **SASU GÉOTERRIA**.
3. Des éléments nouveaux mis en évidence lors de l'exécution des fondations et n'ayant pu être détectés au cours des opérations de reconnaissance (par exemple : venues d'eaux importantes, vides de grande taille, hétérogénéité localisée, etc.) peuvent rendre caduques tout ou partie des conclusions du rapport.
4. Ces éléments nouveaux ainsi que tout incident important survenant en cours des travaux (éboulement de fouille, glissement de talus, dégâts occasionnés aux constructions périphériques, etc.) doivent être signalés à la **SASU GÉOTERRIA** pour lui permettre éventuellement de reconsidérer et d'adapter les solutions initialement préconisées.
5. La **SASU GÉOTERRIA** ne saurait être rendue responsable des modifications apportées à son étude que dans la mesure où elle aurait donné, par écrit, son accord sur lesdites modifications.

Nous précisons que cette étude géotechnique bénéficie d'une responsabilité civile et d'une responsabilité décennale par notre police souscrite auprès de la SMA BTP, sous réserve de l'application des recommandations faites et en fonction des plans qui nous ont été transmis et annexés au présent rapport.

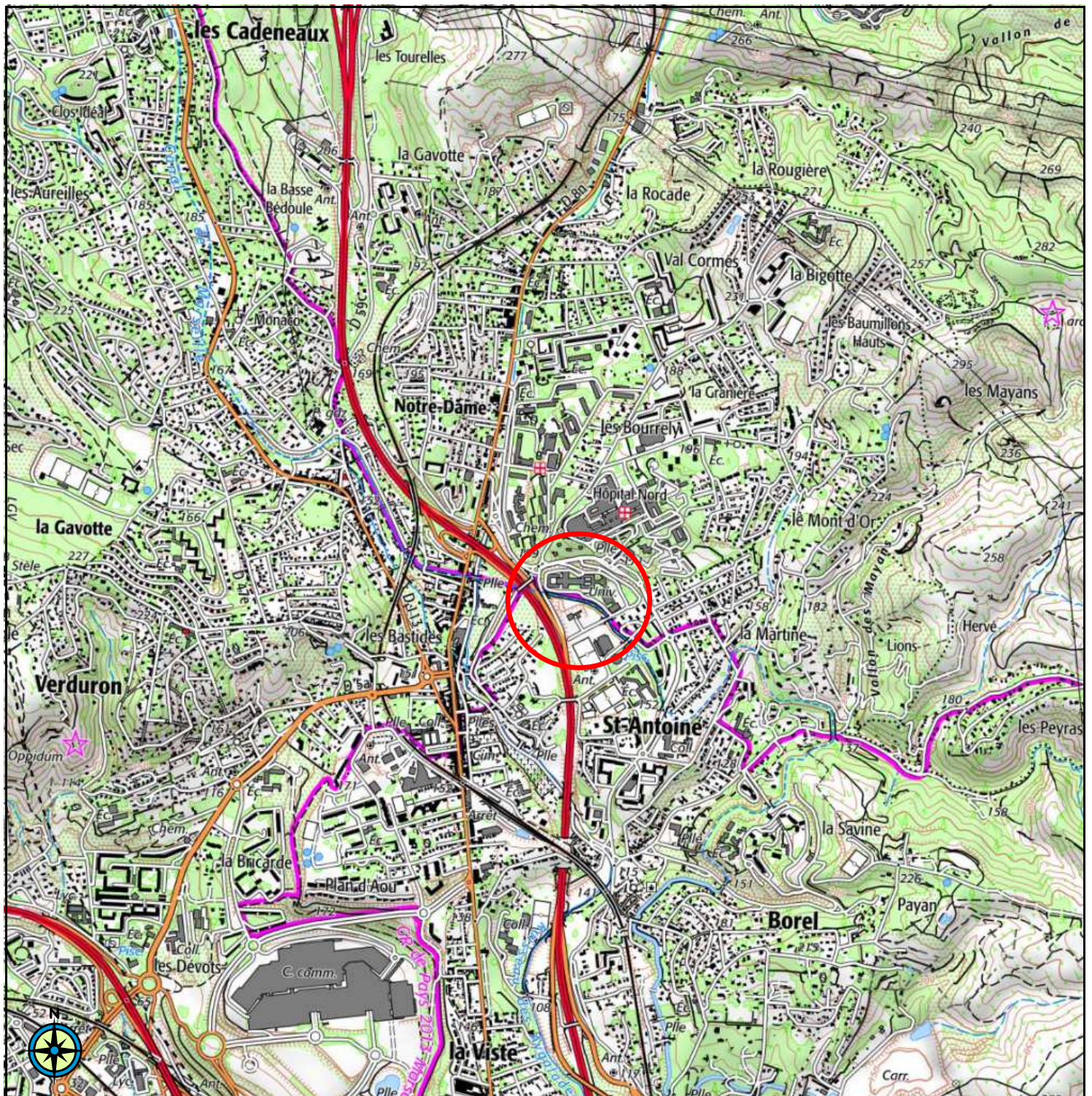
Fait à La Garde, le 07 octobre 2025.

Sarah TEXIER
Ingénieur Géologue-Géotechnicien

Samuel TURLE
Directeur

GÉOTERRIA
Géotechnique et Assainissement
B.P. 540 - 83041 TOULON Cedex 9
Tél. 04 94 27 87 40 - Fax 04 94 27 89 98
S.A.R.L. au capital de 10 000 €
RCS Toulon - 5420 506 547 APE 7420

ANNEXES



Géoterra
Bureau d'Études géotechniques

AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

Projet PARAMED

Campus Nord de la FSMMPM-MARSEILLE

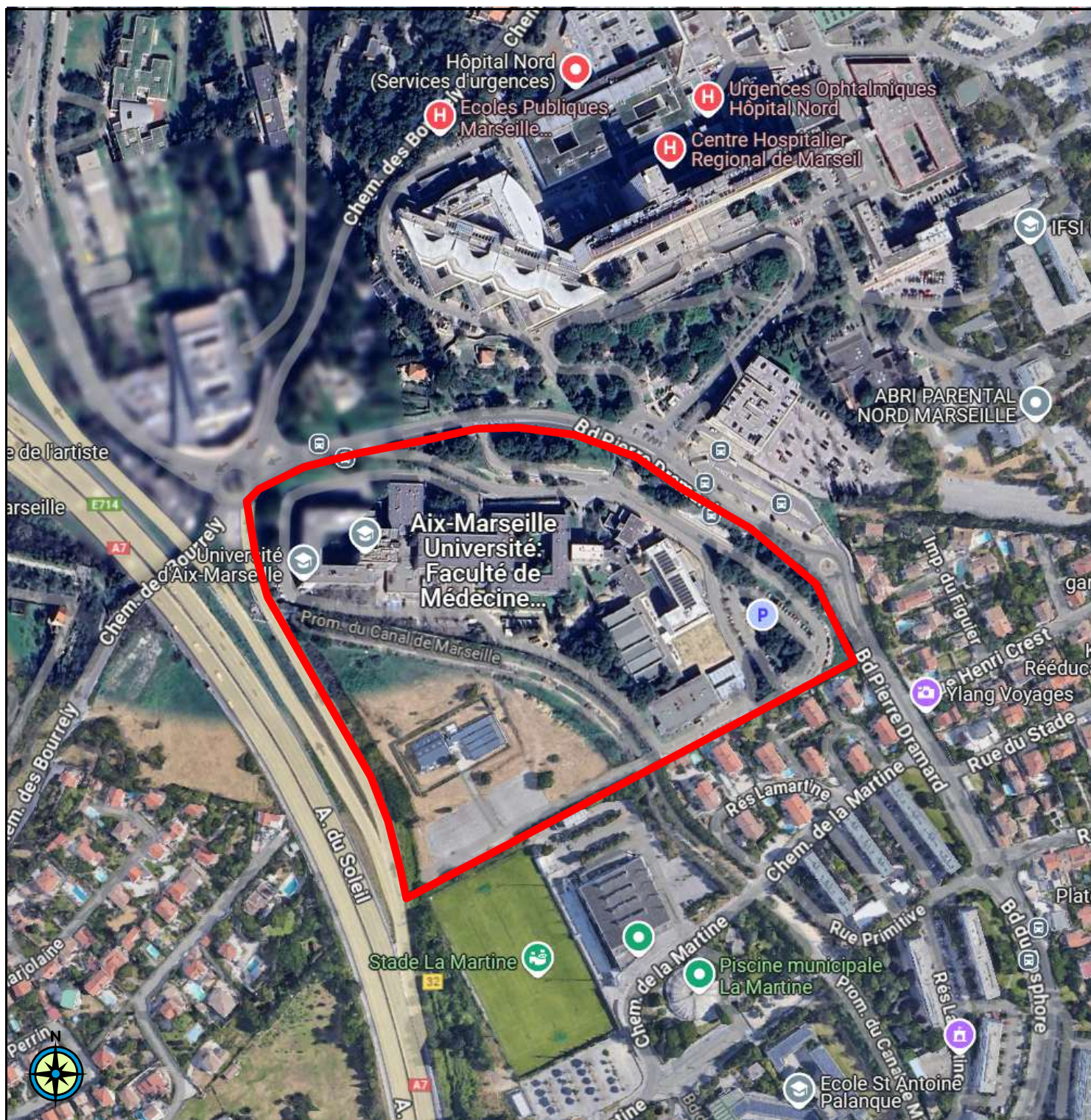
MARSEILLE (13)


SITUATION GEOGRAPHIQUE

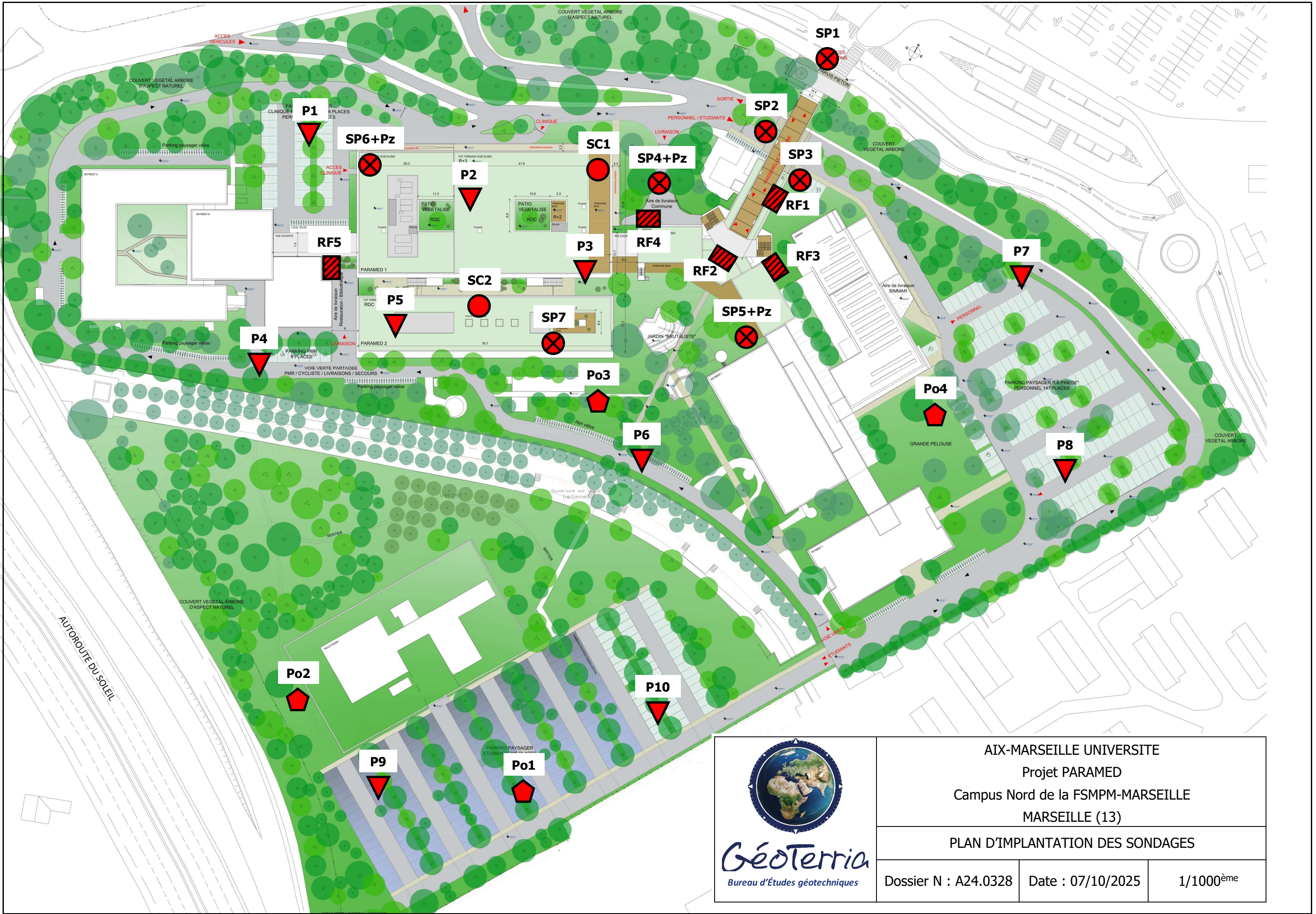
Dossier N : A24.0328

Date : 07/10/2025

-



	<p>AIX-MARSEILLE UNIVERSITE</p> <p>Projet PARAMED</p> <p>Campus Nord de la FSMMPM-MARSEILLE</p> <p>MARSEILLE (13)</p>		
	<p>PLAN DE SITUATION</p>		
	<p>Dossier N : A24.0328</p>	<p>Date : 07/10/2025</p>	<p>-</p>



AIX-MARSEILLE UNIVERSITE		
Projet PARAMED		
Campus Nord de la FSMPM-MARSEILLE		
MARSEILLE (13)		
PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES		
Dossier N : A24.0328	Date : 07/10/2025	1/1000 ^{ème}



Géoterra

Bureau d'Études géotechniques

MARSEILLE (13)

Type: Destructif

Sondage : SP1

Date début : 20/11/2024

Date fin : 20/11/2024

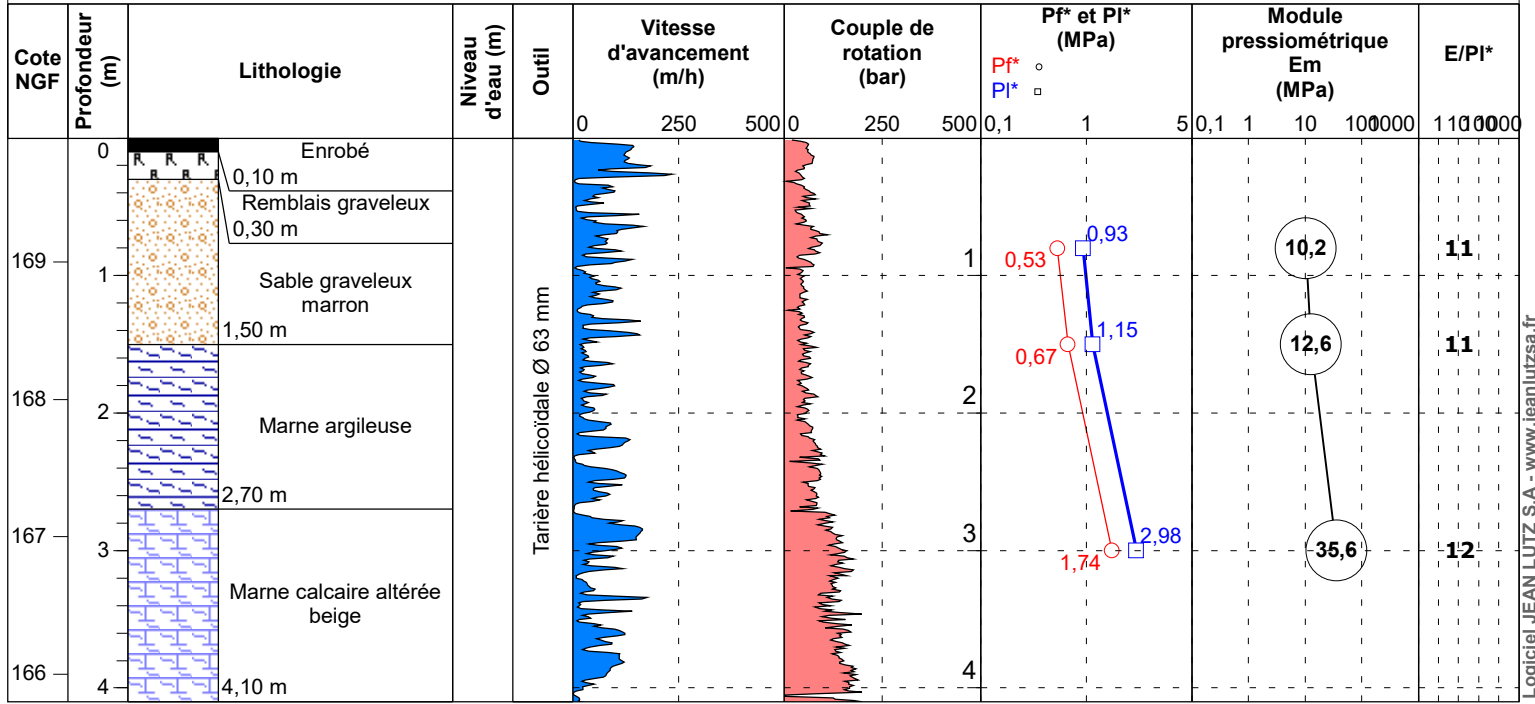
Profondeur : **4,10 m**

Cote NGF : **169.90 NGF**

Machine : **EMCI E 4.50**

Remarques : **Pas de venue d'eau pendant le forage**

Numéro de dossier : **24.0328**





Géoterra

Bureau d'Études géotechniques

MARSEILLE (13)

Type: Destructif

Sondage : SP2

Date début : 19/11/2024

Date fin : 20/11/2024

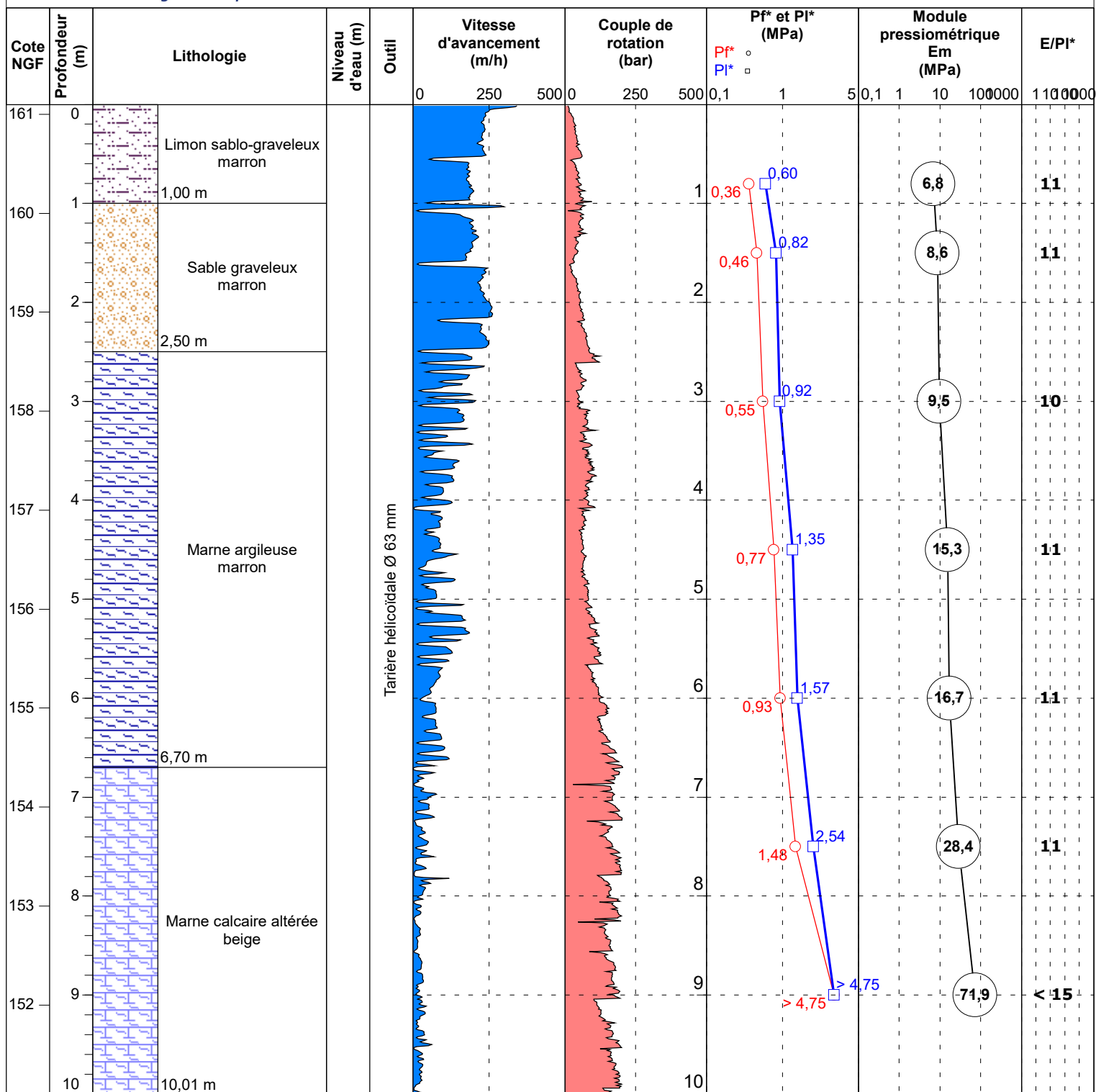
Numéro de dossier : 24.0328

Profondeur : 10,01 m

Cote NGF : 161.10

Machine : EMCI E 4.50

Remarques : Pas de venue d'eau pendant le forage



EXGTE 3.22/LB2EPF584FR



Géoterra

Bureau d'Études géotechniques

MARSEILLE (13)

Type: Destructif

Sondage : SP3

Date début : 18/11/2024

Date fin : 19/11/2024

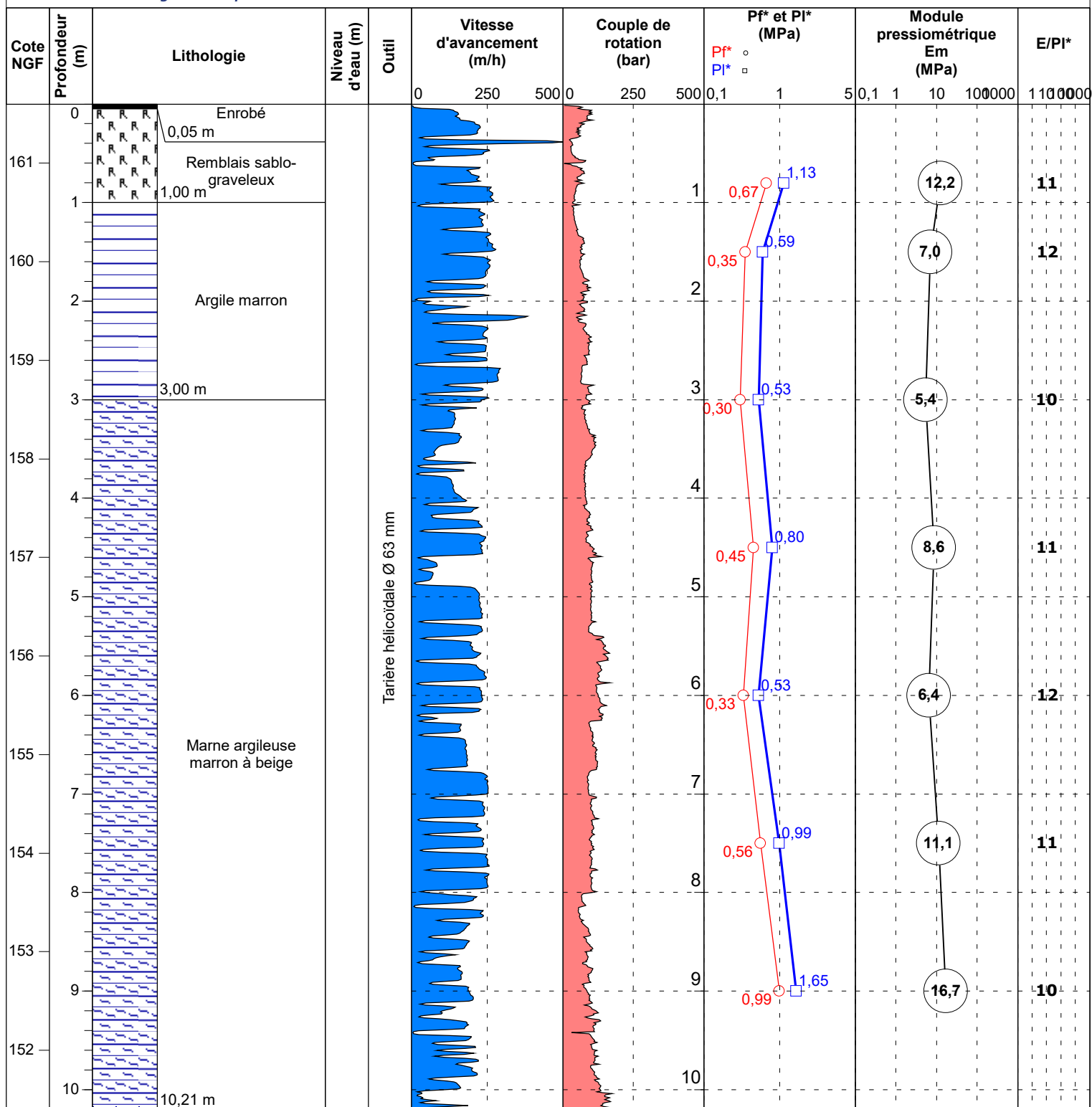
Numéro de dossier : 24.0328

Profondeur : 10,21 m

Cote NGF : 161.60 NGF

Machine : EMCI E 4.50

Remarques :



EXGTE 3.22/LB2EPF584FR



Géoterra

Bureau d'Études géotechniques

MARSEILLE (13)

Type: Destructif

Sondage : SP4+Pz

Date début : 22/11/2024

Date fin : 22/11/2024

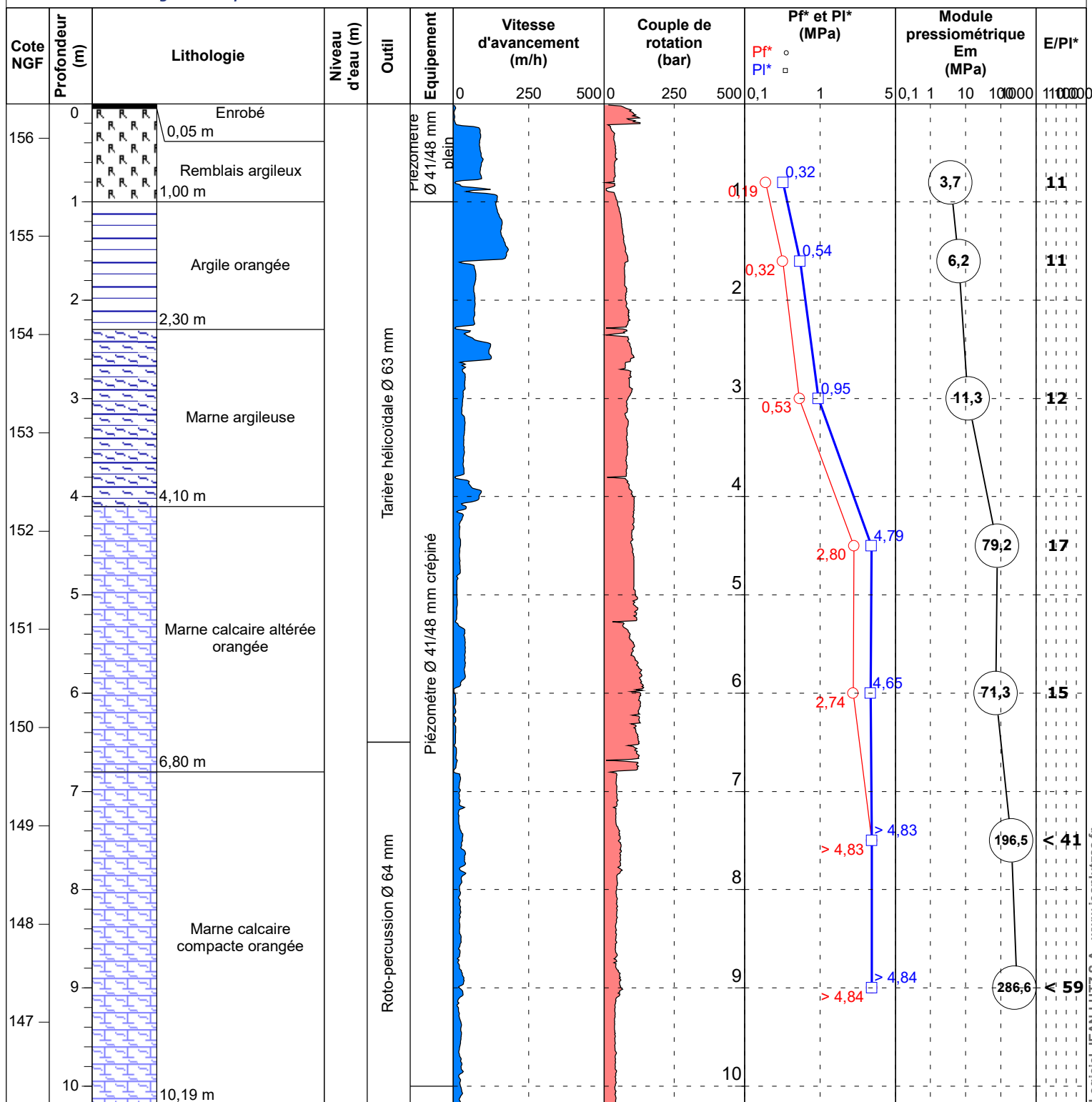
Profondeur : **10,19 m**

Cote NGF : **156.35 NGF**

Machine : **EMCI E 4.50**

Remarques : **Forage avec injection d'eau**

Numéro de dossier : **24.0328**



EXGTE 3.22/LB2EPF587FR



Géoterra

Bureau d'Études géotechniques

MARSEILLE (13)

Type: Destructif

Sondage : SP5+Pz

Date début : 19/11/2024

Date fin : 19/11/2024

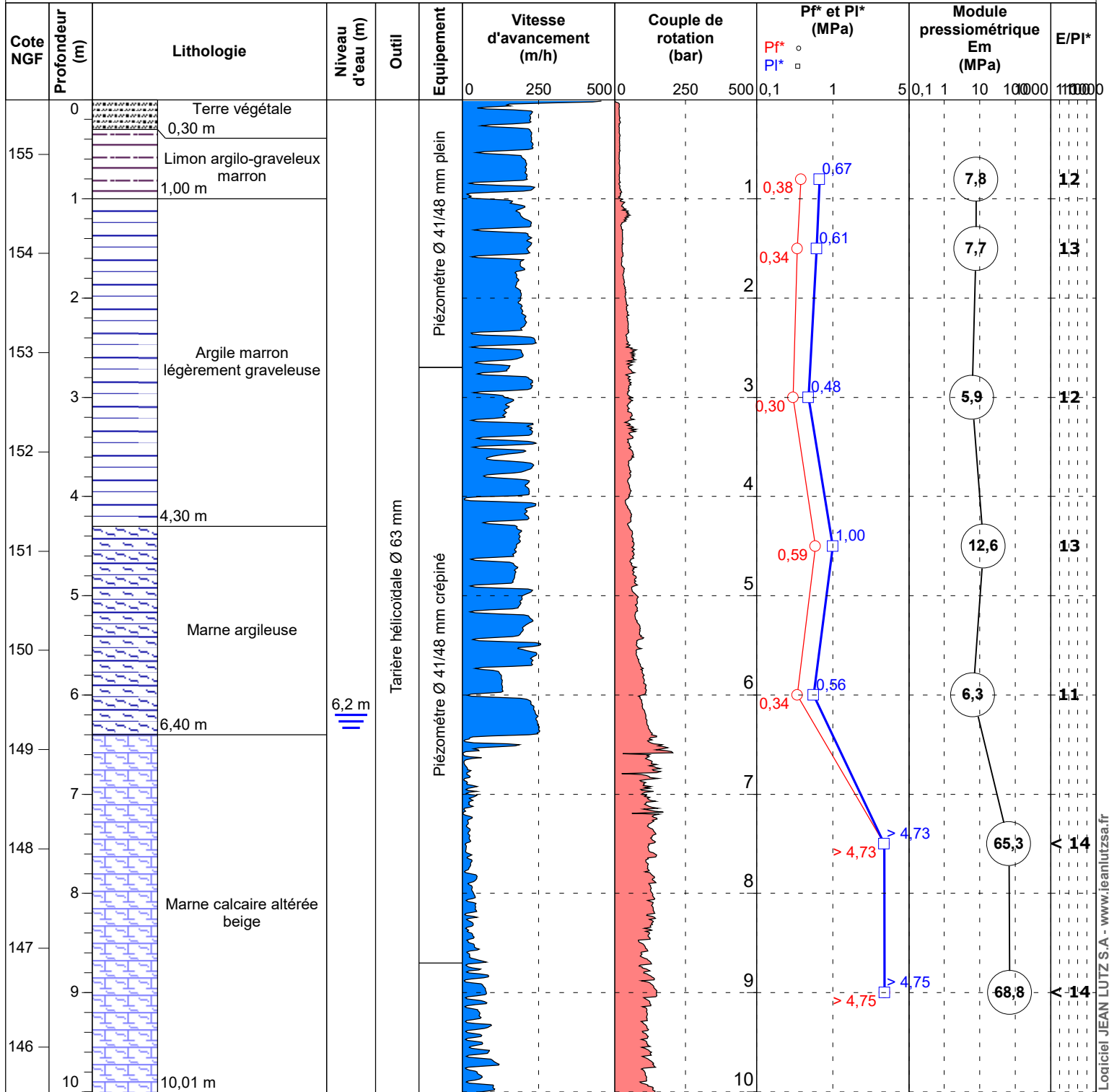
Profondeur : 10,01 m

Cote NGF : 155.55

Machine : EMCI E 4.50

Remarques :

Numéro de dossier : 24.0328



EXGTÉ 3.22/LB2ÉPF584FR



Géoterra

Bureau d'Études géotechniques

MARSEILLE (13)

Type: Destructif

Sondage : SP6+Pz

Date début : 20/11/2024

Date fin : 20/11/2024

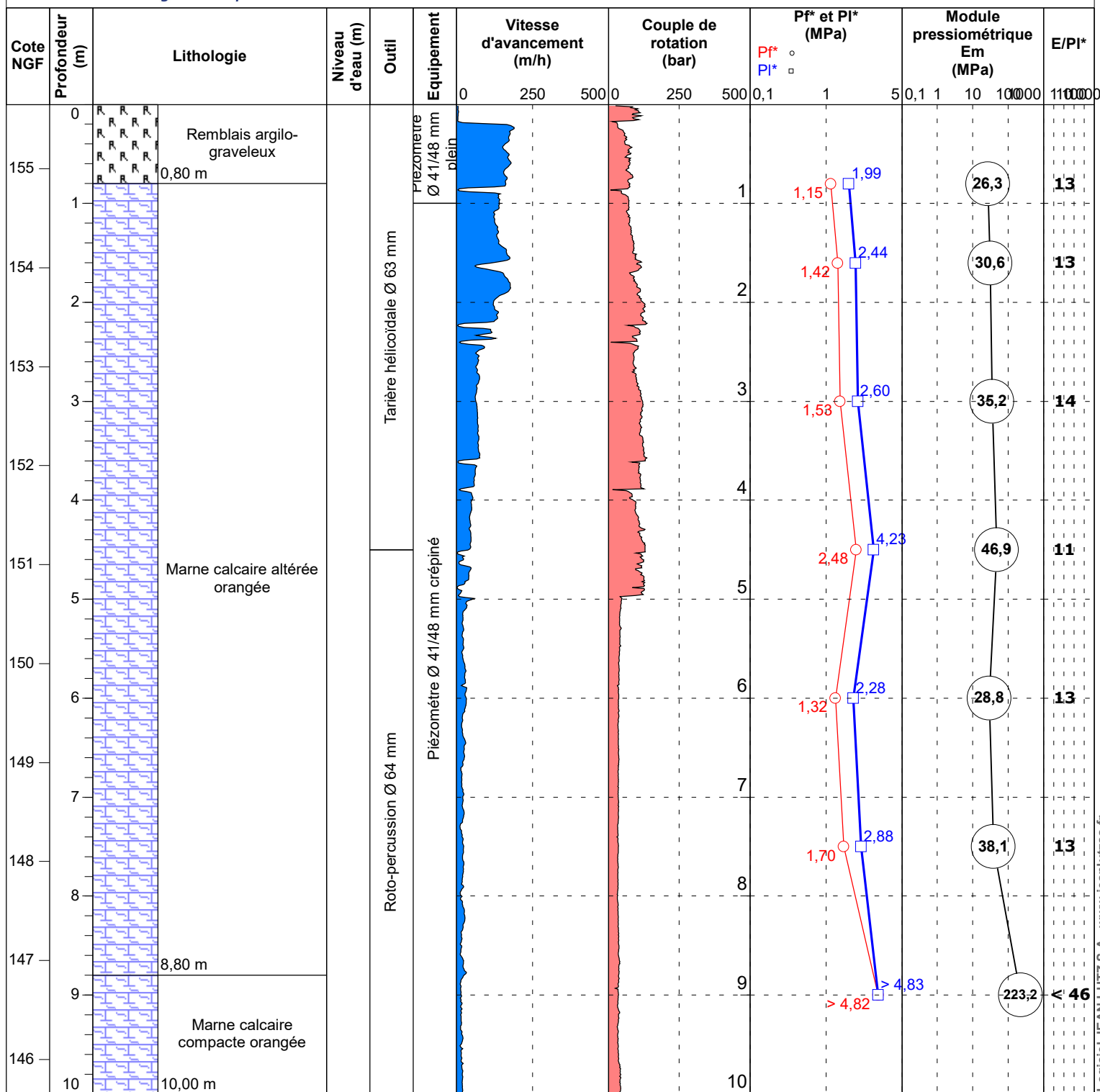
Profondeur : 10,00 m

Cote NGF : 155.65 NGF

Machine : EMCI E 4.50

Remarques : Forage avec injection d'eau

Numéro de dossier : 24.0328





Géoterra

Bureau d'Études géotechniques

MARSEILLE (13)

Type: Destructif

Sondage : SP7

Date début : 19/11/2024

Date fin : 19/11/2024

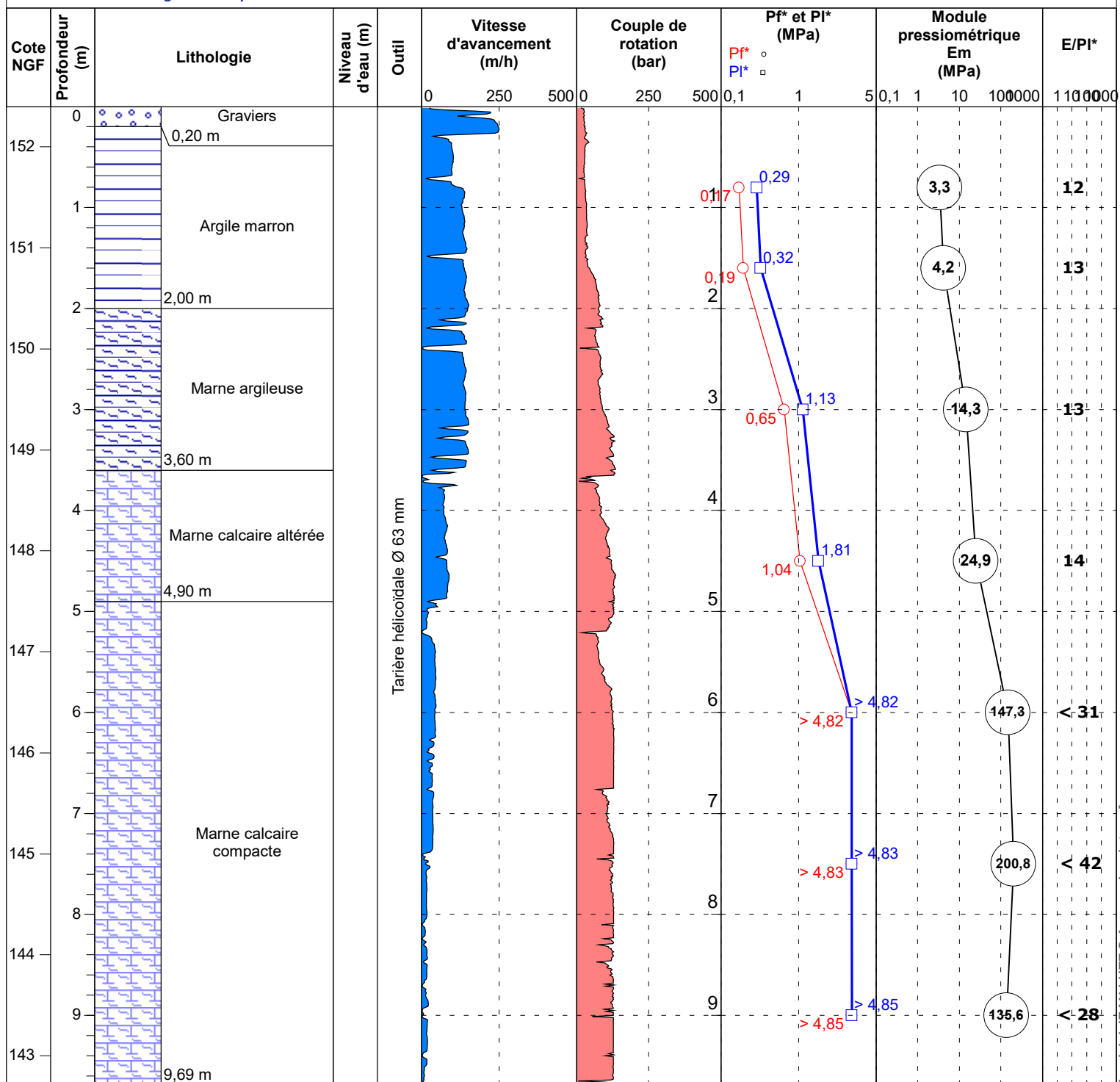
Profondeur : 9,69 m

Cote NGF : 152.40 NGF


Machine : EMCI E 4.50

Remarques : Pas de venue d'eau pendant le forage

Numéro de dossier : 24.0328



EXGTE 3.22/LB2EPF587FR



Géoterra
Bureau d'Études géotechniques

SONDAGE CAROTTÉ
Norme ISO 22475-1

Forage : SC1

Date : 19/11/2024

Profondeur : 10,00 m

Opération : MARSEILLE (13)

X :

Y :

Z : 155.50 NGF

Machine : EMCI 4.50

Dossier n° : 24.0328
Client : Aix-Marseille Université
Plan d'implantation en annexe

Profondeur (m)	Cote NGF	Lithologie	Equipement	Outil	Tubage	Echantillons	Carottage			RQD										
							0	50	100	0	50	100								
0			T6 Ø 116 mm	LS Ø 114 mm	PQ Ø 140 mm	C1	100,00													
155		Limon marron avec graviers hétérogènes											1,30 m	C1	100,00					
1		Limon sableux marron																		
154		Limon graveleux marron																		
2		Marne beige riche en graviers		2,00 m	C2	100,00														
153		Marne argileuse marron à beige																		
3		Marne beige riche en graviers																		
152		Marne argileuse marron à beige contenant quelques fragments calcaire grisâtre		3,90 m	C3	100,00														
4		Marne beige riche en graviers																		
151		Marne argileuse marron à beige																		
5		Calcaire blanchâtre très fracturé à fragmenté		6,80 m	C4	100,00														
150		Marne argileuse marron à beige contenant un niveau de calcaire grisâtre de 8,40 à 8,60 m																		
149		Marne argileuse marron à beige																		
6				8,00 m	C4	100,00			15,00											
148																				
7																				
147																				
8			10,00 m	C5	100,00			13,00												
146																				
9																				
10																				











EXGTE 3.22


Observations :

Forage avec injection d'eau

CHANTIER	Opération PARAMED
Ville	MARSEILLE (13)
Client	AIX-MARSEILLE UNIVERSITE
N° DOSSIER	A24.0328



0,00 m		1,00 m
1,00 m		2,00 m
2,00 m		3,00 m
3,00 m		4,00 m
4,00 m		5,00 m
5,00 m		6,00 m
6,00 m		7,00 m
7,00 m		8,00 m
8,00 m		9,00 m
9,00 m		10,00 m



Géoterra
Bureau d'Études géotechniques

SONDAGE CAROTTÉ

Norme ISO 22475-1

Dossier n° : 24.0328

Client : Aix-Marseille Université

Plan d'implantation en annexe

Forage : SC2

Date : 20/11/2024

Profondeur : 10,00 m

Opération : MARSEILLE (13)

X :

Y :

Z : 152.60 NGF

Machine : EMCI 4.50











Profondeur (m)	Cote NGF	Lithologie	Equipement	Outil	Tubage	Echantillons	Carottage (%)			RQD (%)		
							0	50	100	0	50	100
0		Limon argileux marron contenant quelques graves hétérogènes		LS Ø 114 mm		C1	100,00					
152												
1	1,00 m	Argile rougeâtre			PQ Ø 140 mm	C1	100,00					
151												
2						C2	100,00					
150		Marne argileuse rougeâtre contenant quelques fragments calcaires beige				C2	100,00					
3	3,00 m											
149	3,50 m	Argile marneuse rougeâtre				C2	100,00					
4												
148						C3	100,00					
5	5,00 m	Marne +/- argileuse beige riche en graviers et graves calcaires (dmax ≥ 5 mm)				C3	100,00					
147												
6	6,00 m	Marne légèrement argileuse beige à rougeâtre contenant des graves et graviers calcaires		T6 Ø 116 mm		C4	100,00					
146												
7						C4	100,00					
145												
8						C5	100,00					
144												
9						C5	100,00					
143												
10	10,00 m											

EXGTE 3.22

Observations :
Forage avec injection d'eau

CHANTIER	Opération PARAMED
Ville	MARSEILLE (13)
Client	AIX-MARSEILLE UNIVERSITE
N° DOSSIER	A24.0328



0,00 m		1,00 m
1,00 m		2,00 m
2,00 m		3,00 m
3,00 m		4,00 m
4,00 m		5,00 m
5,00 m		6,00 m
6,00 m		7,00 m
7,00 m		8,00 m
8,00 m		9,00 m
9,00 m		10,00 m



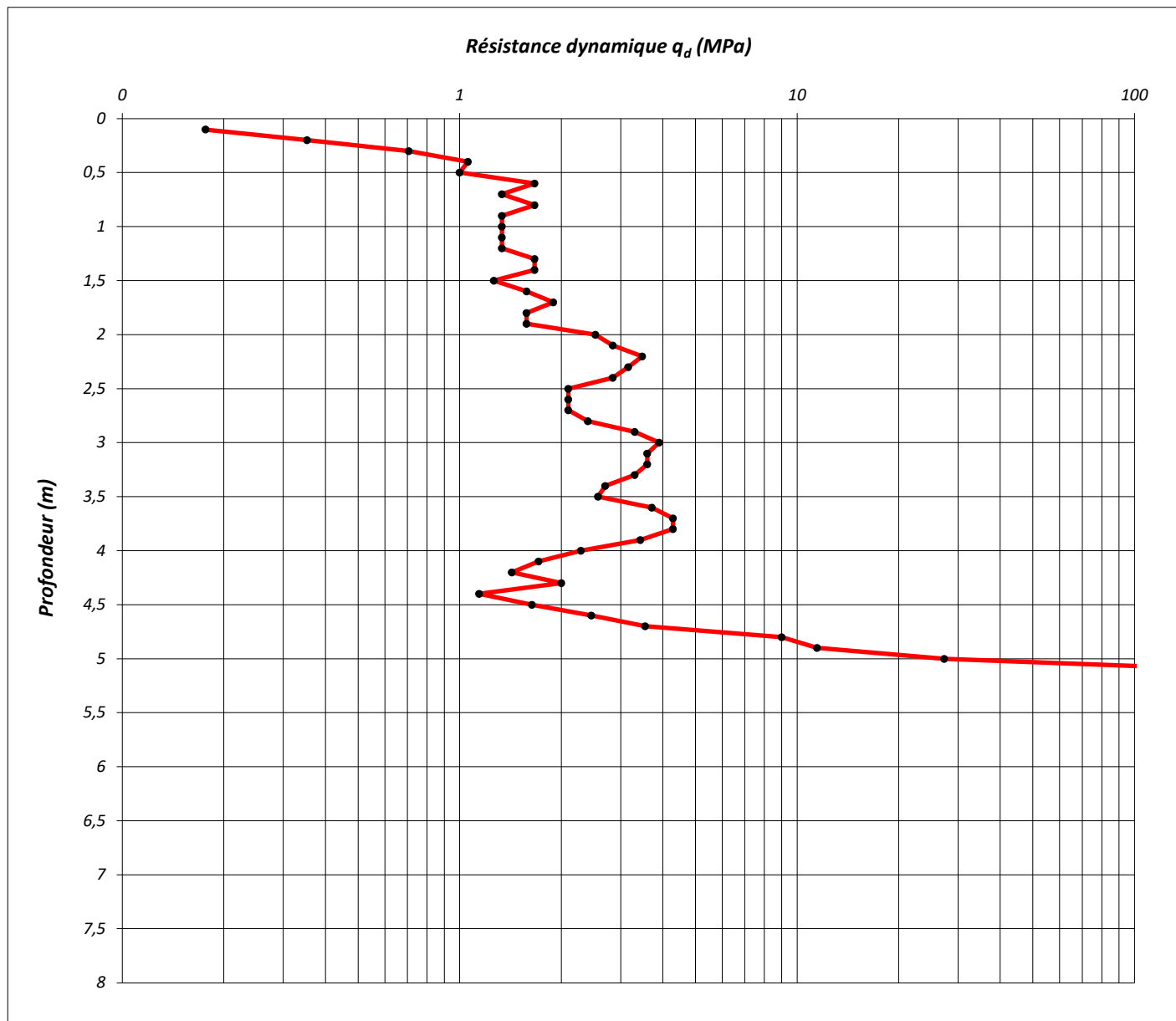
Géoterra

Bureau d'études géotechniques

CHANTIER : Campus Nord de la FSMPPM-MARSEILLE – MARSEILLE (13)
CLIENT : AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

SONDAGE : P1
PROFONDEUR : 5 m
DATE : 14/11/2024
Cote NGF : 0,00

SONDAGE AU PÉNÉTROMÈTRE DYNAMIQUE



DPM 30

Profondeur de la nappe : Indeterminée

Masse du mouton	30 kg
Hauteur de chute	0,2 m
Masse équipage mobil	18 kg
Longueur tige	1 m
Masse tige	3 kg
Section pointe	10 cm ²

Contexte géologique : Substratum marno-calcaire

Observations:

Refus



Arrêt volontaire



Adresse postale : BP 540 – 83041 TOULON Cedex 9 – Tél. : 04 94 27 87 40 – contact@geoterra.com

Adresse géographique : 42, avenue Irène et Jean-Frédéric Joliot Curie – Z.I. Toulon Est – 83130 LA GARDE

E.U.R.L. au capital de 10 000 € - RCS Toulon B 420 586 547 – Siret 420 586 547 00036 – APE 7112B – TVA intracommunautaire FR46 420 586 547



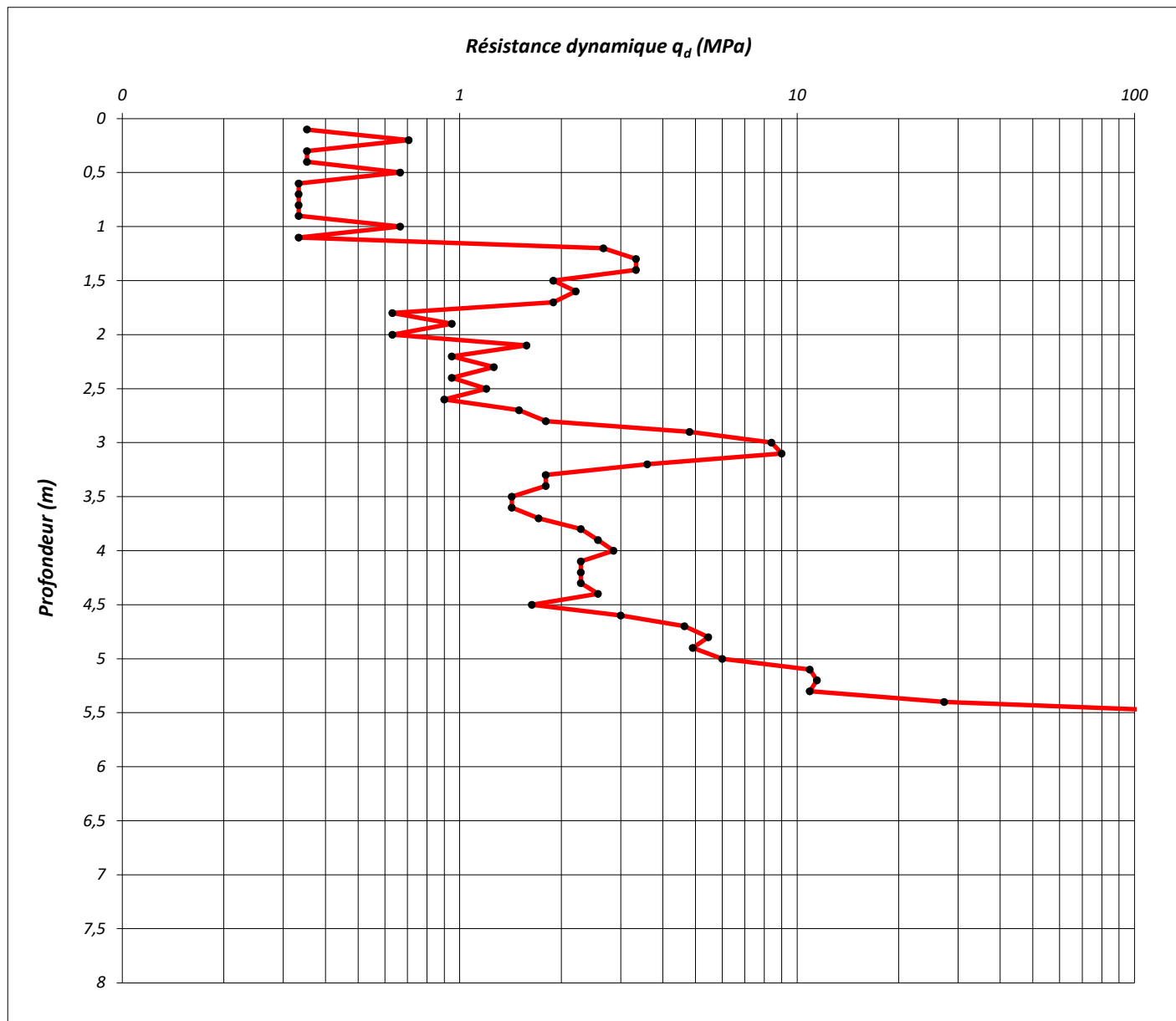
Géoterra

Bureau d'études géotechniques

CHANTIER : Campus Nord de la FSM-PM-MARSEILLE – MARSEILLE (13)
CLIENT : AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

SONDAGE : P2
PROFONDEUR : 5,4 m
DATE : 14/11/2024
Cote NGF : 0,00

SONDAGE AU PÉNÉTROMÈTRE DYNAMIQUE



DPM 30

Profondeur de la nappe : Indeterminée

Masse du mouton	30 kg
Hauteur de chute	0,2 m
Masse équipage mobil	18 kg
Longueur tige	1 m
Masse tige	3 kg
Section pointe	10 cm ²

Contexte géologique : Substratum marno-calcaire

Observations:

Refus



Arrêt volontaire



Adresse postale : BP 540 – 83041 TOULON Cedex 9 – Tél. : 04 94 27 87 40 – contact@geoterra.com

Adresse géographique : 42, avenue Irène et Jean-Frédéric Joliot Curie – Z.I. Toulon Est – 83130 LA GARDE

E.U.R.L. au capital de 10 000 € - RCS Toulon B 420 586 547 – Siret 420 586 547 00036 – APE 7112B – TVA intracommunautaire FR46 420 586 547



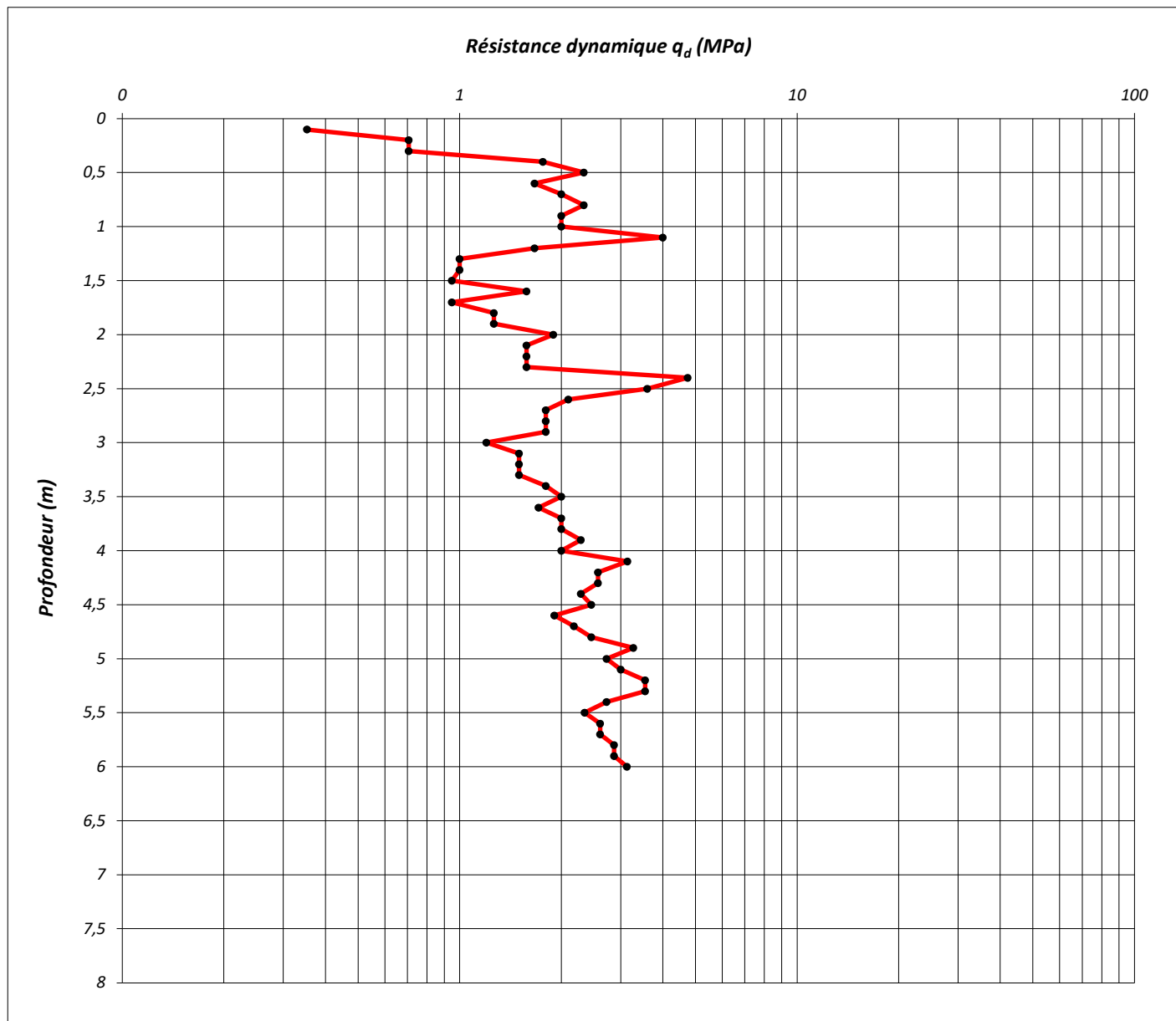
Géoterra

Bureau d'études géotechniques

CHANTIER : Campus Nord de la FSMPPM-MARSEILLE – MARSEILLE (13)
CLIENT : AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

SONDAGE : P3
PROFONDEUR : 6 m
DATE : 14/11/2024
Cote NGF : 0,00

SONDAGE AU PÉNÉTROMÈTRE DYNAMIQUE



DPM 30

Profondeur de la nappe : Indeterminée

Masse du mouton	30 kg
Hauteur de chute	0,2 m
Masse équipage mobil	18 kg
Longueur tige	1 m
Masse tige	3 kg
Section pointe	10 cm ²

Contexte géologique : Substratum marno-calcaire

Observations:

Refus



Arrêt volontaire



Adresse postale : BP 540 – 83041 TOULON Cedex 9 – Tél. : 04 94 27 87 40 – contact@geoterra.com

Adresse géographique : 42, avenue Irène et Jean-Frédéric Joliot Curie – Z.I. Toulon Est – 83130 LA GARDE

E.U.R.L. au capital de 10 000 € - RCS Toulon B 420 586 547 – Siret 420 586 547 00036 – APE 7112B – TVA intracommunautaire FR46 420 586 547



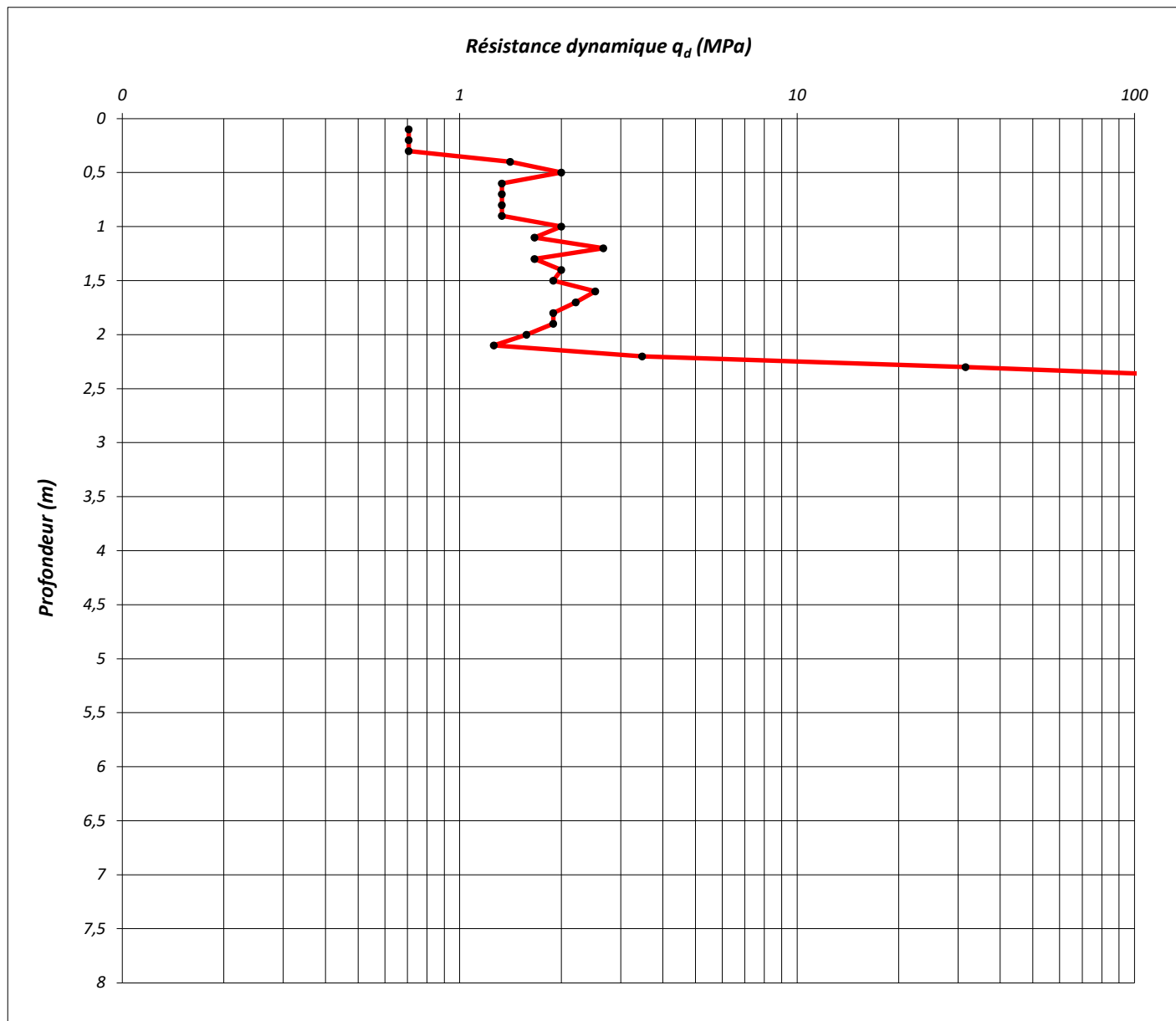
Géoterra

Bureau d'études géotechniques

CHANTIER : Campus Nord de la FSMPPM-MARSEILLE – MARSEILLE (13)
CLIENT : AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

SONDAGE : P4
PROFONDEUR : 2,3 m
DATE : 14/11/2024
Cote NGF : 0,00

SONDAGE AU PÉNÉTROMÈTRE DYNAMIQUE



DPM 30

Profondeur de la nappe : Indeterminée

Masse du mouton	30 kg
Hauteur de chute	0,2 m
Masse équipage mobil	18 kg
Longueur tige	1 m
Masse tige	3 kg
Section pointe	10 cm ²

Contexte géologique : Substratum marno-calcaire

Observations:

Refus



Arrêt volontaire



Adresse postale : BP 540 – 83041 TOULON Cedex 9 – Tél. : 04 94 27 87 40 – contact@geoterra.com

Adresse géographique : 42, avenue Irène et Jean-Frédéric Joliot Curie – Z.I. Toulon Est – 83130 LA GARDE

E.U.R.L. au capital de 10 000 € - RCS Toulon B 420 586 547 – Siret 420 586 547 00036 – APE 7112B – TVA intracommunautaire FR46 420 586 547



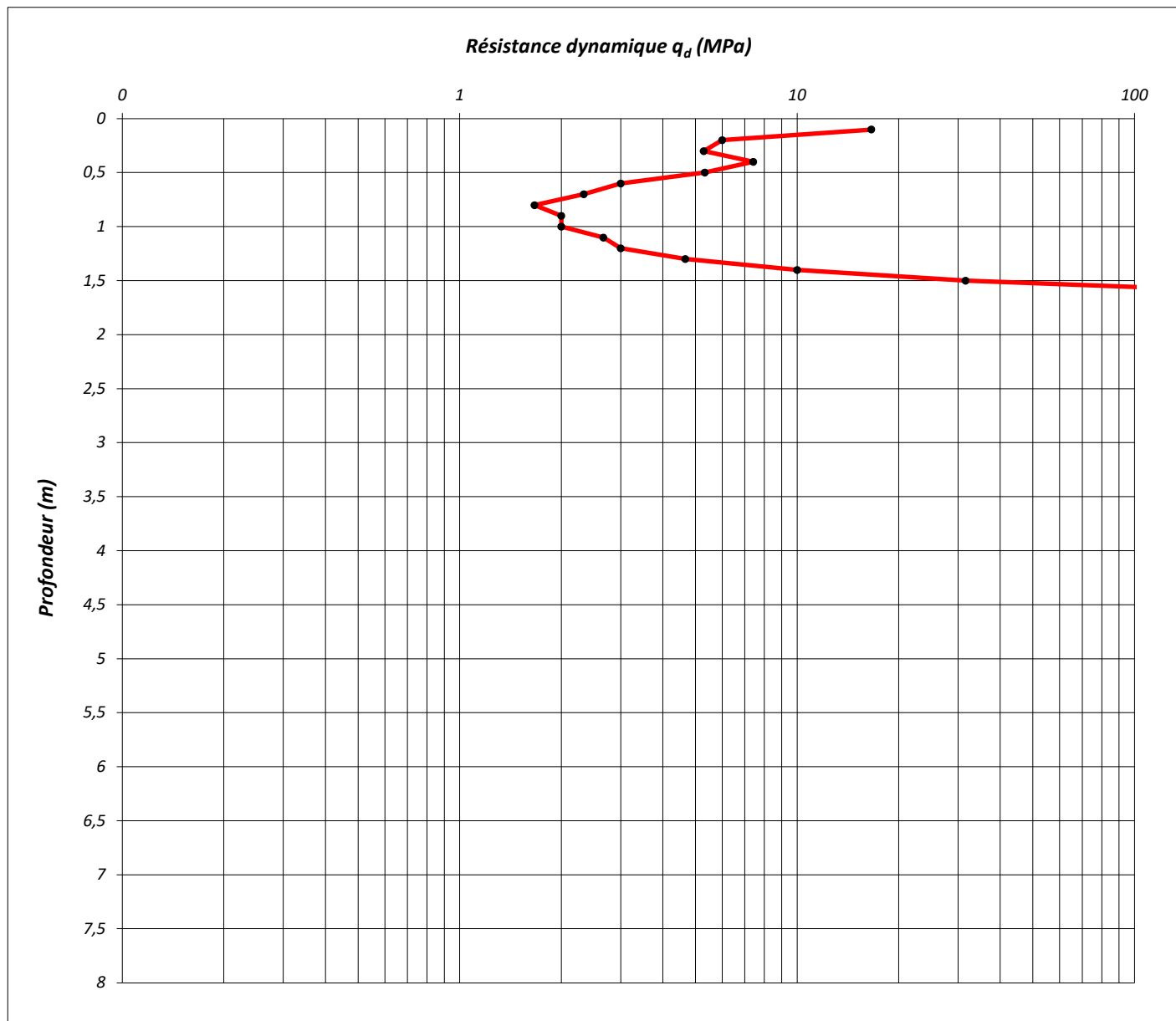
Géoterra

Bureau d'études géotechniques

CHANTIER : Campus Nord de la FSM-PM-MARSEILLE – MARSEILLE (13)
CLIENT : AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

SONDAGE : P5
PROFONDEUR : 1,5 m
DATE : 14/11/2024
Cote NGF : 0,00

SONDAGE AU PÉNÉTROMÈTRE DYNAMIQUE



DPM 30

Profondeur de la nappe : Indeterminée

Masse du mouton	30 kg
Hauteur de chute	0,2 m
Masse équipage mobil	18 kg
Longueur tige	1 m
Masse tige	3 kg
Section pointe	10 cm ²

Contexte géologique : Substratum marno-calcaire

Observations:

Refus



Arrêt volontaire



Adresse postale : BP 540 – 83041 TOULON Cedex 9 – Tél. : 04 94 27 87 40 – contact@geoterra.com

Adresse géographique : 42, avenue Irène et Jean-Frédéric Joliot Curie – Z.I. Toulon Est – 83130 LA GARDE

E.U.R.L. au capital de 10 000 € - RCS Toulon B 420 586 547 – Siret 420 586 547 00036 – APE 7112B – TVA intracommunautaire FR46 420 586 547



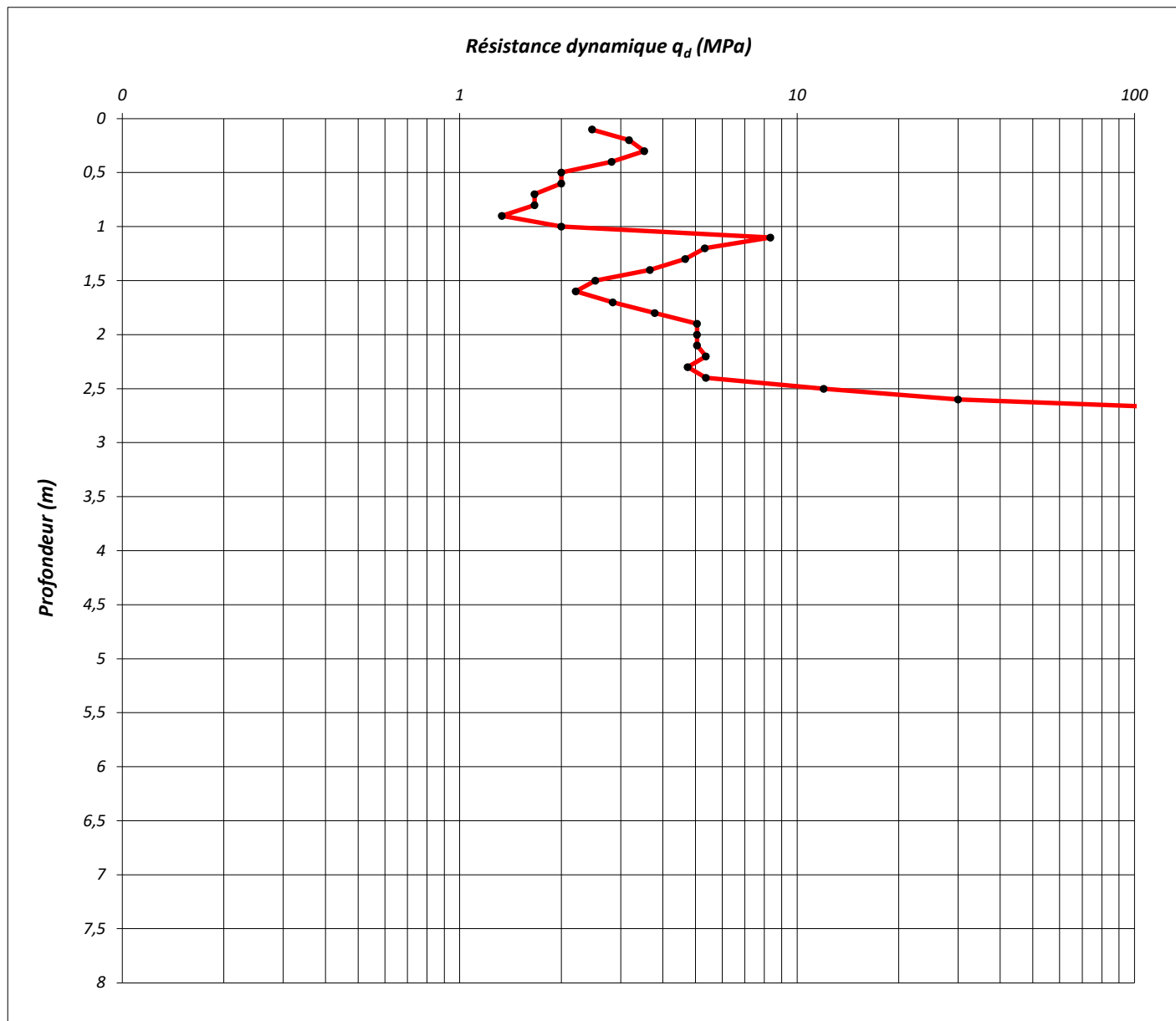
Géoterra

Bureau d'études géotechniques

CHANTIER : Campus Nord de la FSMPPM-MARSEILLE – MARSEILLE (13)
CLIENT : AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

SONDAGE : P6
PROFONDEUR : 2,6 m
DATE : 14/11/2024
Cote NGF : 0,00

SONDAGE AU PÉNÉTROMÈTRE DYNAMIQUE



DPM 30

Profondeur de la nappe : Indeterminée

Masse du mouton	30 kg
Hauteur de chute	0,2 m
Masse équipage mobil	18 kg
Longueur tige	1 m
Masse tige	3 kg
Section pointe	10 cm ²

Contexte géologique : Substratum marno-calcaire

Observations:

Refus



Arrêt volontaire



Adresse postale : BP 540 – 83041 TOULON Cedex 9 – Tél. : 04 94 27 87 40 – contact@geoterra.com

Adresse géographique : 42, avenue Irène et Jean-Frédéric Joliot Curie – Z.I. Toulon Est – 83130 LA GARDE

E.U.R.L. au capital de 10 000 € - RCS Toulon B 420 586 547 – Siret 420 586 547 00036 – APE 7112B – TVA intracommunautaire FR46 420 586 547



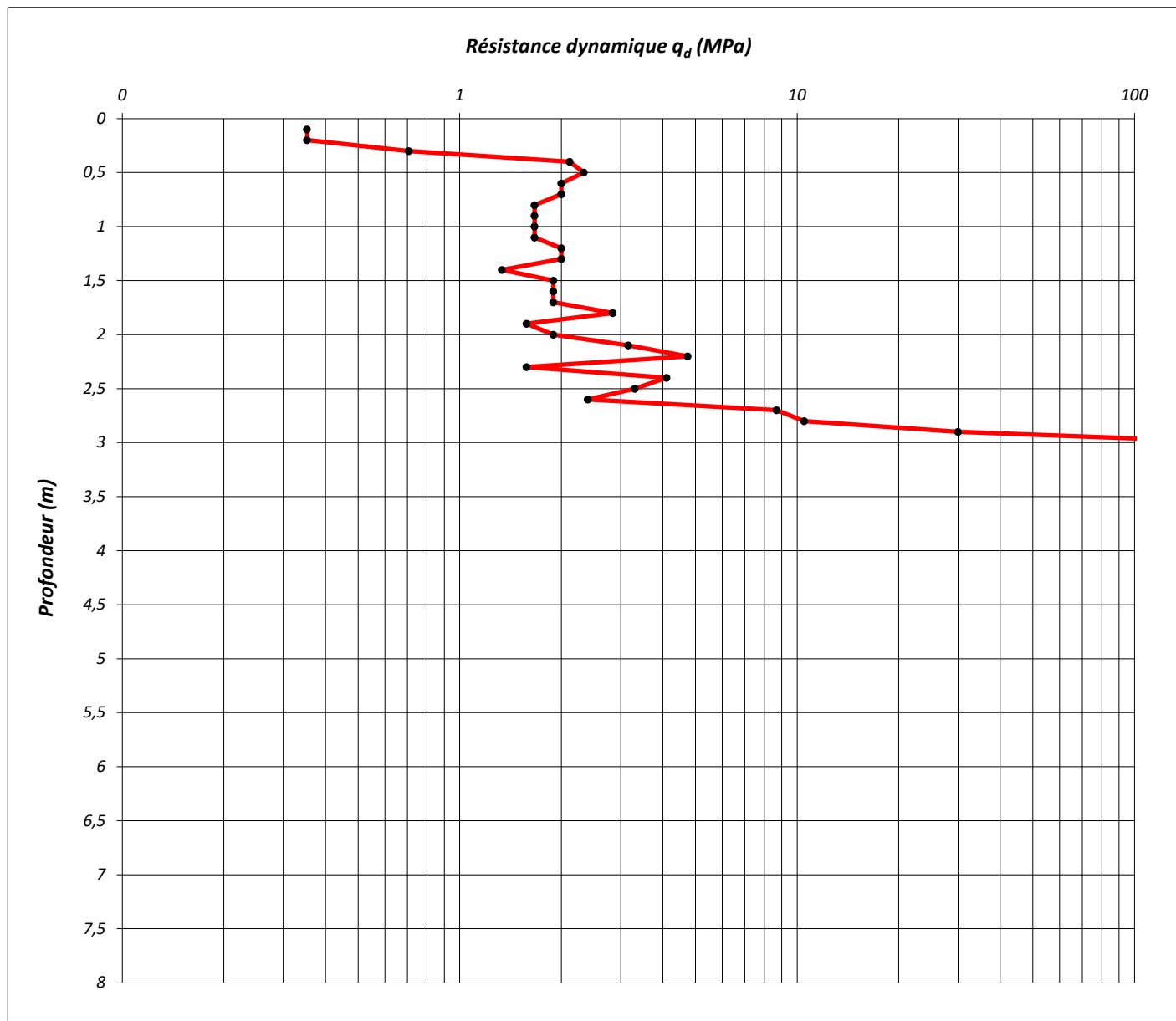
Géoterra

Bureau d'études géotechniques

CHANTIER : Campus Nord de la FSM-PM-MARSEILLE – MARSEILLE (13)
CLIENT : AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

SONDAGE : P7
PROFONDEUR : 2,9 m
DATE : 14/11/2024
Cote NGF : 0,00

SONDAGE AU PÉNÉTROMÈTRE DYNAMIQUE



DPM 30

Profondeur de la nappe : Indeterminée

Masse du mouton	30 kg
Hauteur de chute	0,2 m
Masse équipage mobil	18 kg
Longueur tige	1 m
Masse tige	3 kg
Section pointe	10 cm ²

Contexte géologique : Substratum marno-calcaire

Observations:

Refus



Arrêt volontaire



Adresse postale : BP 540 – 83041 TOULON Cedex 9 – Tél. : 04 94 27 87 40 – contact@geoterra.com

Adresse géographique : 42, avenue Irène et Jean-Frédéric Joliot Curie – Z.I. Toulon Est – 83130 LA GARDE

E.U.R.L. au capital de 10 000 € - RCS Toulon B 420 586 547 – Siret 420 586 547 00036 – APE 7112B – TVA intracommunautaire FR46 420 586 547



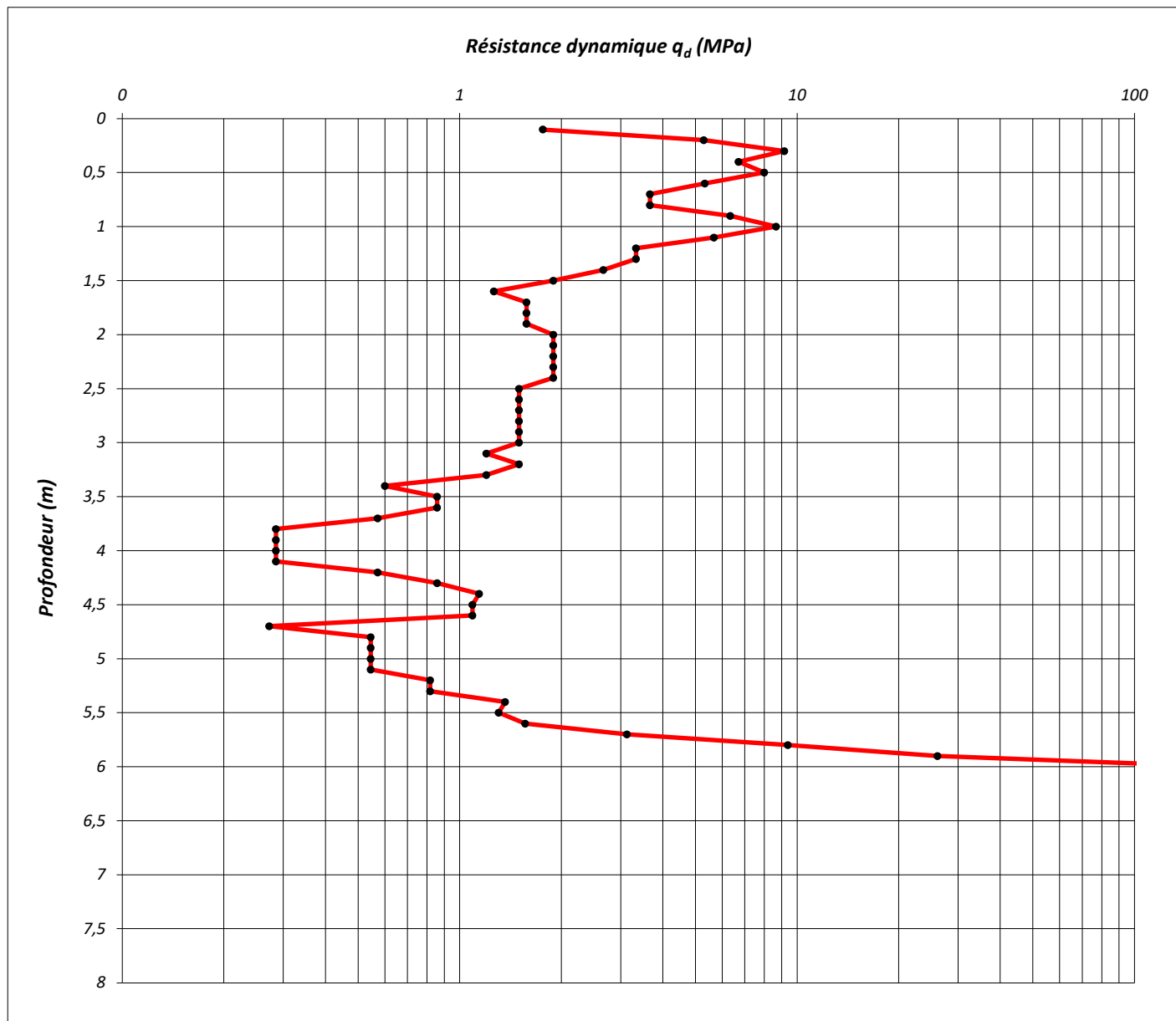
Géoterra

Bureau d'études géotechniques

CHANTIER : Campus Nord de la FSMMPM-MARSEILLE – MARSEILLE (13)
CLIENT : AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

SONDAGE : P8
PROFONDEUR : 5,9 m
DATE : 14/11/2024
Cote NGF : 0,00

SONDAGE AU PÉNÉTROMÈTRE DYNAMIQUE



DPM 30

Profondeur de la nappe : Indeterminée

Masse du mouton	30 kg
Hauteur de chute	0,2 m
Masse équipage mobil	18 kg
Longueur tige	1 m
Masse tige	3 kg
Section pointe	10 cm ²

Contexte géologique : Substratum marno-calcaire

Observations:

Refus



Arrêt volontaire



Adresse postale : BP 540 – 83041 TOULON Cedex 9 – Tél. : 04 94 27 87 40 – contact@geoterra.com

Adresse géographique : 42, avenue Irène et Jean-Frédéric Joliot Curie – Z.I. Toulon Est – 83130 LA GARDE

E.U.R.L. au capital de 10 000 € - RCS Toulon B 420 586 547 – Siret 420 586 547 00036 – APE 7112B – TVA intracommunautaire FR46 420 586 547



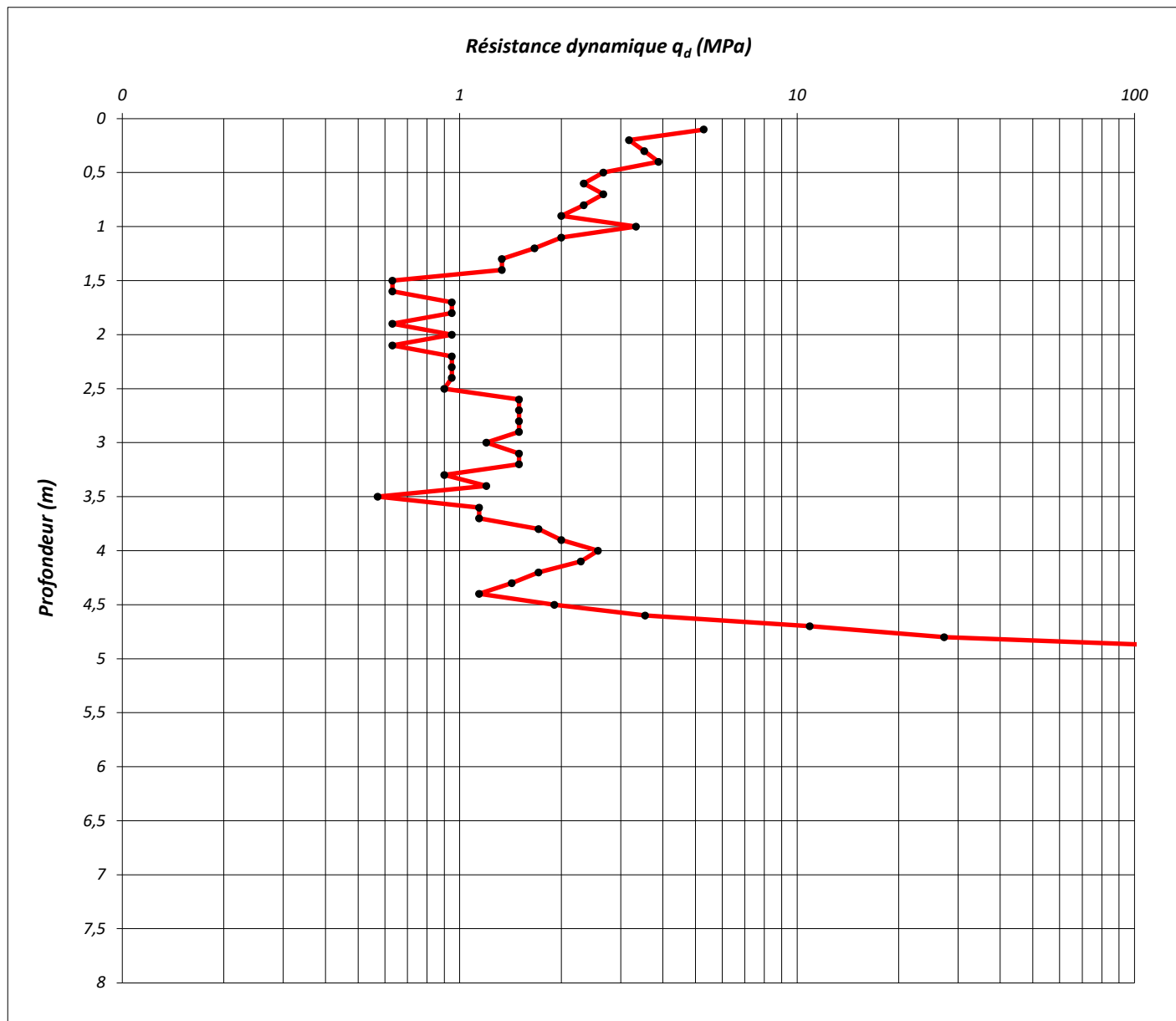
Géoterra

Bureau d'études géotechniques

CHANTIER : Campus Nord de la FSMPPM-MARSEILLE – MARSEILLE (13)
CLIENT : AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

SONDAGE : P9
PROFONDEUR : 4,8 m
DATE : 14/11/2024
Cote NGF : 0,00

SONDAGE AU PÉNÉTROMÈTRE DYNAMIQUE



DPM 30

Profondeur de la nappe : Indeterminée

Masse du mouton	30 kg
Hauteur de chute	0,2 m
Masse équipage mobil	18 kg
Longueur tige	1 m
Masse tige	3 kg
Section pointe	10 cm ²

Contexte géologique : Substratum marno-calcaire

Observations:

Refus



Arrêt volontaire



Adresse postale : BP 540 – 83041 TOULON Cedex 9 – Tél. : 04 94 27 87 40 – contact@geoterra.com

Adresse géographique : 42, avenue Irène et Jean-Frédéric Joliot Curie – Z.I. Toulon Est – 83130 LA GARDE

E.U.R.L. au capital de 10 000 € - RCS Toulon B 420 586 547 – Siret 420 586 547 00036 – APE 7112B – TVA intracommunautaire FR46 420 586 547



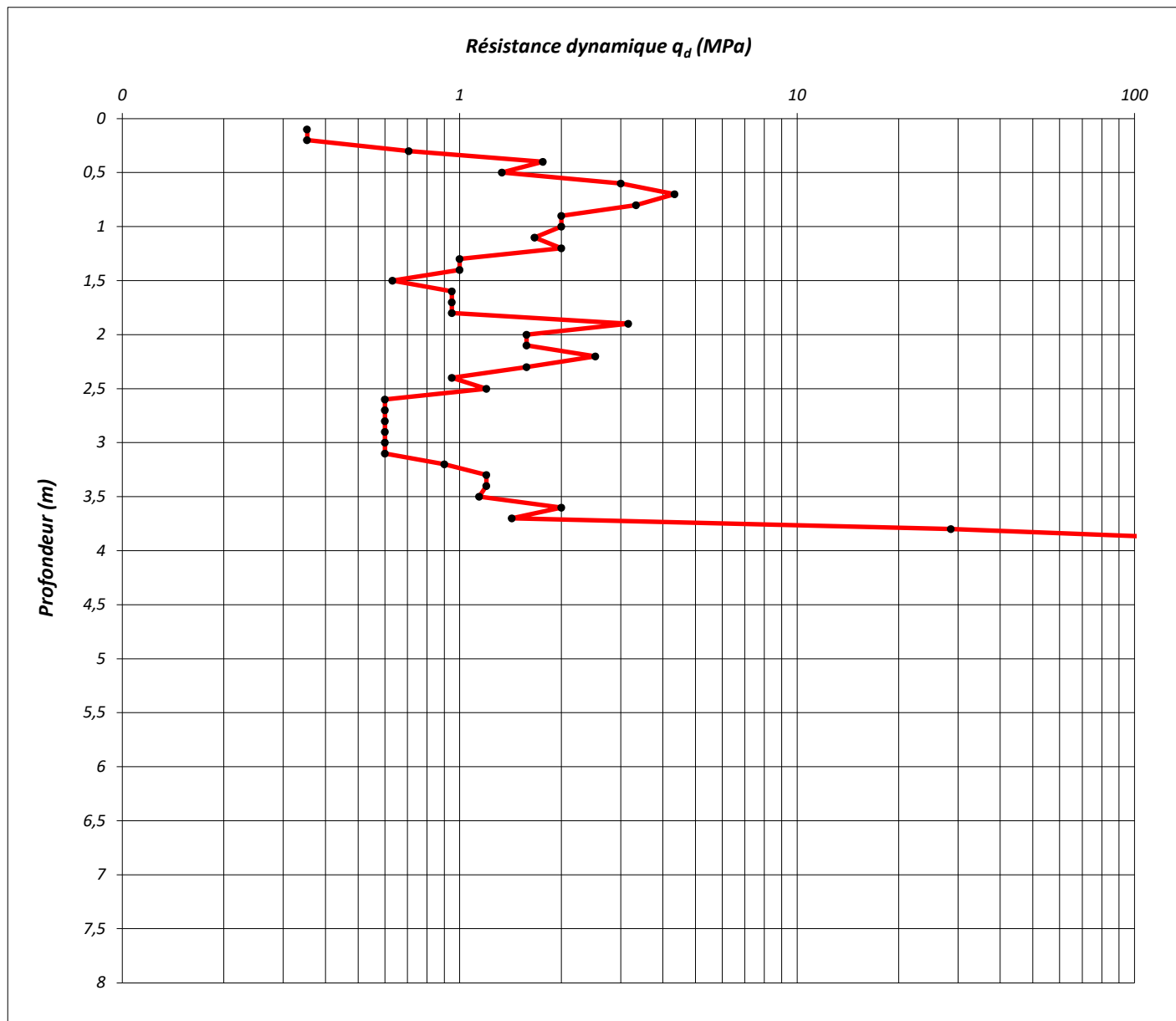
Géoterra

Bureau d'études géotechniques

CHANTIER : Campus Nord de la FSMPPM-MARSEILLE – MARSEILLE (13)
CLIENT : AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

SONDAGE : P10
PROFONDEUR : 3,8 m
DATE : 14/11/2024
Cote NGF : 0,00

SONDAGE AU PÉNÉTROMÈTRE DYNAMIQUE



DPM 30

Profondeur de la nappe : Indeterminée

Masse du mouton	30 kg
Hauteur de chute	0,2 m
Masse équipage mobil	18 kg
Longueur tige	1 m
Masse tige	3 kg
Section pointe	10 cm ²

Contexte géologique : Substratum marno-calcaire

Observations:

Refus



Arrêt volontaire



Adresse postale : BP 540 – 83041 TOULON Cedex 9 – Tél. : 04 94 27 87 40 – contact@geoterra.com

Adresse géographique : 42, avenue Irène et Jean-Frédéric Joliot Curie – Z.I. Toulon Est – 83130 LA GARDE

E.U.R.L. au capital de 10 000 € - RCS Toulon B 420 586 547 – Siret 420 586 547 00036 – APE 7112B – TVA intracommunautaire FR46 420 586 547

Mur en béton

0,25 m

Niveau du TN

0,20 m

Enrobé et graviers

0,05 m

Remblais sableux

0,30 m

Limon sableux

Fondation en béton

1,40 m

0,70 m

Argile sablo-
graveleuse

0,15 m

0,20 m

0,60 m

0,50 m

Argile sablo-graveleuse

?

Mur en béton

0,60 m

0,05 m

0,10 m

Niveau du TN

0,30 m

Terre végétale

0,30 m

Remblais
graveleux

0,20 m

Limon sablo-
graveleux

Limon sablo-graveleux

Mur en béton

Niveau du TN

0,55 m

0,50 m

Fondation en béton

0,70 m

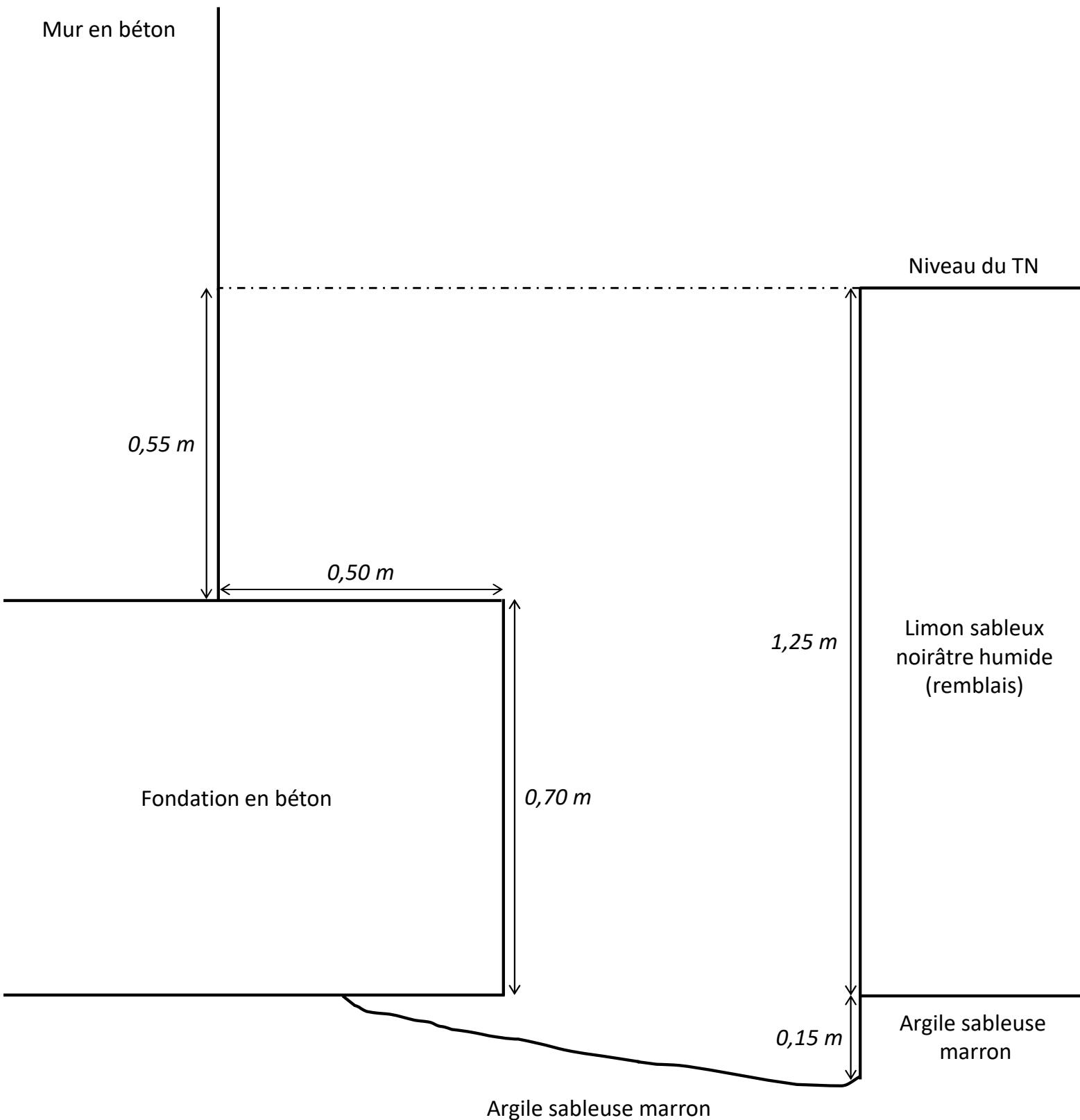
1,25 m

Limon sableux
noirâtre humide
(remblais)

0,15 m

Argile sableuse
marron

Argile sableuse marron



Mur en béton
ép. 25 cm

0,50 m

Soubassement
en béton

0,70 m

0,60 m

Fondation en béton

1,00 m

Perforation

Niveau du TN

1,20 m

Limon sableux

Limon sableux

Mur en béton

0,50 m

Soubassement
en béton

0,70 m

0,30 m

Fondation en béton

1,00 m

Perforation

Limon sableux

Niveau du TN

1,20 m

Limon sableux

RAPPORT D'ESSAI

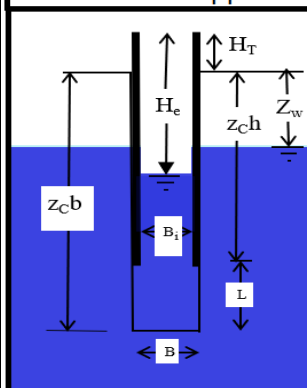
Essai Lefranc
Essai Nasberg
NF EN ISO 22282-2

Dossier : A24.0328

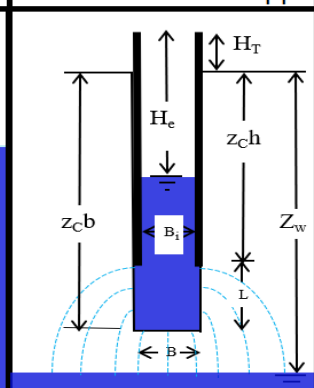
Chantier : MARSEILLE (13)

Equipe / Operateur : DD

Essai Lefranc Sous la nappe



Essai Nasberg Au dessus de la nappe



Date : 20/11/2024

Sondage n° : SC2

Profondeur de l'essai : 3,5 m à 4,5 m

Nature du sol : Argile marneuse

Longueur de la cavité d'essai: L = 1 m

Diamètre de la cavité: B = 0,114 m

Elancement de la cavité : L/B = 8,77 m

Profondeur de la nappe : zw =

Facteur de forme : m = 37,71 m

Type d'essai : Nasberg

Mode opératoire : injection

Débit de l'essai : 0 l/min
m³/s

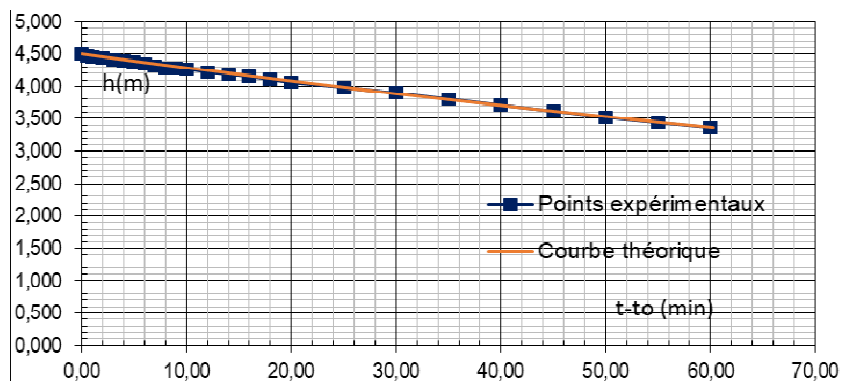
Commentaire :

PHASE DEBIT

RETOUR A L'EQUILIBRE

durée (min)	charge h (m)	durée (min)	charge h (m)	durée (min)	charge h (m)	durée (min)	charge h (m)
				0,00	4,50	25,00	3,98
				0,50	4,48	30,00	3,90
				1,00	4,46	35,00	3,81
				2,00	4,44	40,00	3,72
				3,00	4,42	45,00	3,62
				4,00	4,40	50,00	3,53
				5,00	4,37	55,00	3,45
				6,00	4,34	60,00	3,36
				7,00	4,32		
				8,00	4,29		
				9,00	4,28		
				10,00	4,26		
				12,00	4,22		
				14,00	4,19		
				16,00	4,15		
				18,00	4,11		
				20,00	4,06		

Variation de la charge hydraulique

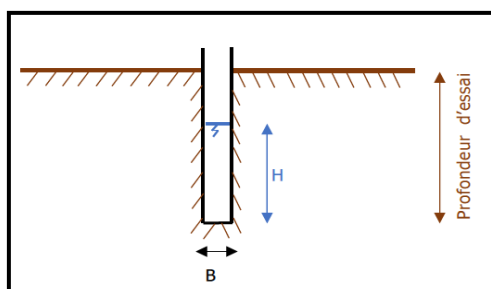
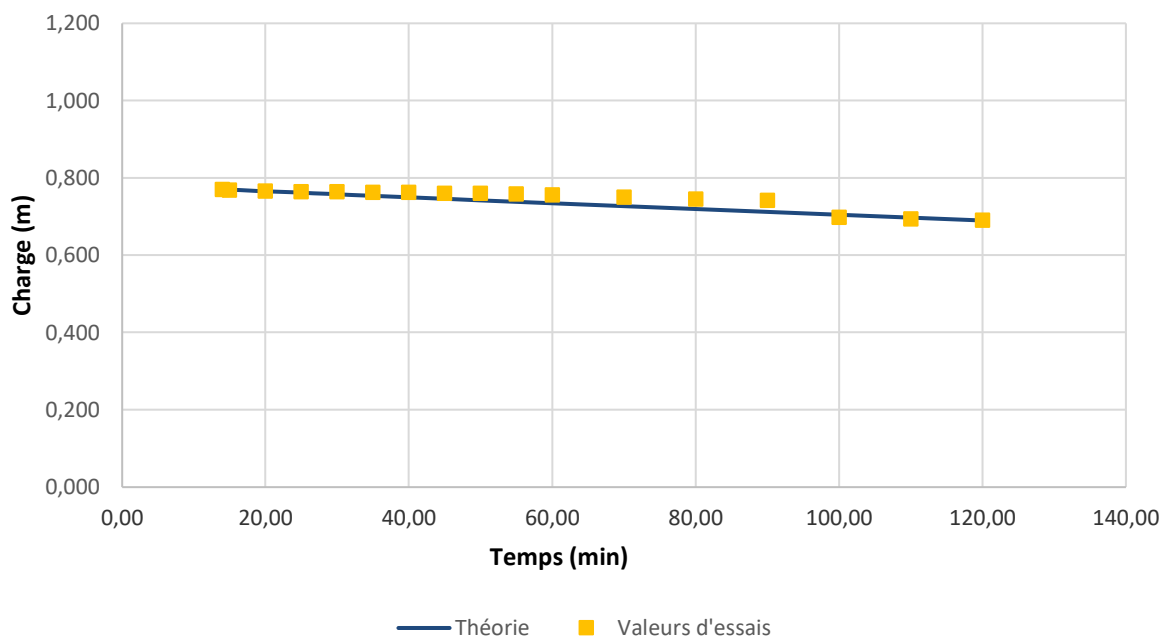


La perméabilité retenue :

K_L (m/s)

5,6E-07

DOSSIER	A24.0328		
CHANTIER	Opération PARAMED	Date	15/11/2024
VILLE	MARSEILLE (13)	Opérateur	CT
CLIENT	AIX-MARSEILLE UNIVERSITE	Cote NGF	144.85
ESSAI N°	Po1	Profondeur (m)	1
Nature des matériaux :		Limon marron	

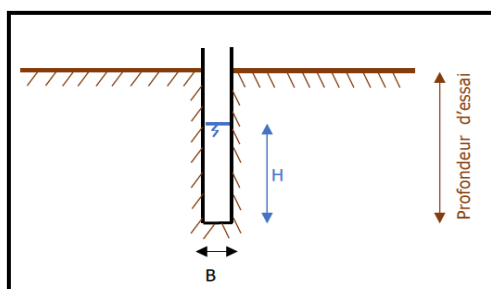
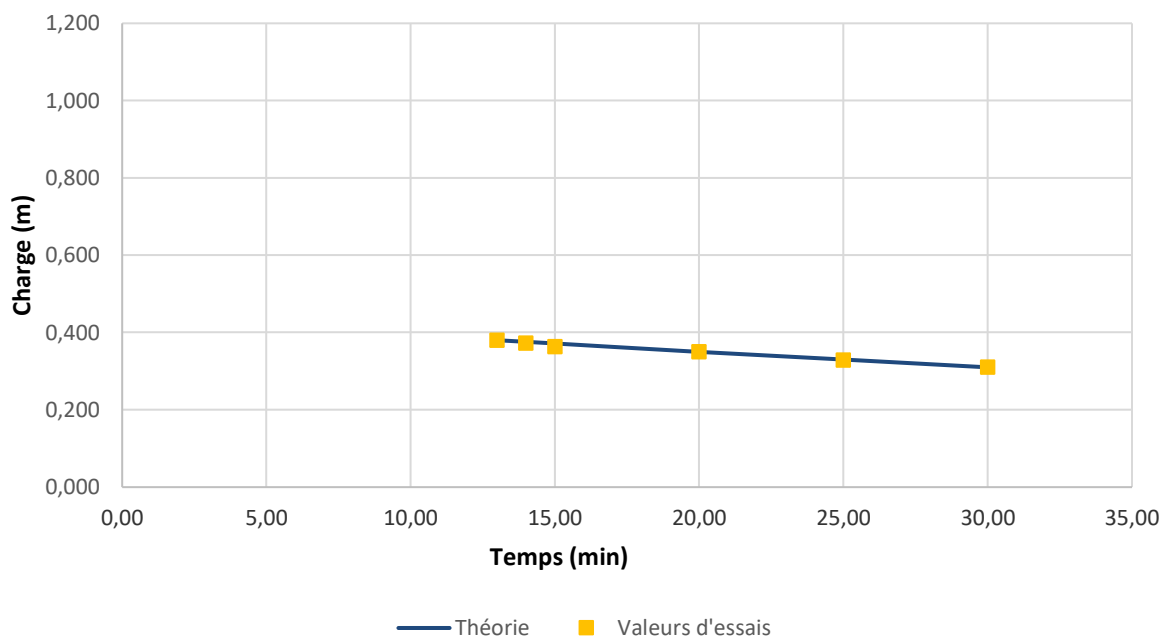


B : Diamètre du forage : 50 mm
H : Charge hydraulique

Temps (min)	Lecture (m)	Temps (min)	Lecture (m)
0	0	11	0,224
0,5	0,13	12	0,226
1	0,164	13	0,227
1,5	0,182	14	0,23
2	0,188	15	0,232
2,5	0,194	20	0,234
3	0,203	25	0,236
3,5	0,206	30	0,236
4	0,21	35	0,238
5	0,214	40	0,238
6	0,216	45	0,24
7	0,217	50	0,24
8	0,22	55	0,242
9	0,222	60	0,244
10	0,223		

Perméabilité mesurée : $k = 2E-7$ m/s

DOSSIER	A24.0328		
CHANTIER	Opération PARAMED	Date	15/11/2024
VILLE	MARSEILLE (13)	Opérateur	CT
CLIENT	AIX-MARSEILLE UNIVERSITE	Cote NGF	145.80
ESSAI N°	Po2	Profondeur (m)	1
Nature des matériaux :		Limon	

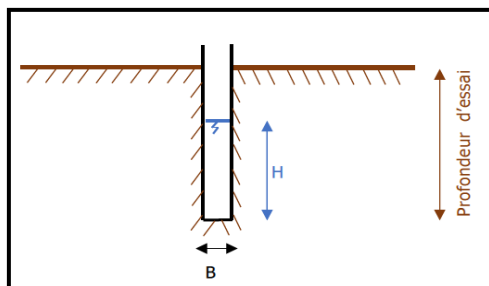
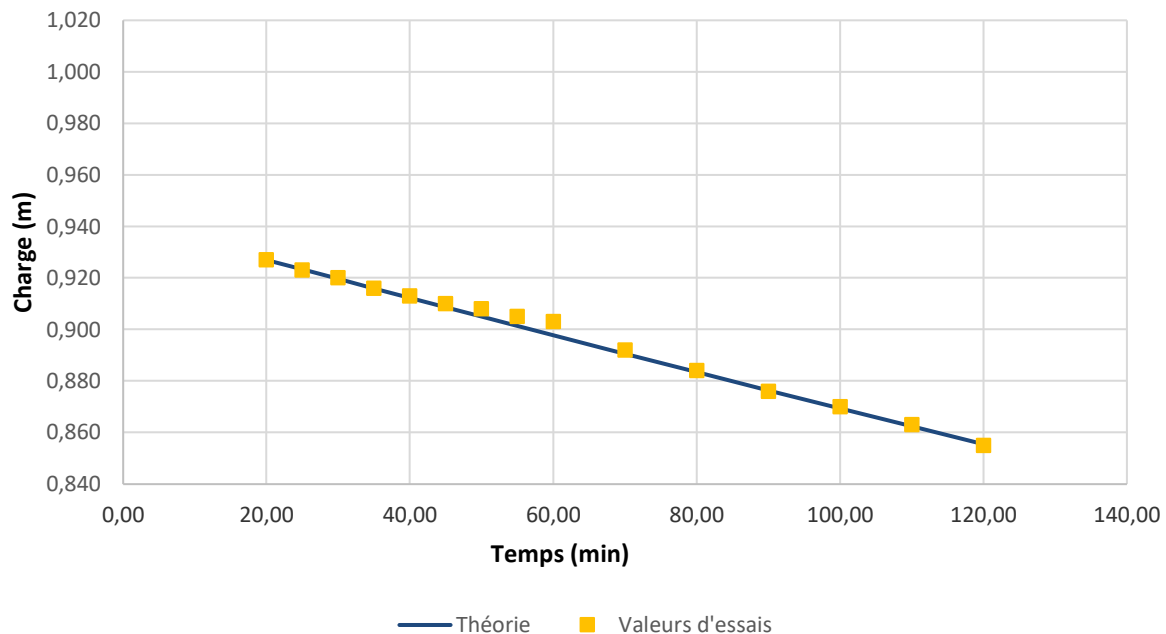


B : Diamètre du forage : 50 mm
H : Charge hydraulique

Temps (min)	Lecture (m)	Temps (min)	Lecture (m)
0	0	11	0,6
0,5	0,048	12	0,608
1	0,074	13	0,62
1,5	0,09	14	0,628
2	0,16	15	0,637
2,5	0,214	20	0,65
3	0,26	25	0,672
3,5	0,314	30	0,69
4	0,338	0	0
5	0,387	0	0
6	0,423	0	0
7	0,46	0	0
8	0,487	0	0
9	0,536	0	0
10	0,564		

Perméabilité mesurée : $k = 2E-6$ m/s

DOSSIER	A24.0328		
CHANTIER	Opération PARAMED	Date	15/11/2024
VILLE	MARSEILLE (13)	Opérateur	CT
CLIENT	AIX-MARSEILLE UNIVERSITE	Cote NGF	151.25
ESSAI N°	Po3	Profondeur (m)	1
Nature des matériaux :		Limon marron	

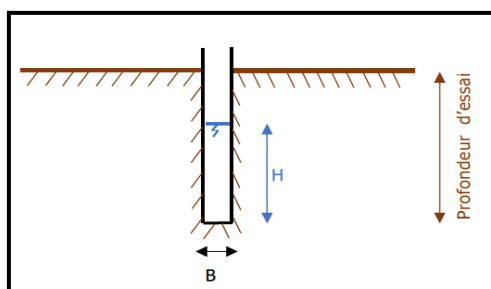
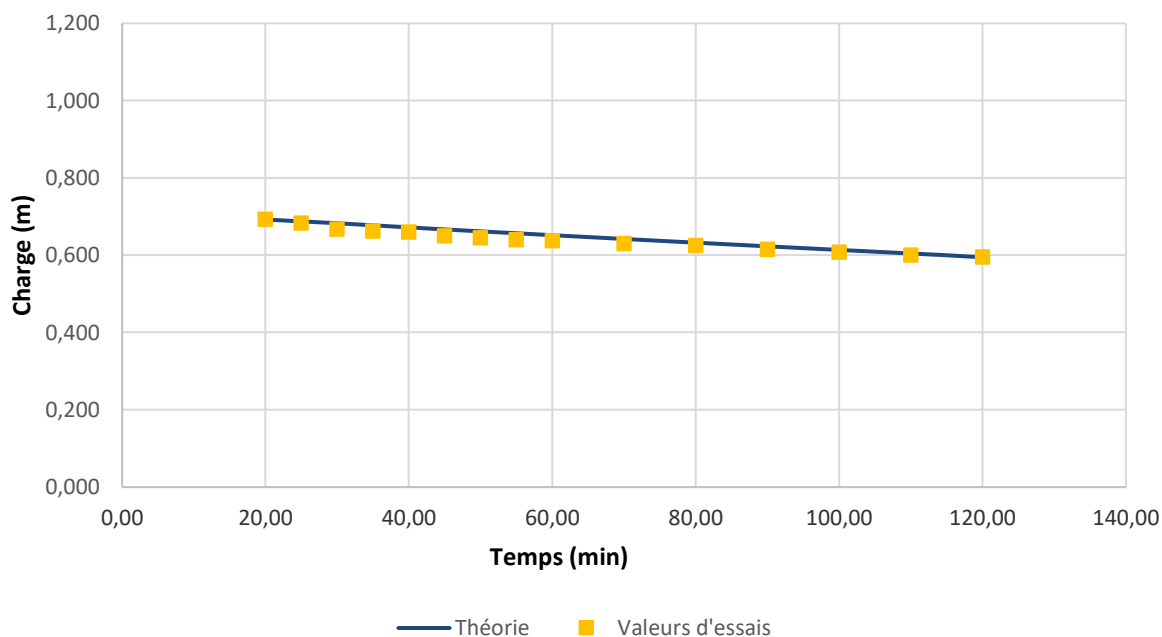


B : Diamètre du forage : 50 mm
H : Charge hydraulique

Temps (min)	Lecture (m)	Temps (min)	Lecture (m)
0	0	11	0,056
0,5	0,004	12	0,058
1	0,007	13	0,06
1,5	0,012	14	0,063
2	0,017	15	0,066
2,5	0,023	20	0,073
3	0,028	25	0,077
3,5	0,034	30	0,08
4	0,037	35	0,084
5	0,04	40	0,087
6	0,042	45	0,09
7	0,045	50	0,092
8	0,048	55	0,095
9	0,05	60	0,097
10	0,053		

Perméabilité mesurée : $k = 2E-7$ m/s

DOSSIER	A24.0328		
CHANTIER	Opération PARAMED	Date	15/11/2024
VILLE	MARSEILLE (13)	Opérateur	CT
CLIENT	AIX-MARSEILLE UNIVERSITE	Cote NGF	153.00
ESSAI N°	Po4	Profondeur (m)	1
Nature des matériaux :		Limon marron	



B : Diamètre du forage : 50 mm
H : Charge hydraulique

Temps (min)	Lecture (m)	Temps (min)	Lecture (m)
0	0	11	0,27
0,5	0,1	12	0,275
1	0,115	13	0,2825
1,5	0,13	14	0,29
2	0,145	15	0,29
2,5	0,155	20	0,3075
3	0,17	25	0,3175
3,5	0,185	30	0,3325
4	0,19	35	0,3375
5	0,205	40	0,34
6	0,22	45	0,35
7	0,24	50	0,355
8	0,25	55	0,36
9	0,26	60	0,3625
10	0,27		

Perméabilité mesurée : $k = 3E-7$ m/s

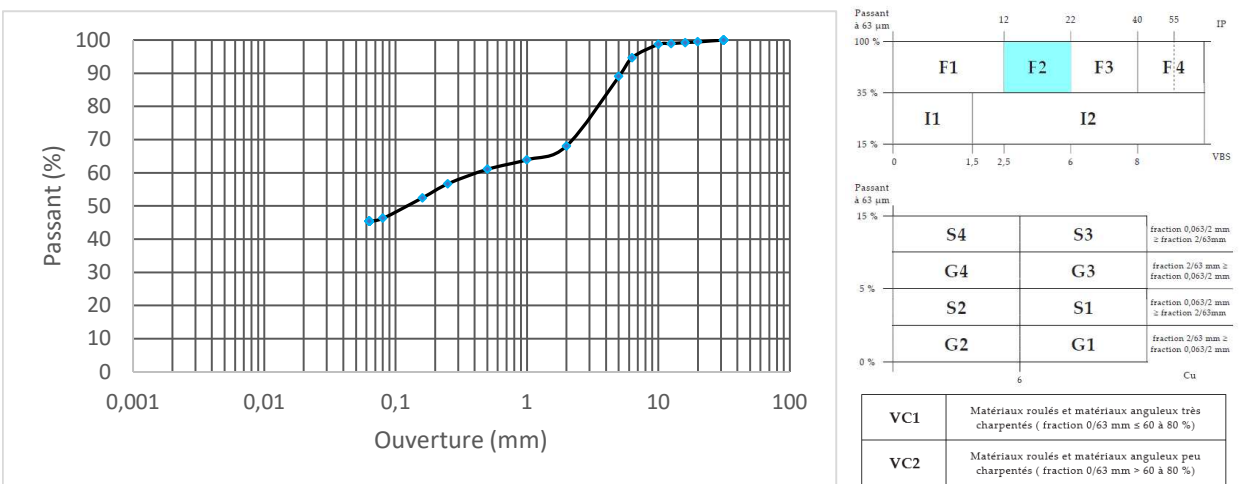
Classification des matériaux

Norme NF P 11-300

Dossier :	A24.0328	Sondage :	SP2
Affaire :	MARSEILLE (13)	Profondeur (m) :	2,5 à 6,7 m
Chargé d'Affaire :	Sarah TEXIER	Date prélèvement :	19/11/2024
Demandeur/Client :	AMU	Date essais :	21/01/2025
		Nature :	Marne argileuse

Observations:

PARAMETRES DU MATERIAU



Granularité	Dmax (mm)	Analyse granulométrique - NF EN ISO 17892-4					
		Tamis (mm)	63	2 (sur 0/63)	0,063 (sur 0/63)	0,002 (sur 0/63)	C _u
	31,5	Passant (%)	100,0	68,1	45,4		

Argilosité	Limites d'Atterberg - NF EN ISO 17892-12			NFP90-060-1	NF P94-068
	W _L (%)	W _P (%)	I _p (%)	W _R (%)	VBS (g/100g)
	34	16	18	11	

Etat hydrique	F EN ISO 17892	F EN ISO 17892	NF P94-078	NF P94-093
	W _N	I _c	IPI	W _N /W _{OPN}
	8,2%	1,16		

CLASSIFICATION GTR 2023	F2
CLASSIFICATION GTR 2000	A2

Analyse Granulométrique

Normes NF EN ISO 17892-4

Dossier :	A24.0328	Sondage :	SP2
Affaire :	MARSEILLE (13)	Profondeur (m) :	2,5 à 6,7 m
Chargé d'Affaire :	Sarah TEXIER	Date prélèvement :	19/11/2024
Demandeur/Client :	AMU	Date essais :	21/01/2025
		Nature :	Marne argileuse

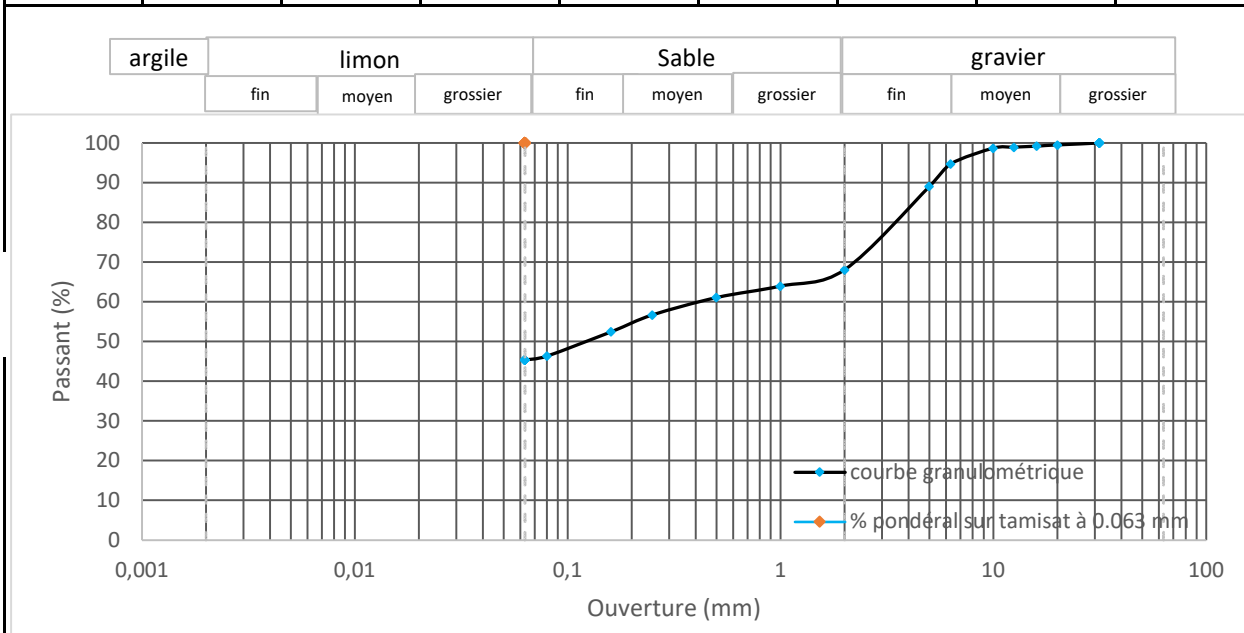
Observations:

RESULTATS

Dm:	31,5	% d'éléments > Dm:	0,0%
-----	------	--------------------	------

Analyse par tamisage - NF EN ISO 17892-4								
Tamis (mm)	50	20	10	5	2	1	0,25	0,063
Passant (%)	100,0	99,5	98,7	89,1	68,1	63,9	56,7	45,4

Analyse par sédimentation - NF EN ISO 17892-4								
D (µm)								
Passant (%)								



D ₁₀ (mm)	D ₁₅ (mm)	D ₃₀ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₆₀ (mm)
		< 0.063	0,1280	0,4390

C _c	C _u

L'Ingénieur responsable :
APC INGENIERIE
 P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion
 44360 VIGNEUX DE BRETAGNE
 Tél. : 02.40.86.80.01
 Fax : 02.40.85.29.77

 S. TURLE

Limites d'Atterberg

Normes NF EN ISO 17892-12

Dossier :	A24.0328	Sondage :	SP2
Affaire :	MARSEILLE (13)	Profondeur (m) :	2,5 à 6,7 m
Chargé d'Affaire :	Sarah TEXIER	Date prélevement :	19/11/2024
Demandeur/Client :	AMU	Date essais :	21/01/2025
		Nature :	Marne argileuse

Observations:

MESURE DE LA LIMITE DE LIQUIDITÉ AU CÔNE en 4 points (NF EN 17892-12)

Mesures	1	2	3	4	5
Enfoncement (mm)	24,6	22,2	19,8	17,9	16,3
Teneur en eau (%)	36,7	35,6	34,2	32,5	31,4

MESURE DE LA LIMITE DE PLASTICITE (NF EN 17892-12)

Mesures	1	2	3	moyenne
Teneur en eau (%)	16,3	16,3		16,3

LIMITE DE LIQUIDITÉ AU CÔNE

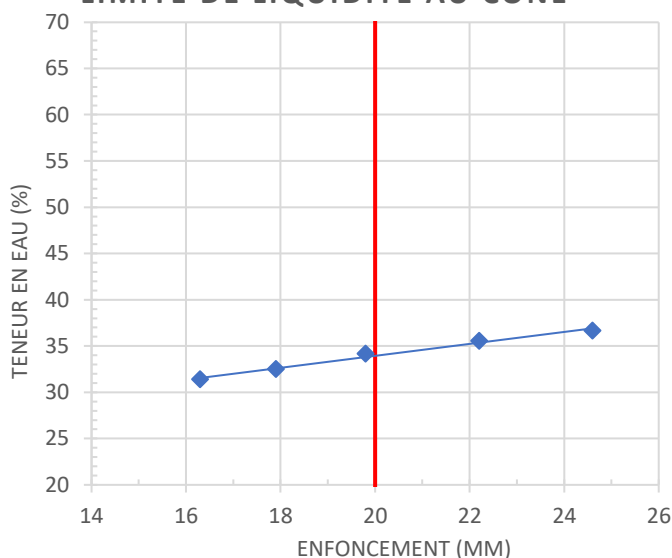
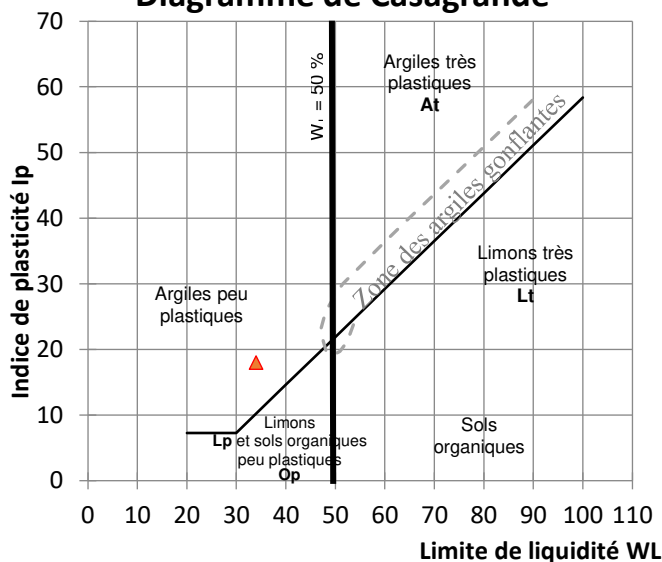


Diagramme de Casagrande



RÉSULTATS

Teneur en eau équivalente $w_{<0,4}$	13,1%
Limite de liquidité w_L	34
Limite de plasticité w_p	16
Indice de plasticité I_p	18
Indice de liquidité I_L	-0,2
Indice de consistance I_C	1,16

L'Ingénieur responsable :
APC INGENIERIE
P.A. de la Billaies Deniaud - 3, Rue Albert de Dion
44360 VIGNEUX DE BRETAGNE
Tél. : 02.40.86.80.01
Fax : 02.40.85.29.77
 S. TURLE

Determination de la Limite de Retrait

Selon la norme NF P 90-060-1

Dossier :	A24.0328	Sondage :	SP2
Affaire :	MARSEILLE (13)	Profondeur (m) :	2,5 à 6,7 m
Chargé d'Affaire :	Sarah TEXIER	Date prélèvement :	19/11/2024
Demandeur/Client :	AMU	Date essais :	21/01/2025
		Nature :	Marne argileuse

PARAMETRES				
Eprouvette:	1	2	3	moyenne
Masse humide M_h :	150,3	149,6	149,9	g
Volume initial V_h :	83,15	81,98	82,37	cm3
Masse sèche M_d :	112,3	111,8	112,0	g
Volume final V_d :	56,29	56,88	56,68	cm3
Masse volumique de l'eau ρ_w :	998	998	998	kg/m3
Limite de retrait W_R :	10,0%	11,4%	10,9%	10,8%

RESULTATS	
Limite de Retrait W_R	11%

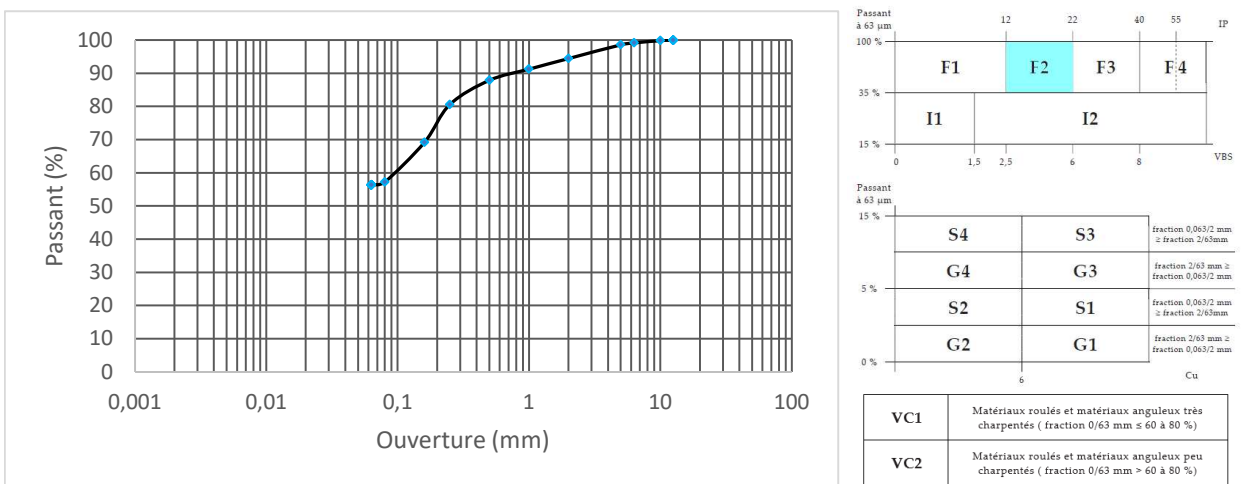
Classification des matériaux

Norme NF P 11-300

Dossier :	A24.0328	Sondage :	SP5
Affaire :	MARSEILLE (13)	Profondeur (m) :	1,0 à 4,3 m
Chargé d'Affaire :	Sarah TEXIER	Date prélèvement :	19/11/2024
Demandeur/Client :	AMU	Date essais :	21/01/2025
		Nature :	Argile +/- graveleuse

Observations: Réagit au HCl

PARAMETRES DU MATERIAU



Granularité	Dmax (mm)	Analyse granulométrique - NF EN ISO 17892-4					
		Tamis (mm)	63	2 (sur 0/63)	0,063 (sur 0/63)	0,002 (sur 0/63)	C _u
	12,5	Passant (%)	100,0	94,5	56,4		

Argilosité	Limites d'Atterberg - NF EN ISO 17892-12			NFP90-060-1	NF P94-068
	W _L (%)	W _P (%)	I _p (%)	W _R (%)	VBS (g/100g)
	31	16	15	14	

Etat hydrique	F EN ISO 17892	F EN ISO 17892	NF P94-078	NF P94-093
	W _N	I _c	IPI	W _N /W _{OPN}
	15,4%	0,86		

CLASSIFICATION GTR 2023	F2
CLASSIFICATION GTR 2000	A2

Analyse Granulométrique

Normes NF EN ISO 17892-4

Dossier :	A24.0328	Sondage :	SP5
Affaire :	MARSEILLE (13)	Profondeur (m) :	1,0 à 4,3 m
Chargé d'Affaire :	Sarah TEXIER	Date prélèvement :	19/11/2024
Demandeur/Client :	AMU	Date essais :	21/01/2025
		Nature :	Argile +/- graveleuse

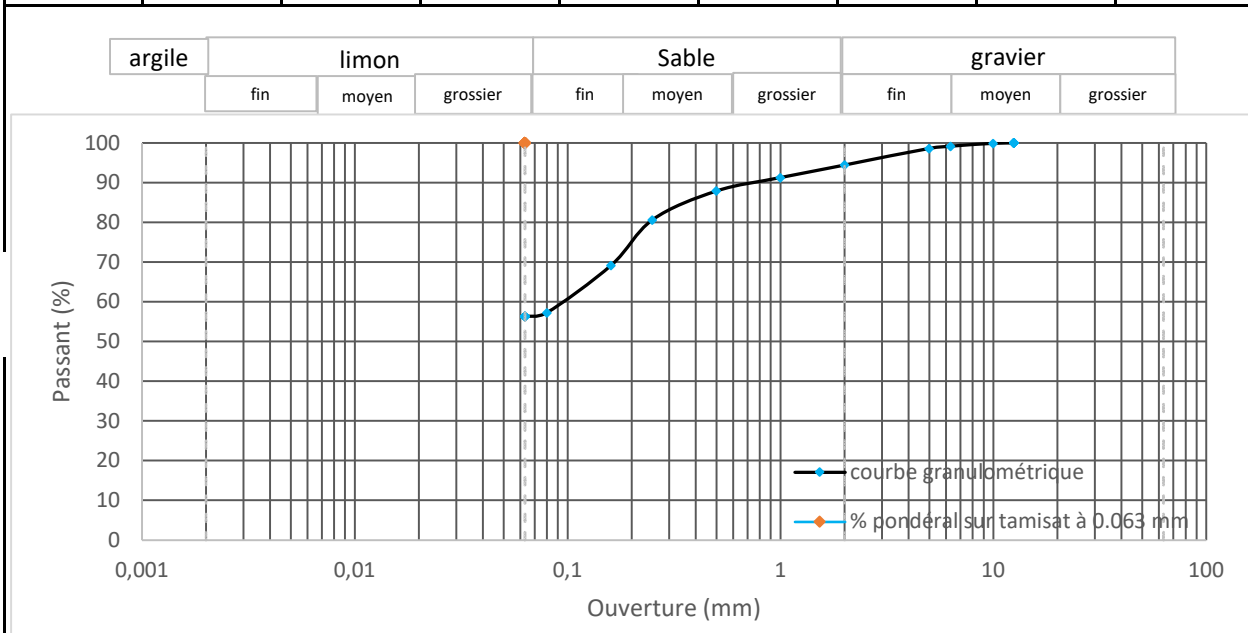
Observations:

RESULTATS

Dm:	12,5	% d'éléments > Dm:	0,0%
-----	------	--------------------	------

Analyse par tamisage - NF EN ISO 17892-4								
Tamis (mm)	50	20	10	5	2	1	0,25	0,063
Passant (%)	100,0	100,0	99,9	98,6	94,5	91,3	80,6	56,4

Analyse par sédimentation - NF EN ISO 17892-4								
D (μm)								
Passant (%)								



D ₁₀ (mm)	D ₁₅ (mm)	D ₃₀ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₆₀ (mm)
			< 0.063	0,0984

C _c	C _u

L'Ingénieur responsable :
APC INGENIERIE
 P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion
 44360 VIGNEUX DE BRETAGNE
 Tél. : 02.40.86.80.01
 Fax : 02.40.85.29.77
 S. TURLE

Limites d'Atterberg

Normes NF EN ISO 17892-12

Dossier :	A24.0328	Sondage :	SP5
Affaire :	MARSEILLE (13)	Profondeur (m) :	1,0 à 4,3 m
Chargé d'Affaire :	Sarah TEXIER	Date prélevement :	19/11/2024
Demandeur/Client :	AMU	Date essais :	21/01/2025
		Nature :	Argile +/- graveleuse

Observations:

MESURE DE LA LIMITE DE LIQUIDITÉ AU CÔNE en 4 points (NF EN 17892-12)

Mesures	1	2	3	4	5
Enfoncement (mm)	23,7	21,8	20,2	18,7	16,6
Teneur en eau (%)	32,8	32,3	31,2	30,1	28,0

MESURE DE LA LIMITE DE PLASTICITE (NF EN 17892-12)

Mesures	1	2	3	moyenne
Teneur en eau (%)	15,7	15,7		15,7

LIMITE DE LIQUIDITÉ AU CÔNE

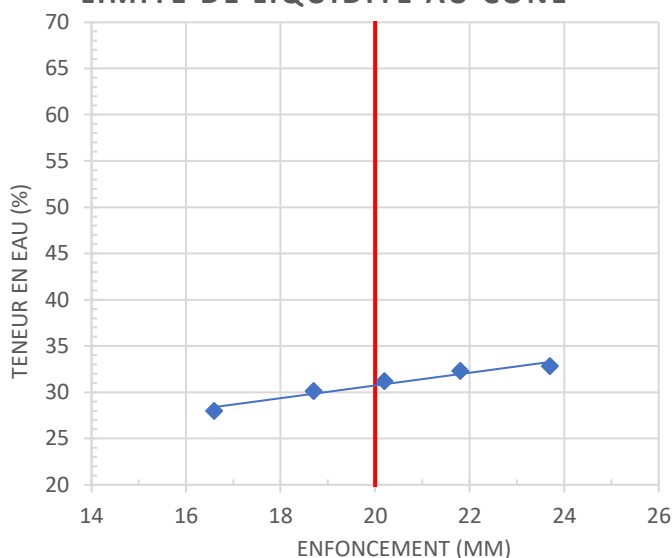
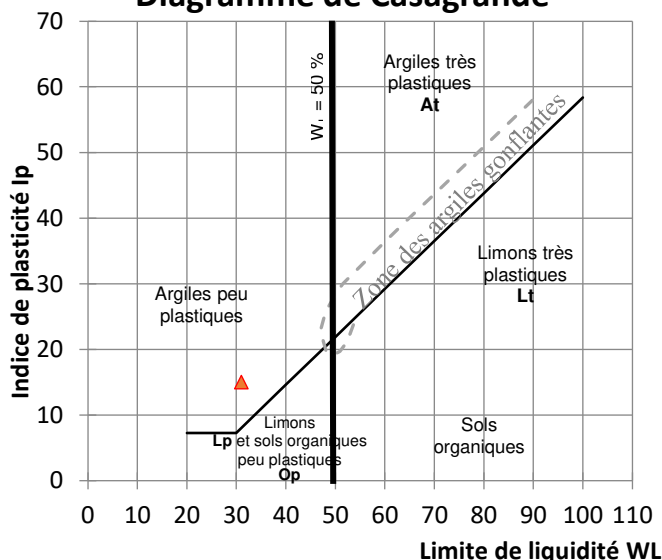


Diagramme de Casagrande



RÉSULTATS

Teneur en eau équivalente $w_{<0,4}$	18,1%
Limite de liquidité w_L	31
Limite de plasticité w_p	16
Indice de plasticité I_p	15
Indice de liquidité I_L	0,1
Indice de consistance I_c	0,86

L'Ingénieur responsable :
APC INGENIERIE
P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion
44360 VIGNEUX DE BRETAGNE
Tél. : 02.40.86.80.01
Fax : 02.40.85.29.77
 S. TURLE

Determination de la Limite de Retrait

Selon la norme NF P 90-060-1

Dossier :	A24.0328	Sondage :	SP5
Affaire :	MARSEILLE (13)	Profondeur (m) :	1,0 à 4,3 m
Chargé d'Affaire :	Sarah TEXIER	Date prélèvement :	19/11/2024
Demandeur/Client :	AMU	Date essais :	21/01/2025
		Nature :	Argile +/- graveleuse

PARAMETRES				
Eprouvette:	1	2	3	moyenne
Masse humide M_h :	147,8	152,5	151,8	g
Volume initial V_h :	81,56	82,76	82,59	cm3
Masse sèche M_d :	112,6	116,5	115,9	g
Volume final V_d :	61,45	62,85	62,65	cm3
Masse volumique de l'eau ρ_w :	998	998	998	kg/m3
Limite de retrait W_R :	13,4%	13,8%	13,8%	13,7%

RESULTATS	
Limite de Retrait W_R	14%

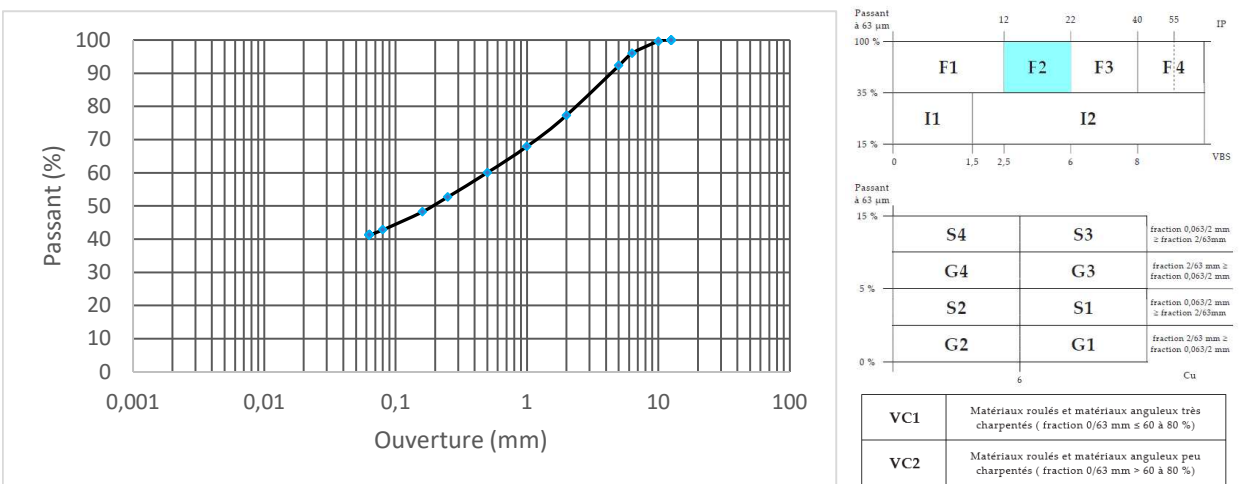
Classification des matériaux

Norme NF P 11-300

Dossier :	A24.0328	Sondage :	SP6
Affaire :	MARSEILLE (13)	Profondeur (m) :	0,4 à 5,0 m
Chargé d'Affaire :	Sarah TEXIER	Date prélèvement :	19/11/2024
Demandeur/Client :	AMU	Date essais :	21/01/2025
		Nature :	Marne altérée

Observations: Réagit au HCl - Matériau en poudre

PARAMETRES DU MATERIAU



Granularité	Dmax (mm)	Analyse granulométrique - NF EN ISO 17892-4					
		Tamis (mm)	63	2 (sur 0/63)	0,063 (sur 0/63)	0,002 (sur 0/63)	C _u
	12,5	Passant (%)	100,0	77,3	41,3		

Argilosité	Limites d'Atterberg - NF EN ISO 17892-12			NFP90-060-1	NF P94-068
	W _L (%)	W _P (%)	I _p (%)	W _R (%)	VBS (g/100g)
	35	15	20	9	

Etat hydrique	F EN ISO 17892	F EN ISO 17892	NF P94-078	NF P94-093
	W _N	I _c	IPI	W _N /W _{OPN}
	4,0%	1,47		

CLASSIFICATION GTR 2023	F2
CLASSIFICATION GTR 2000	A2

Analyse Granulométrique

Normes NF EN ISO 17892-4

Dossier :	A24.0328	Sondage :	SP6
Affaire :	MARSEILLE (13)	Profondeur (m) :	0,4 à 5,0 m
Chargé d'Affaire :	Sarah TEXIER	Date prélèvement :	19/11/2024
Demandeur/Client :	AMU	Date essais :	21/01/2025
		Nature :	Marne altérée

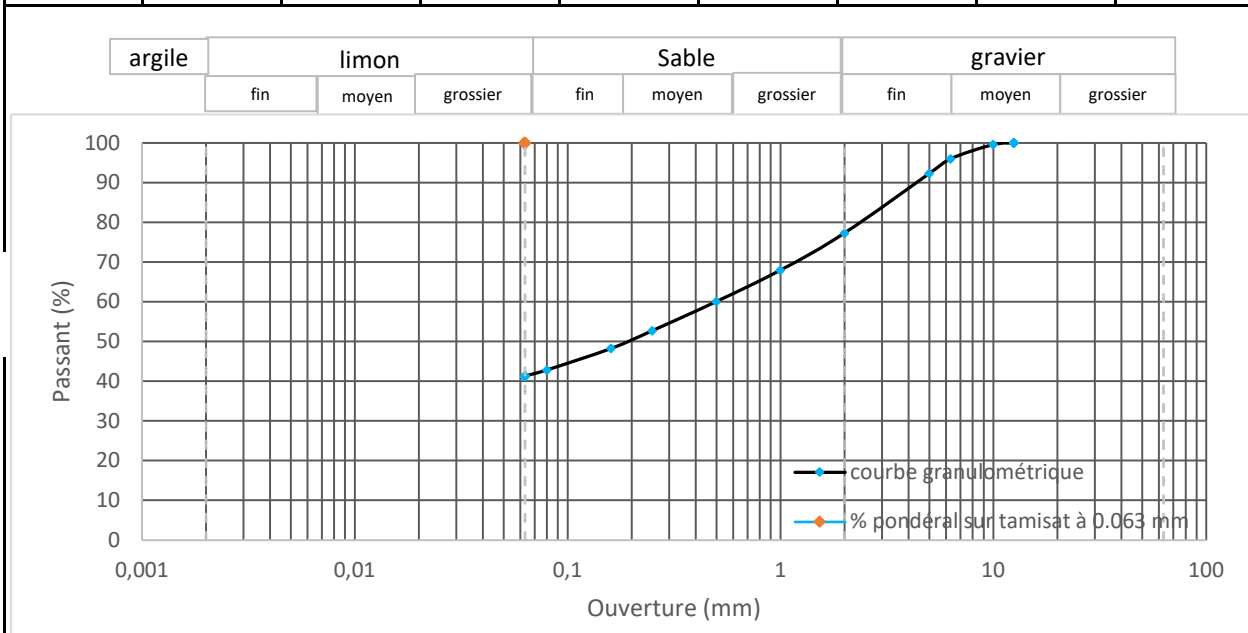
Observations:

RESULTATS

Dm:	12,5	% d'éléments > Dm:	0,0%
-----	------	--------------------	------

Analyse par tamisage - NF EN ISO 17892-4								
Tamis (mm)	50	20	10	5	2	1	0,25	0,063
Passant (%)	100,0	100,0	99,6	92,3	77,3	68,0	52,7	41,3

Analyse par sédimentation - NF EN ISO 17892-4								
D (μm)								
Passant (%)								



D ₁₀ (mm)	D ₁₅ (mm)	D ₃₀ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₆₀ (mm)
		< 0.063	0,1948	0,4975

C _c	C _u

L'Ingénieur responsable :
APC INGENIERIE
 P.A. de la Biliais Deniaud - 3, Rue Albert de Dion
 44360 VIGNEUX DE BRETAGNE
 Tél. : 02.40.86.80.01
 Fax : 02.40.85.29.77
 S. TURLE

Limites d'Atterberg

Normes NF EN ISO 17892-12

Dossier :	A24.0328	Sondage :	SP6
Affaire :	MARSEILLE (13)	Profondeur (m) :	0,4 à 5,0 m
Chargé d'Affaire :	Sarah TEXIER	Date prélevement :	19/11/2024
Demandeur/Client :	AMU	Date essais :	21/01/2025
		Nature :	Marne altérée

Observations:

MESURE DE LA LIMITE DE LIQUIDITÉ AU CÔNE en 4 points (NF EN 17892-12)

Mesures	1	2	3	4	5
Enfoncement (mm)	24,1	22,4	20,6	18,2	16,1
Teneur en eau (%)	37,5	36,4	34,8	33,4	31,7

MESURE DE LA LIMITE DE PLASTICITE (NF EN 17892-12)

Mesures	1	2	3	moyenne
Teneur en eau (%)	15,0	15,6		15,3

LIMITE DE LIQUIDITÉ AU CÔNE

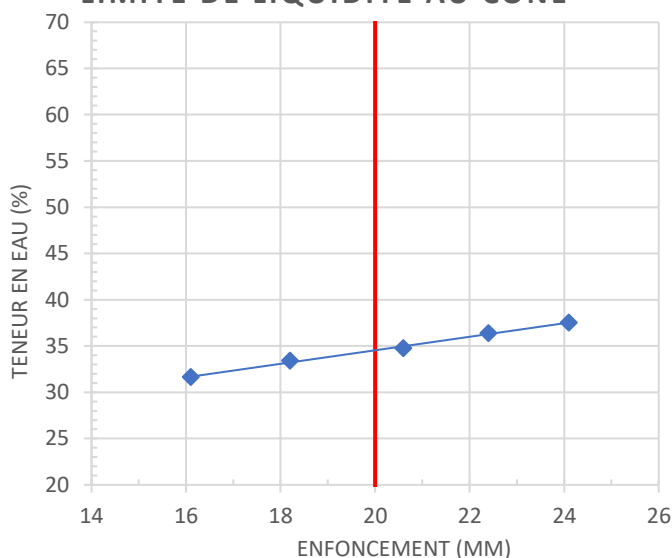
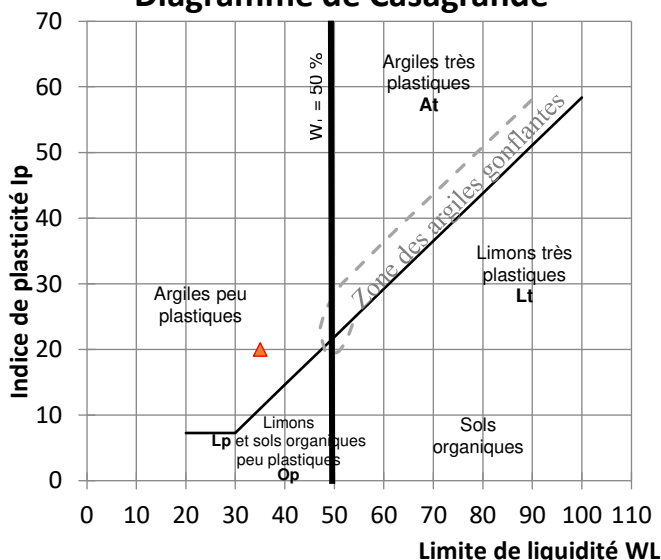


Diagramme de Casagrande



RÉSULTATS

Teneur en eau équivalente $w_{<0,4}$	5,6%
Limite de liquidité w_L	35
Limite de plasticité w_p	15
Indice de plasticité I_p	20
Indice de liquidité I_L	-0,5
Indice de consistance I_C	1,47

L'Ingénieur responsable :
APC INGENIERIE
P.A. de la Billaies Deniaud - 3, Rue Albert de Dion
44360 VIGNEUX DE BRETAGNE
Tél. : 02.40.86.80.01
Fax : 02.40.85.29.77
 S. TURLE

Determination de la Limite de Retrait

Selon la norme NF P 90-060-1

Dossier :	A24.0328	Sondage :	SP6
Affaire :	MARSEILLE (13)	Profondeur (m) :	0,4 à 5,0 m
Chargé d'Affaire :	Sarah TEXIER	Date prélèvement :	19/11/2024
Demandeur/Client :	AMU	Date essais :	21/01/2025
		Nature :	Marne altérée

PARAMETRES				
Eprouvette:	1	2	3	moyenne
Masse humide M_h :	148,8	145,2	146,2	g
Volume initial V_h :	83,18	80,52	81,26	cm3
Masse sèche M_d :	110,3	107,6	108,3	g
Volume final V_d :	54,41	52,04	52,70	cm3
Masse volumique de l'eau ρ_w :	998	998	998	kg/m3
Limite de retrait W_R :	8,9%	8,5%	8,6%	8,7%

RESULTATS

Limite de Retrait W_R

9%

AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

GEOTERRIA
42 Av Irène et JF Joliot Curie
83130 LA GARDE
FRANCE

Date 10.01.2025
N° Client 35010250

RAPPORT D'ANALYSES

Cde 1502820 A24.0328 - SP3 (0,6 - 8,5 m)
N° échant. 579945 Solide / Eluat
Date de validation 06.01.2025
Prélèvement Sans objet
Prélèvement par: Client
Spécification des échantillons A24.0328 - SP3 (0,6 - 8,5 m)

Unité Résultat Limite Méthode

Prétraitement des échantillons

Matière sèche	%	°	87,7			NEN-EN 15934
Prétraitement de l'échantillon		°				Conforme à NEN-EN 16179

Analyses Physico-chimiques

Sulfures solubles	°)	mg/kg Ms	<0,20			DIN 4030
Acidité selon Baumann-Gully	°)	ml/kg Ms	<1,00			EN 16502
Chlorures	°)	mg/kg Ms	<20			DIN 4030
Sulfates - extraction acide (SO4)	°)	mg/kg Ms	1372			EN 196-2

Agressivité chimique sur béton

Grade d'agressivité sur béton	°)		<XA1			EN 206+A2/CN
-------------------------------	----	--	------	--	--	--------------

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

Les analyses réalisées sur solide sont calculées sur la matière sèche. Les analyses marquées ° sont quantifiées par rapport à l'échantillon original.

Date de prise en charge: 07.01.2025

Fin des analyses: 10.01.2025

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable des informations fournies par le client. Les informations du client, le cas échéant, présentées dans le présent rapport d'essai ne sont pas soumises à l'accréditation du laboratoire et peuvent affecter la validité des résultats d'essai. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée. En cas de déclaration de conformité, l'approche discrète est utilisée comme règle de décision. Cela signifie que l'incertitude de mesure n'est pas prise en compte pour l'établissement de la déclaration de conformité à une spécification ou à une norme.

AL-West B.V. Mme Fatima-Zahra Saati, Tel. 33/380680132
Chargée relation clientèle

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

page 1 de 1



AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



Annexe de N° commande 1502820

CONSERVATION, TEMPS DE CONSERVATION ET FLACONNAGE

Des écarts aux prescriptions des protocoles analytiques ont été observés. Ces différences peuvent affecter la fiabilité des résultats sur les échantillons mentionnés ci-après.

579945 La date de prélèvement de l'échantillon est inconnue.

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole " *) " .

Kamer van Koophandel Directeur
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer
NL 811132559 B01

SUIVI PIÉZOMÉTRIQUE



PROJET	Opération PARAMED
ADRESSE :	Campus Nord de la FSMMPM-MARSEILLE - MARSEILLE (13)
CLIENT :	AIX-MARSEILLE UNIVERSITE
N° D'AFFAIRE :	A24.0328

Durée du suivi	12 mois
Nbre de relevés prévus	12
Début suivi	

En mètres/TN						COTE NGF				
Point (s)	Date	SP4	SP5	SP6		156.35	155.55	155.65		
		SP4	SP5	SP6		SP4	SP5	SP6		
1	18/12/2024	sec	sec	sec		-	-	-		
2	08/01/2025	sec	6,10	sec		-	149.45	-		
3	07/02/2025	sec	sec	sec		-	-	-		
4	21/03/2025	sec	sec	sec		-	-	-		
5	07/04/2025	sec	sec	sec		-	-	-		
6	30/06/2025	sec	6,08	sec		-	149.47	-		
7	24/07/2025	sec	6,10	sec		-	149.45	-		
8	07/08/2025	sec	6,13	sec		-	149.42	-		
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										

Prolonger de :	6 mois, 1 an, jusqu'à demolition
Accès	Libre, contact client
Type	Bouche à clé (BC), capot (CP) + clé
etat	Détruit, bouché

Remarque:(code, clé, contact...)

Adresse postale : BP 540 – 83041 TOULON Cedex 9 – Tél. : 04 94 27 87 40 – contact@geoterrria.com

*Adresse géographique : 42, avenue Irène et Jean-Frédéric Joliot Curie – Z.I. Toulon Est – 83130 LA GARDE
E.U.R.L au capital de 10 000 € - RCS Toulon B 420 586 547 – Siret 420 586 547 00036 – APE 7112B – TVA intracommunautaire FR46 420 586 547*

Données

Titre du projet : Pieux La Garde Senec

Numéro d'affaire : A25.0195

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux Bâtiment d'accès - SP1 - SI 3 (Cas 3)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-262/A1 (juillet 2018)

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par mesures

Pas du calcul (m) : 0,20

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,30

Classe du pieu : 8 - Pieu/micropieu injecté

Catégorie du pieu : 19 [PIGU, MIGU] - Pieu ou micropieu injecté mode IGU (type III)

Mode de chargement : Travail en compression

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs,k	0,636	0,778	0,909	1,000
Pondérations combinées sur Qp,k	0,000	0,000	0,000	0,000

Cote de référence (m) : 0,00

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax	γR,d1*γR,d2
1	Couche 1		Argile, limons	-0,50	310,00	0,01	0,01	2,200
2	Couche 2		Argile, limons	-1,50	460,00	89,39	0,01	2,200
3	Couche 3		Marne et calcaire marneux	-2,70	820,00	190,00	0,01	2,200
4	Couche 4		Marne et calcaire marneux	-15,00	2600,00	241,82	0,01	2,200

Critère de calcul : Longueur imposée

Longueur du pieu (m) : 8,00

Appliquer un facteur réducteur d'effet de groupe : Non

Contrôle de la résistance structurale de la section : Non

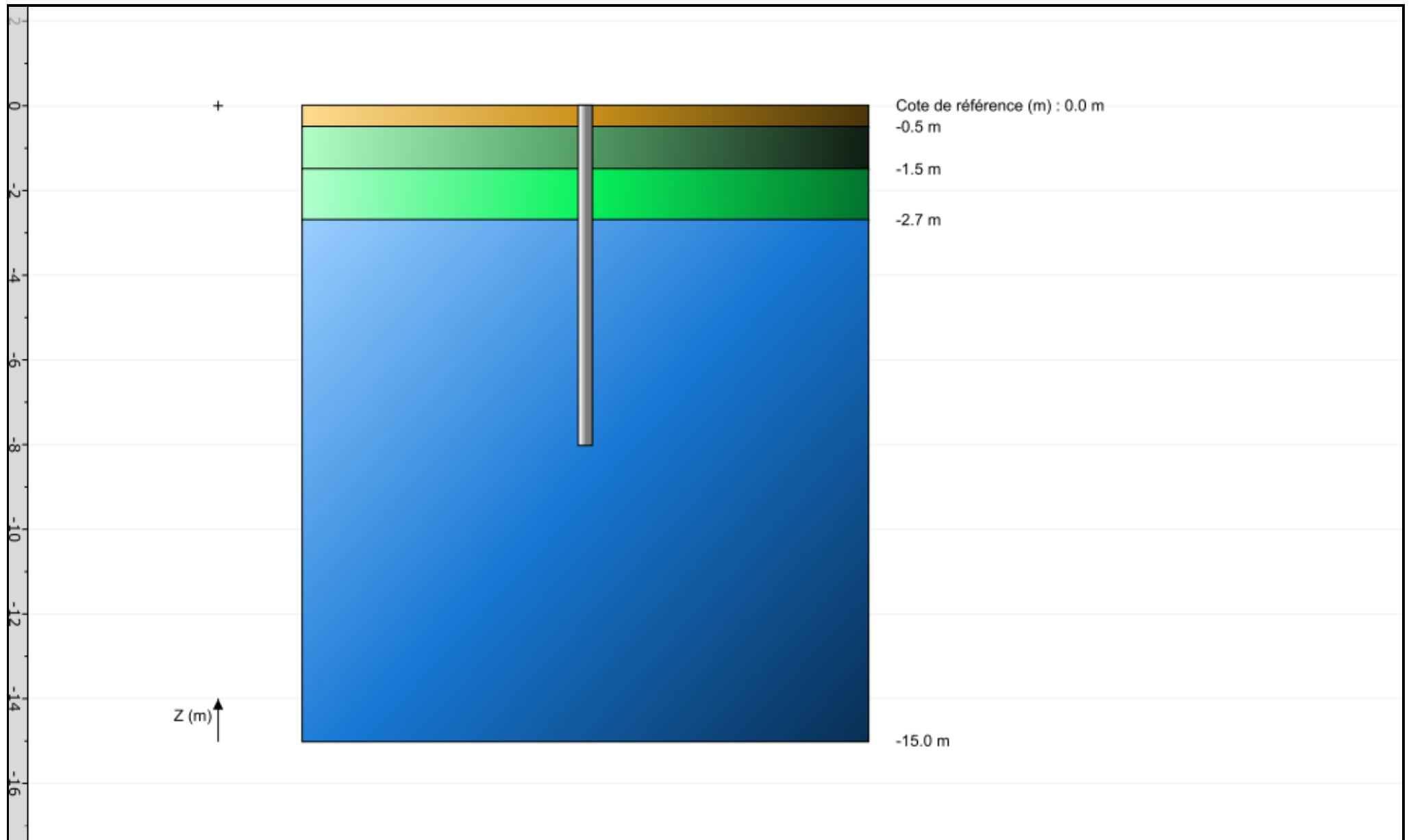


FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 24/10/2025 - 10:55:19
Calcul réalisé par : GEOSUP

Projet : Micropieux Bâtiment d'accès
Module : Fondprof (Cas 3/3)
Titre du calcul : Micropieux Bâtiment d'accès - SP1 - SI 3

Onglet "Calcul"



File : C:\Users\u2\AppData\Local\Temp\6\Terrasol\FoXta v4\18900\FP.5.resu

Calcul réalisé le : 24/10/2025 à 10h53
par : GEOSUP

Options du calcul :

- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
- calcul selon les règles de la norme NF P 94 262
- profil de pression limite pl* défini par points de mesure
- pour pieu de catégorie : 19
- pour pieu travaillant en compression

Combinaisons	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
Frottement	0.636	0.778	0.909	1.000
Pointe	0.000	0.000	0.000	0.000

Cote de référence : 0.000

Section du pieu : 0.071
Périmètre : 0.942

Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	pl*	qsl	kpmin	kpmax	gamrd
01	-0.50	310.0	0.01	1.00	0.01	2.20
02	-1.50	460.0	89.39	1.00	0.01	2.20
03	-2.70	820.0	190.00	1.00	0.01	2.20
04	-15.00	2600.0	241.82	1.00	0.01	2.20

Pas du calcul : 0.20

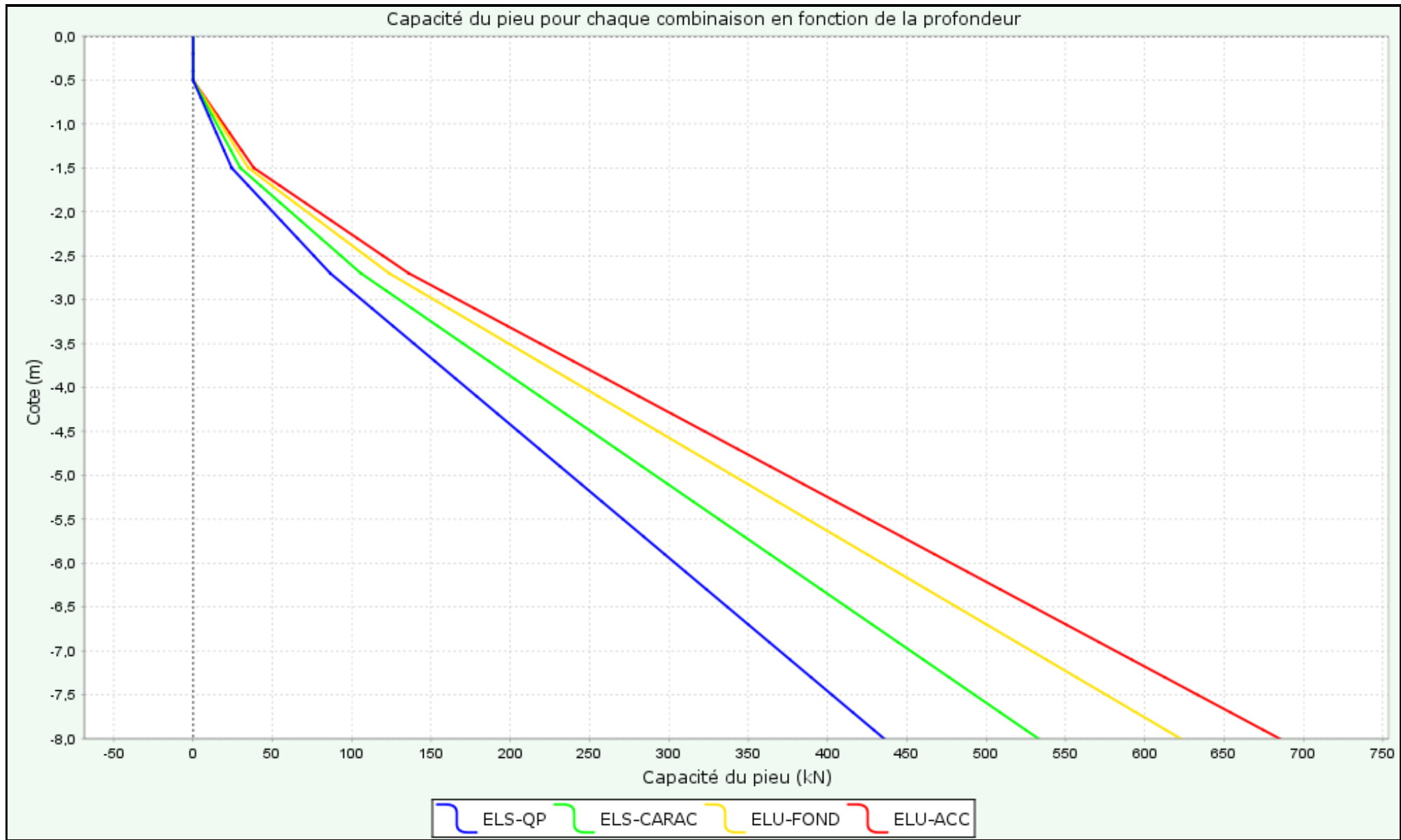
SOLUTION

Calcul à longueur imposée : L = 8.00

couche	cote	qsl	ple	kp	Qs	Qp	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
01	0.00	0.01	360.0	0.010	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.20	0.01	375.3	0.010	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.40	0.01	393.7	0.010	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.50	0.01	403.8	0.010	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
02	-0.50	89.39	435.0	0.010	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
02	-0.70	89.39	459.1	0.010	16.9	0.3	4.9	6.0	7.0	7.7
02	-0.90	89.39	484.5	0.010	33.7	0.3	9.7	11.9	13.9	15.3
02	-1.10	89.39	519.6	0.010	50.6	0.4	14.6	17.9	20.9	23.0
02	-1.30	89.39	567.2	0.010	67.4	0.4	19.5	23.8	27.8	30.6
02	-1.50	89.39	615.1	0.010	84.3	0.4	24.4	29.8	34.8	38.3
02	-1.50	89.39	615.1	0.010	84.3	0.4	24.4	29.8	34.8	38.3
03	-1.50	190.00	680.3	0.010	84.3	0.5	24.4	29.8	34.8	38.3
03	-1.70	190.00	703.6	0.010	120.1	0.5	34.7	42.5	49.6	54.6
03	-1.90	190.00	725.0	0.010	155.9	0.5	45.1	55.1	64.4	70.9
03	-2.10	190.00	757.1	0.010	191.7	0.5	55.4	67.8	79.2	87.1
03	-2.30	190.00	801.5	0.010	227.5	0.6	65.8	80.5	94.0	103.4
03	-2.50	190.00	842.9	0.010	263.3	0.6	76.1	93.1	108.8	119.7
03	-2.70	190.00	881.2	0.010	299.1	0.6	86.5	105.8	123.6	136.0
03	-2.70	190.00	881.2	0.010	299.1	0.6	86.5	105.8	123.6	136.0
04	-2.70	241.82	928.5	0.010	299.1	0.7	86.5	105.8	123.6	136.0
04	-2.90	241.82	943.0	0.010	344.7	0.7	99.7	121.9	142.4	156.7

04	-3.10	241.82	957.5	0.010	390.3	0.7	112.8	138.0	161.3	177.4
04	-3.30	241.82	978.5	0.010	435.9	0.7	126.0	154.1	180.1	198.1
04	-3.50	241.82	1007.4	0.010	481.5	0.7	139.2	170.3	198.9	218.8
04	-3.70	241.82	1036.3	0.010	527.0	0.7	152.4	186.4	217.8	239.6
04	-3.90	241.82	1065.3	0.010	572.6	0.8	165.5	202.5	236.6	260.3
04	-4.10	241.82	1094.2	0.010	618.2	0.8	178.7	218.6	255.4	281.0
04	-4.30	241.82	1123.2	0.010	663.8	0.8	191.9	234.7	274.3	301.7
04	-4.50	241.82	1152.1	0.010	709.4	0.8	205.1	250.9	293.1	322.4
04	-4.70	241.82	1181.1	0.010	755.0	0.8	218.3	267.0	311.9	343.2
04	-4.90	241.82	1210.0	0.010	800.5	0.9	231.4	283.1	330.8	363.9
04	-5.10	241.82	1239.0	0.010	846.1	0.9	244.6	299.2	349.6	384.6
04	-5.30	241.82	1267.9	0.010	891.7	0.9	257.8	315.3	368.4	405.3
04	-5.50	241.82	1296.8	0.010	937.3	0.9	271.0	331.5	387.3	426.0
04	-5.70	241.82	1325.8	0.010	982.9	0.9	284.1	347.6	406.1	446.8
04	-5.90	241.82	1354.7	0.010	1028.4	1.0	297.3	363.7	424.9	467.5
04	-6.10	241.82	1383.7	0.010	1074.0	1.0	310.5	379.8	443.8	488.2
04	-6.30	241.82	1412.6	0.010	1119.6	1.0	323.7	395.9	462.6	508.9
04	-6.50	241.82	1441.6	0.010	1165.2	1.0	336.8	412.1	481.4	529.6
04	-6.70	241.82	1470.5	0.010	1210.8	1.0	350.0	428.2	500.3	550.4
04	-6.90	241.82	1499.4	0.010	1256.4	1.1	363.2	444.3	519.1	571.1
04	-7.10	241.82	1528.4	0.010	1301.9	1.1	376.4	460.4	537.9	591.8
04	-7.30	241.82	1557.3	0.010	1347.5	1.1	389.6	476.5	556.8	612.5
04	-7.50	241.82	1586.3	0.010	1393.1	1.1	402.7	492.7	575.6	633.2
04	-7.70	241.82	1615.2	0.010	1438.7	1.1	415.9	508.8	594.4	653.9
04	-7.90	241.82	1644.2	0.010	1484.3	1.2	429.1	524.9	613.3	674.7
04	-8.00	241.82	1658.6	0.010	1507.1	1.2	435.7	533.0	622.7	685.0

Capacité du pieu pour chaque combinaison en fonction de la profondeur



Données

Titre du projet : Pieux La Garde Senec

Numéro d'affaire : A25.0195

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux Bâtiment d'accès - SP1 - SI-3 (Cas 3)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations accidentelles très brèves en tête dominant

Cote de référence (m) : 0,00

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'incréments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Non

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Couche 1		-0,50	4,94E03	0,50	0,30	180,00	310,00
2	Couche 2		-1,50	5,66E03	0,50	0,30	270,00	460,00
3	Couche 3		-2,70	9,98E03	0,50	0,30	480,00	820,00
4	Couche 4		-8,00	3,65E04	0,50	0,30	1520,00	2600,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
Couche 1	0,50	1,73E03	10
Couche 2	1,00	1,73E03	10
Couche 3	1,20	1,73E03	10
Couche 4	5,30	1,73E03	10

Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	0,00	70,50	0,00	0,00E00	1,00E10
1	-0,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	-1,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-2,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-8,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

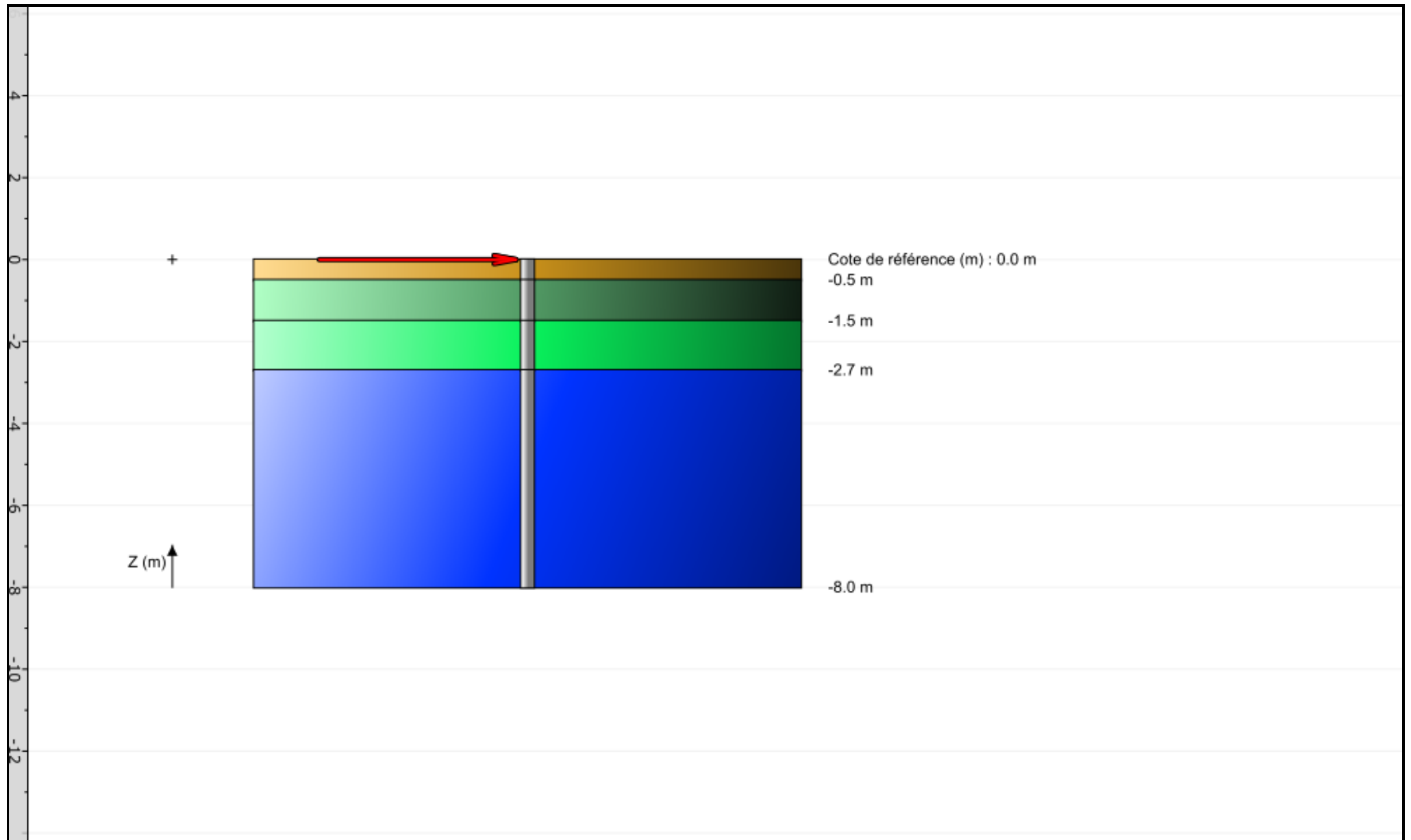


FoXta v4
v4.1.17

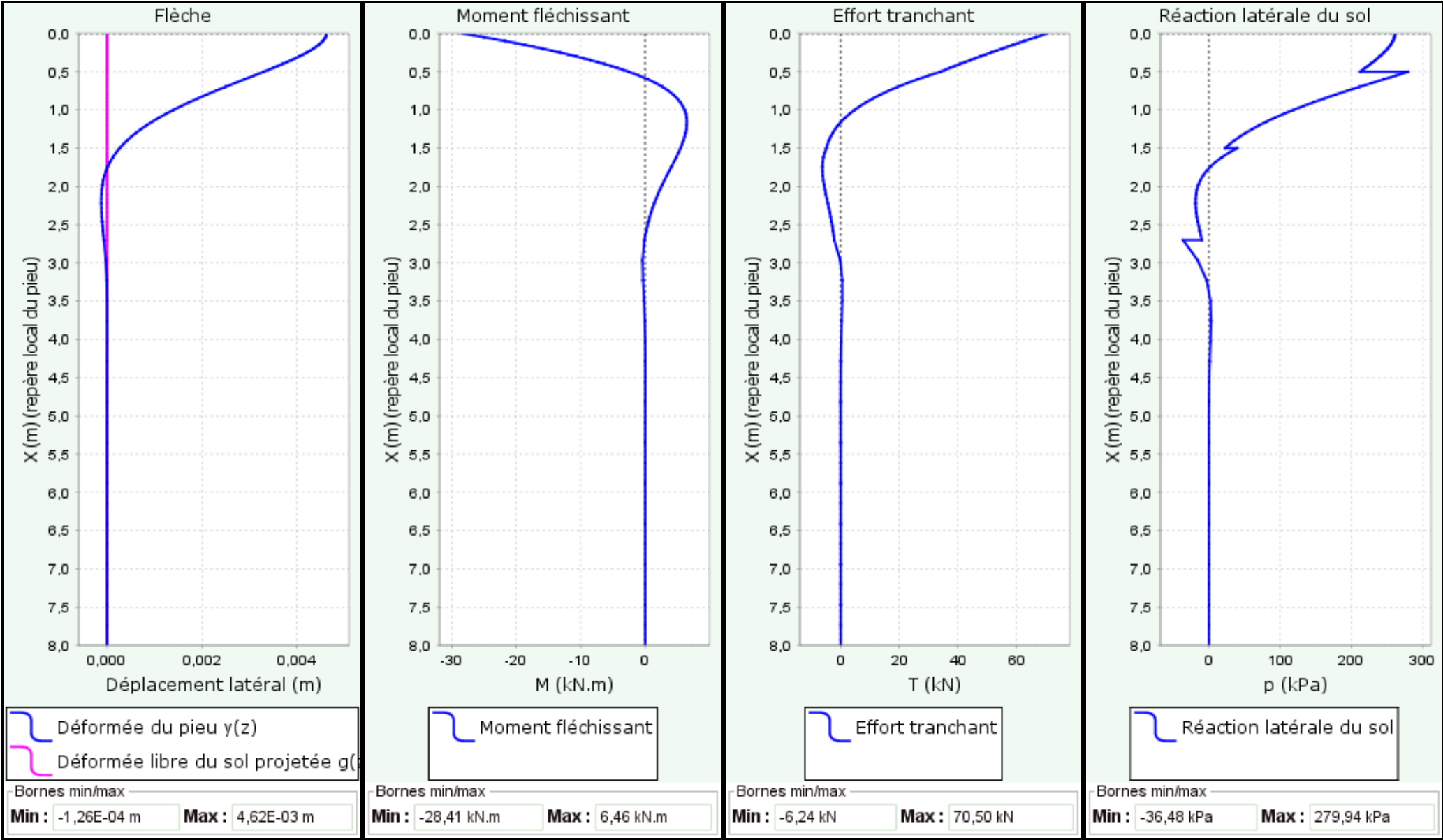
Imprimé le : 24/10/2025 - 10:56:40
Calcul réalisé par : GEOSUP

Projet : Micropieux Bâtiment d'accès
Module : Piecoef+ (Cas 3/3)
Titre du calcul : Micropieux Bâtiment d'accès - SP1 - SI-3

Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Pieux La Garde Senec

Numéro d'affaire : A25.0195

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux Belvédère - SP5 - SI 5 (Cas 2)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-262/A1 (juillet 2018)

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par mesures

Pas du calcul (m) : 0,20

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,30

Classe du pieu : 8 - Pieu/micropieu injecté

Catégorie du pieu : 19 [PIGU, MIGU] - Pieu ou micropieu injecté mode IGU (type III)

Mode de chargement : Travail en compression

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs,k	0,636	0,778	0,909	1,000
Pondérations combinées sur Qp,k	0,000	0,000	0,000	0,000

Cote de référence (m) : 0,00

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax	γR,d1*γR,d2
1	Couche 1		Argile, limons	-0,50	310,00	0,01	0,01	2,200
2	Couche 2		Argile, limons	-4,30	460,00	89,39	0,01	2,200
3	Couche 3		Marne et calcaire marneux	-6,40	820,00	190,00	0,01	2,200
4	Couche 4		Marne et calcaire marneux	-15,00	2600,00	241,82	0,01	2,200

Critère de calcul : Longueur imposée

Longueur du pieu (m) : 10,40

Appliquer un facteur réducteur d'effet de groupe : Non

Contrôle de la résistance structurale de la section : Non

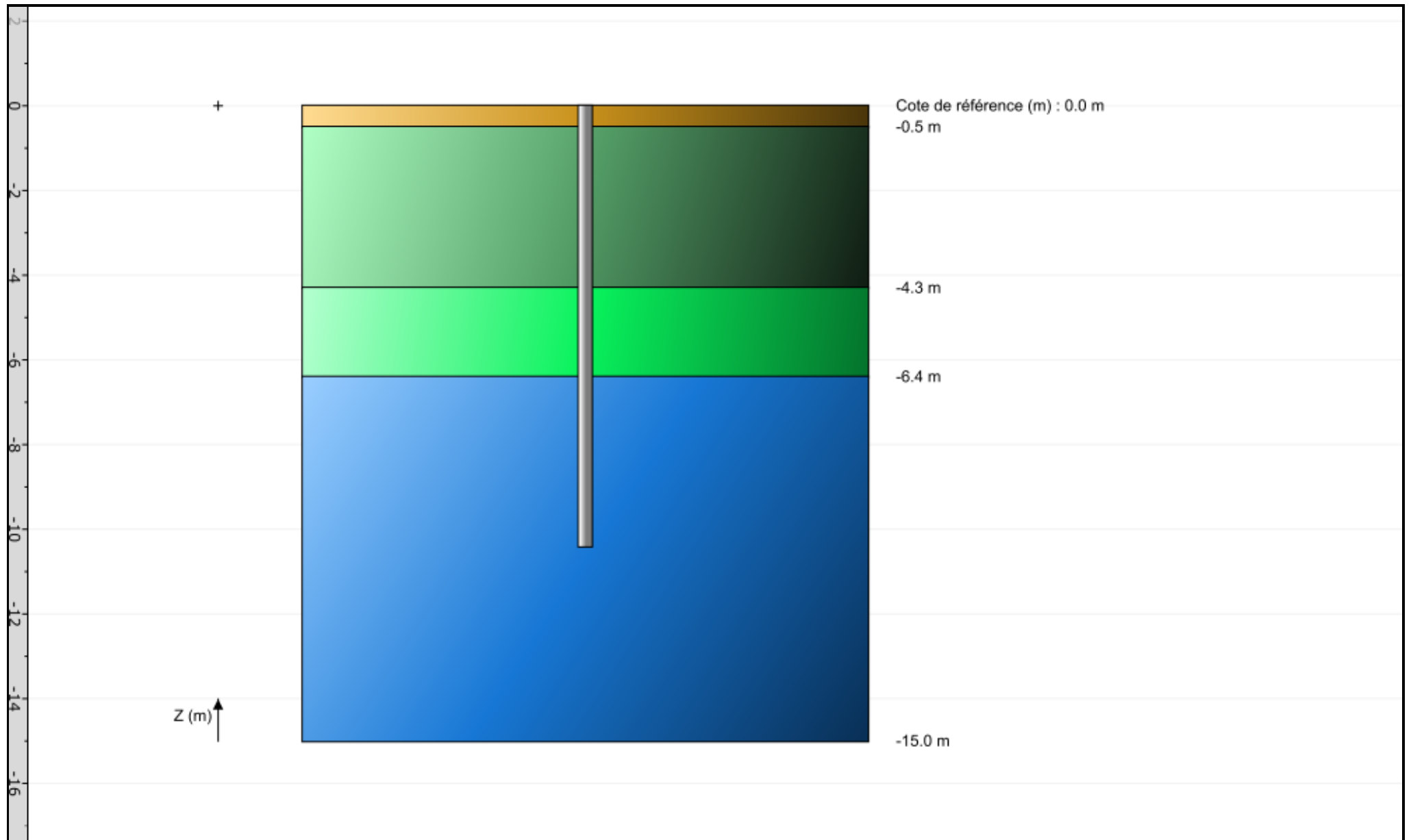


FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 24/10/2025 - 10:36:56
Calcul réalisé par : GEOSUP

Projet : Micropieux Belvédère
Module : Fondprof (Cas 2/2)
Titre du calcul : Micropieux Belvédère - SP5 - SI 5

Onglet "Calcul"



File : C:\Users\u2\AppData\Local\Temp\6\Terrasol\FoXta v4\19464\FP.6.resu

Calcul réalisé le : 24/10/2025 à 10h36
par : GEOSUP

Options du calcul :

- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
- calcul selon les règles de la norme NF P 94 262
- profil de pression limite pl* défini par points de mesure
- pour pieu de catégorie : 19
- pour pieu travaillant en compression

Combinaisons	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
Frottement	0.636	0.778	0.909	1.000
Pointe	0.000	0.000	0.000	0.000

Cote de référence : 0.000

Section du pieu : 0.071
Périmètre : 0.942

Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	pl*	qsl	kpmin	kpmax	gamrd
01	-0.50	310.0	0.01	1.00	0.01	2.20
02	-4.30	460.0	89.39	1.00	0.01	2.20
03	-6.40	820.0	190.00	1.00	0.01	2.20
04	-15.00	2600.0	241.82	1.00	0.01	2.20

Pas du calcul : 0.20

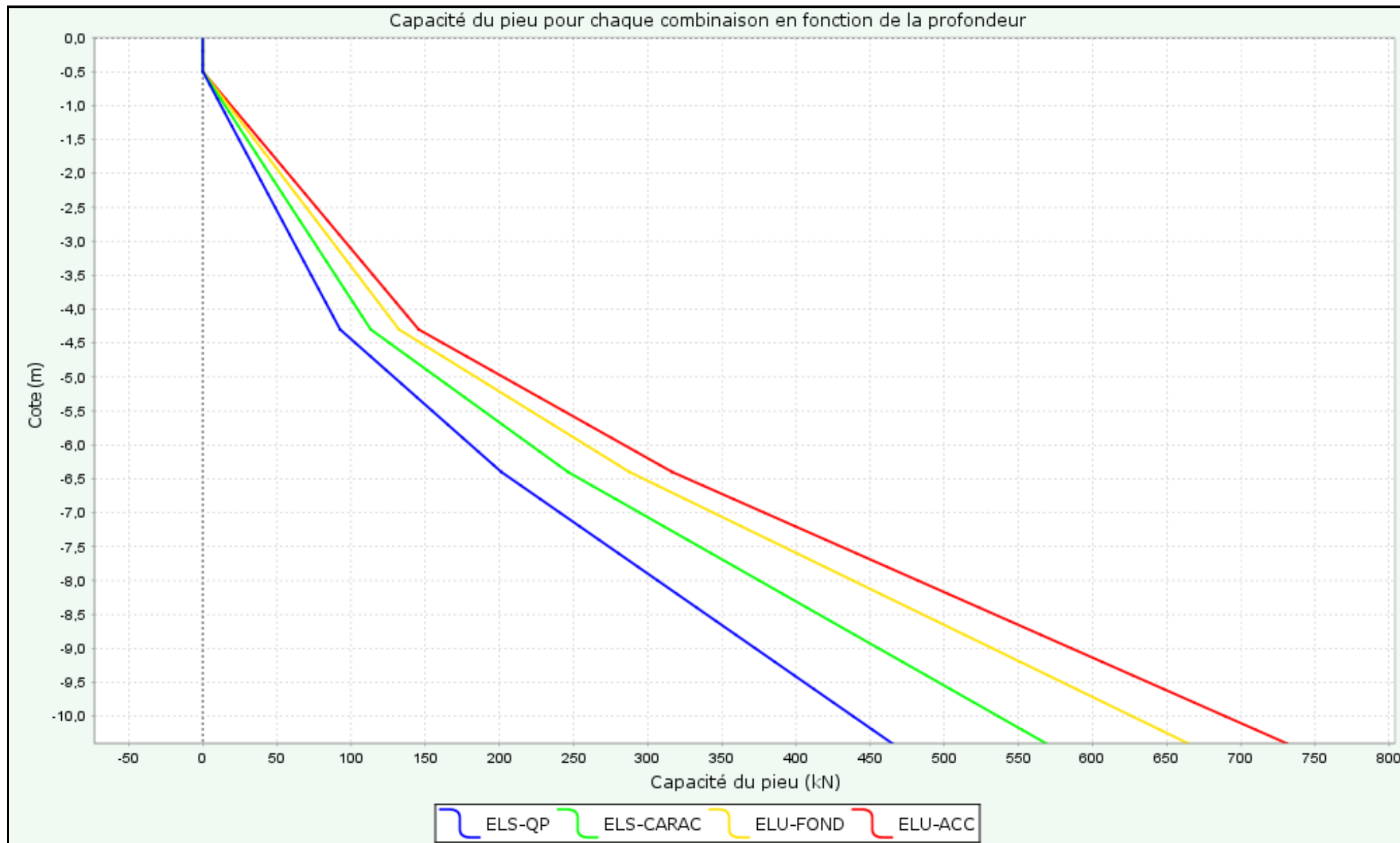
SOLUTION

Calcul à longueur imposée : L = 10.40

couche	cote	qsl	ple	kp	Qs	Qp	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
01	0.00	0.01	323.2	0.010	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.20	0.01	326.7	0.010	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.40	0.01	330.4	0.010	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.50	0.01	332.2	0.010	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
02	-0.50	89.39	339.6	0.010	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
02	-0.70	89.39	343.6	0.010	16.9	0.2	4.9	6.0	7.0	7.7
02	-0.90	89.39	347.5	0.010	33.7	0.2	9.7	11.9	13.9	15.3
02	-1.10	89.39	353.2	0.010	50.6	0.2	14.6	17.9	20.9	23.0
02	-1.30	89.39	361.1	0.010	67.4	0.3	19.5	23.8	27.8	30.6
02	-1.50	89.39	369.0	0.010	84.3	0.3	24.4	29.8	34.8	38.3
02	-1.70	89.39	376.9	0.010	101.1	0.3	29.2	35.8	41.8	46.0
02	-1.90	89.39	384.8	0.010	118.0	0.3	34.1	41.7	48.7	53.6
02	-2.10	89.39	392.7	0.010	134.8	0.3	39.0	47.7	55.7	61.3
02	-2.30	89.39	400.6	0.010	151.7	0.3	43.8	53.6	62.7	68.9
02	-2.50	89.39	408.5	0.010	168.5	0.3	48.7	59.6	69.6	76.6
02	-2.70	89.39	416.4	0.010	185.4	0.3	53.6	65.5	76.6	84.3
02	-2.90	89.39	424.6	0.010	202.2	0.3	58.5	71.5	83.5	91.9
02	-3.10	89.39	435.1	0.010	219.0	0.3	63.3	77.5	90.5	99.6
02	-3.30	89.39	448.3	0.010	235.9	0.3	68.2	83.4	97.5	107.2
02	-3.50	89.39	464.1	0.010	252.7	0.3	73.1	89.4	104.4	114.9
02	-3.70	89.39	482.6	0.010	269.6	0.3	77.9	95.3	111.4	122.5

02	-3.90	89.39	503.7	0.010	286.4	0.4	82.8	101.3	118.4	130.2
02	-4.10	89.39	527.4	0.010	303.3	0.4	87.7	107.3	125.3	137.9
02	-4.30	89.39	553.8	0.010	320.1	0.4	92.6	113.2	132.3	145.5
02	-4.30	89.39	553.8	0.010	320.1	0.4	92.6	113.2	132.3	145.5
03	-4.30	190.00	588.6	0.010	320.1	0.4	92.6	113.2	132.3	145.5
03	-4.50	190.00	605.7	0.010	356.0	0.4	102.9	125.9	147.1	161.8
03	-4.70	190.00	622.9	0.010	391.8	0.4	113.3	138.5	161.9	178.1
03	-4.90	190.00	647.7	0.010	427.6	0.5	123.6	151.2	176.7	194.4
03	-5.10	190.00	682.4	0.010	463.4	0.5	134.0	163.9	191.5	210.6
03	-5.30	190.00	717.7	0.010	499.2	0.5	144.3	176.5	206.3	226.9
03	-5.50	190.00	753.8	0.010	535.0	0.5	154.7	189.2	221.1	243.2
03	-5.70	190.00	790.5	0.010	570.8	0.6	165.0	201.9	235.9	259.5
03	-5.90	190.00	828.0	0.010	606.7	0.6	175.4	214.5	250.7	275.8
03	-6.10	190.00	866.2	0.010	642.5	0.6	185.7	227.2	265.5	292.0
03	-6.30	190.00	905.1	0.010	678.3	0.6	196.1	239.9	280.3	308.3
03	-6.40	190.00	925.7	0.010	696.2	0.7	201.3	246.2	287.7	316.5
04	-6.40	241.82	975.2	0.010	696.2	0.7	201.3	246.2	287.7	316.5
04	-6.60	241.82	995.9	0.010	741.8	0.7	214.4	262.3	306.5	337.2
04	-6.80	241.82	1016.6	0.010	787.4	0.7	227.6	278.4	325.3	357.9
04	-7.00	241.82	1046.6	0.010	832.9	0.7	240.8	294.6	344.2	378.6
04	-7.20	241.82	1088.0	0.010	878.5	0.8	254.0	310.7	363.0	399.3
04	-7.40	241.82	1129.4	0.010	924.1	0.8	267.2	326.8	381.8	420.0
04	-7.60	241.82	1170.8	0.010	969.7	0.8	280.3	342.9	400.7	440.8
04	-7.80	241.82	1212.2	0.010	1015.3	0.9	293.5	359.0	419.5	461.5
04	-8.00	241.82	1253.6	0.010	1060.9	0.9	306.7	375.2	438.3	482.2
04	-8.20	241.82	1295.0	0.010	1106.4	0.9	319.9	391.3	457.2	502.9
04	-8.40	241.82	1336.4	0.010	1152.0	0.9	333.0	407.4	476.0	523.6
04	-8.60	241.82	1377.8	0.010	1197.6	1.0	346.2	423.5	494.8	544.4
04	-8.80	241.82	1419.2	0.010	1243.2	1.0	359.4	439.6	513.7	565.1
04	-9.00	241.82	1460.6	0.010	1288.8	1.0	372.6	455.8	532.5	585.8
04	-9.20	241.82	1502.0	0.010	1334.3	1.1	385.7	471.9	551.3	606.5
04	-9.40	241.82	1543.4	0.010	1379.9	1.1	398.9	488.0	570.2	627.2
04	-9.60	241.82	1584.8	0.010	1425.5	1.1	412.1	504.1	589.0	648.0
04	-9.80	241.82	1626.2	0.010	1471.1	1.1	425.3	520.2	607.8	668.7
04	-10.00	241.82	1667.6	0.010	1516.7	1.2	438.5	536.4	626.7	689.4
04	-10.20	241.82	1709.0	0.010	1562.3	1.2	451.6	552.5	645.5	710.1
04	-10.40	241.82	1750.4	0.010	1607.8	1.2	464.8	568.6	664.3	730.8
04	-10.40	241.82	1750.4	0.010	1607.8	1.2	464.8	568.6	664.3	730.8

Capacité du pieu pour chaque combinaison en fonction de la profondeur



Données

Titre du projet : Pieux La Garde Senec

Numéro d'affaire : A25.0195

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux Belvédère - SP5 - SI-15 (Cas 2)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations accidentelles très brèves en tête dominant

Cote de référence (m) : 0,00

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'incréments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Non

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Couche 1		-0,50	4,94E03	0,50	0,30	180,00	310,00
2	Couche 2		-4,30	5,66E03	0,50	0,30	270,00	460,00
3	Couche 3		-6,40	9,98E03	0,50	0,30	480,00	820,00
4	Couche 4		-10,40	3,65E04	0,50	0,30	1520,00	2600,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
Couche 1	0,50	1,73E03	10
Couche 2	3,80	1,73E03	10
Couche 3	2,10	1,73E03	10
Couche 4	4,00	1,73E03	10

Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	0,00	159,33	0,00	0,00E00	1,00E10
1	-0,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	-4,30	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-6,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-10,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

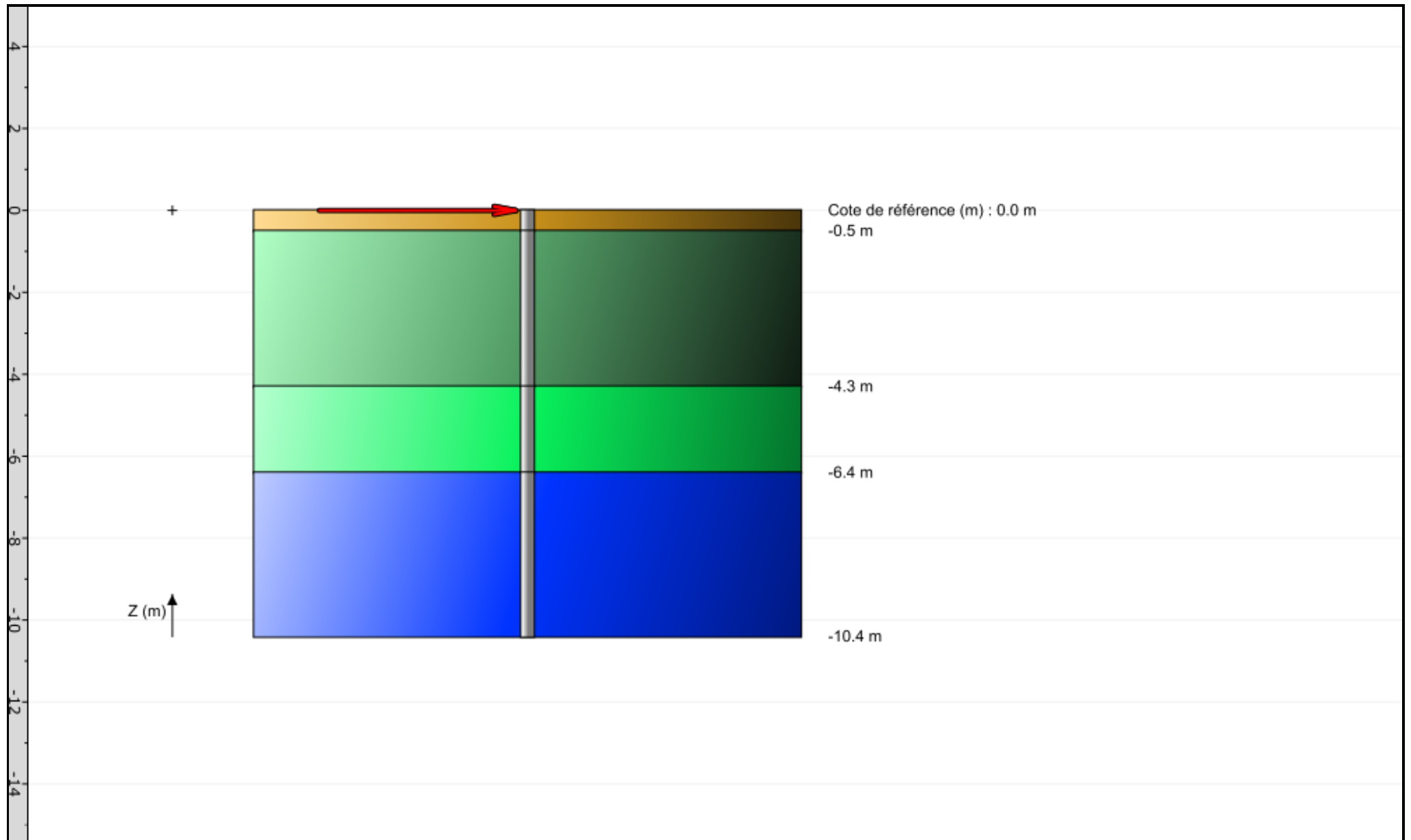


FoXta v4
v4.1.17

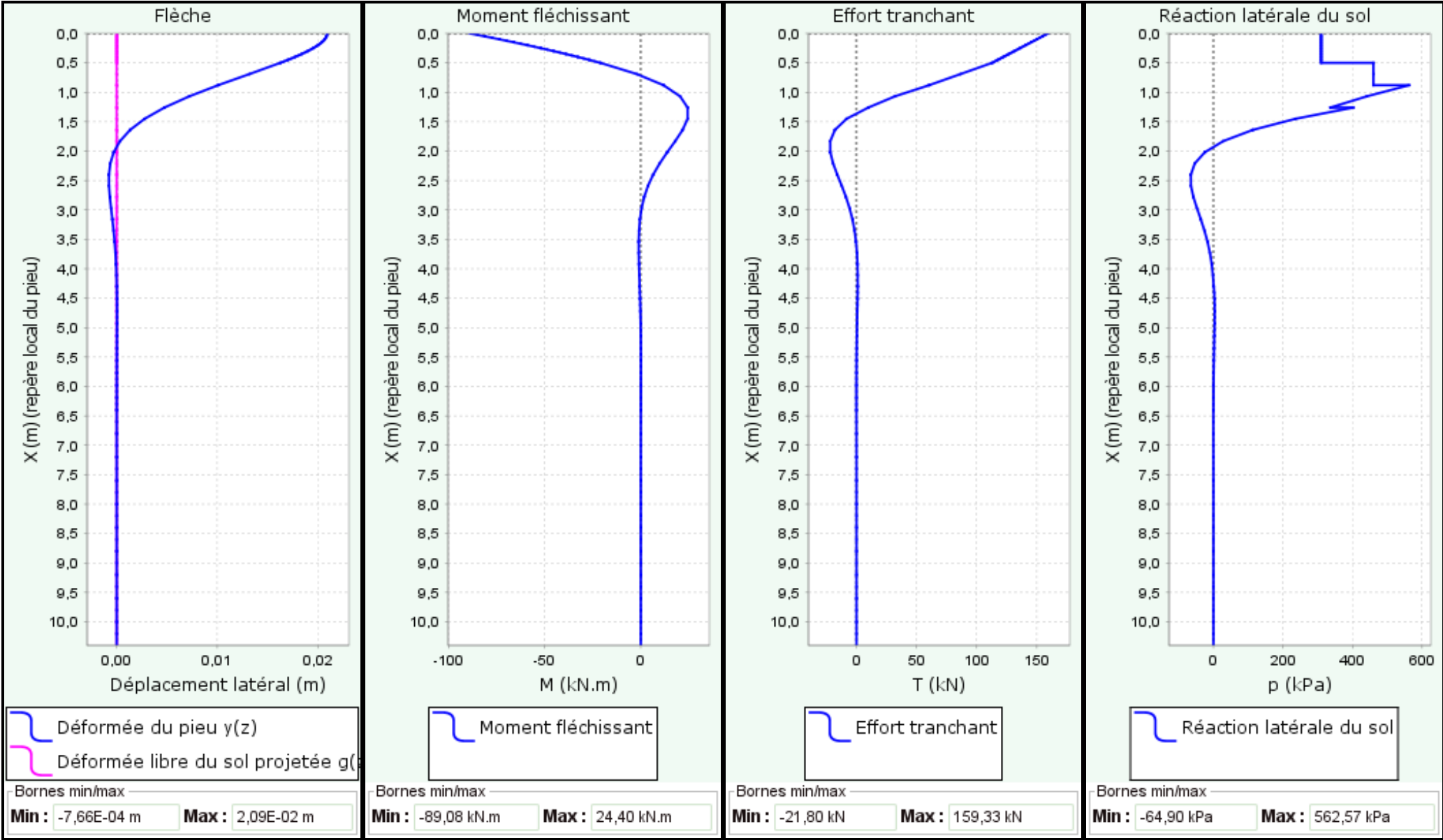
Imprimé le : 24/10/2025 - 10:38:32
Calcul réalisé par : GEOSUP

Projet : Micropieux Belvédère
Module : Piecoef+ (Cas 2/2)
Titre du calcul : Micropieux Belvédère - SP5 - SI-15

Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Pieux La Garde Senec
Numéro d'affaire : A25.0195
Commentaires : N/A
Titre du calcul : Micropieux Passerelle - SP3 - SI 13 (Cas 1)
Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-262/A1 (juillet 2018)
Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques
Traitement des données : Traitement par mesures
Pas du calcul (m) : 0,20
Section de calcul : Section de calcul circulaire
Diamètre de calcul (m) : 0,30
Classe du pieu : 8 - Pieu/micropieu injecté
Catégorie du pieu : 19 [PIGU, MIGU] - Pieu ou micropieu injecté mode IGU (type III)
Mode de chargement : Travail en compression
Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs,k	0,636	0,778	0,909	1,000
Pondérations combinées sur Qp,k	0,000	0,000	0,000	0,000

Cote de référence (m) : 0,00

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax	γR,d1×γR,d2
1	Couche 1		Argile, limons	-1,00	310,00	0,01	0,01	2,200
2	Couche 2		Argile, limons	-3,00	460,00	89,39	0,01	2,200
3	Couche 3		Marne et calcaire marneux	-15,00	820,00	190,00	0,01	2,200

Critère de calcul : Longueur imposée
Longueur du pieu (m) : 10,50
Appliquer un facteur réducteur d'effet de groupe : Non
Contrôle de la résistance structurale de la section : Non

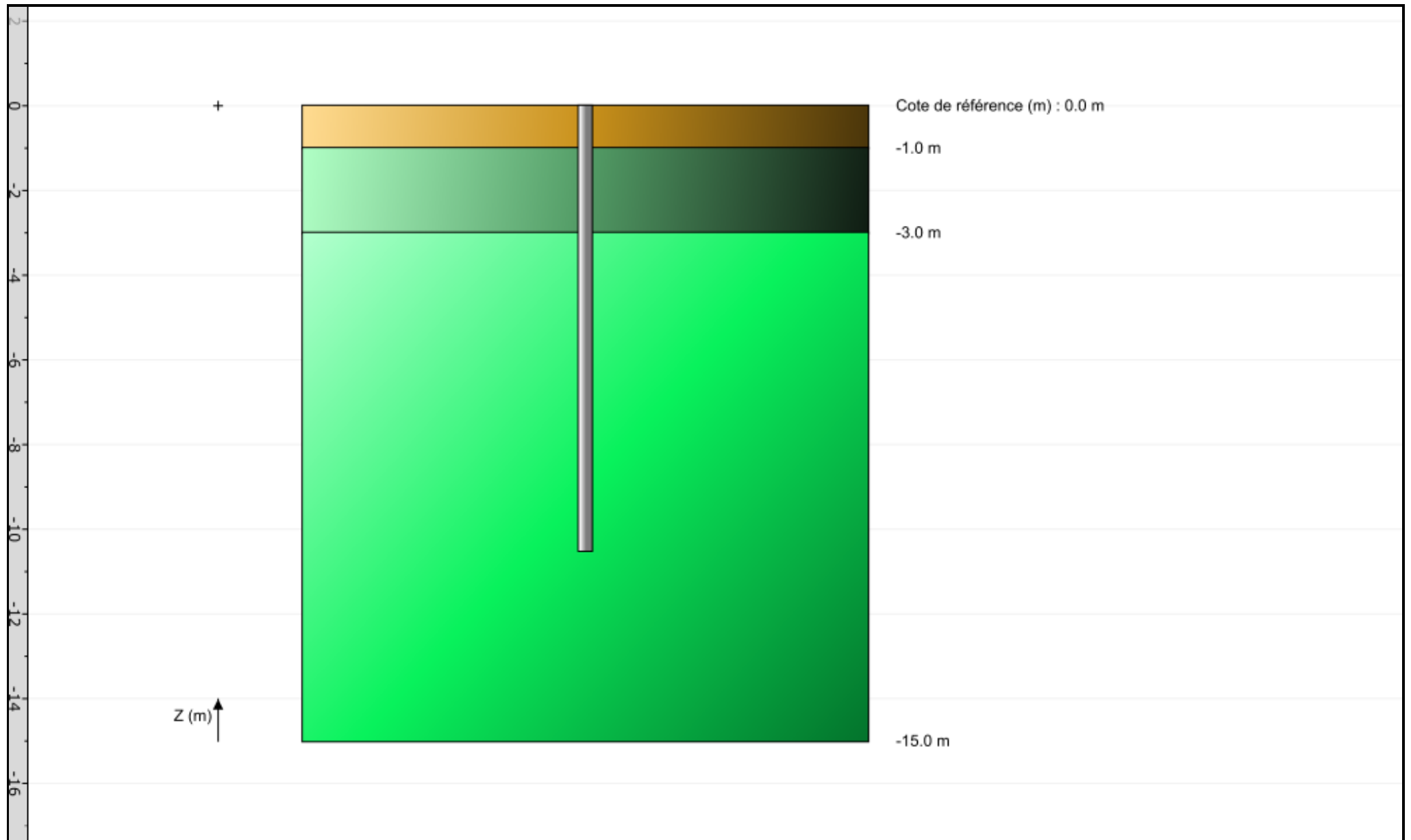


FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 24/10/2025 - 10:40:37
Calcul réalisé par : GEOSUP

Projet : Micropieux Passerelle
Module : Fondprof (Cas 1/1)
Titre du calcul : Micropieux Passerelle - SP3 - SI 13

Onglet "Paramètres généraux"



File : C:\Users\u2\AppData\Local\Temp\6\Terrasol\FoXta v4\53148\FP.0.resu
Calcul réalisé le : 24/10/2025 à 10h39
par : GEOSUP

- Options du calcul :
- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
 - calcul selon les règles de la norme NF P 94 262
 - profil de pression limite pl* défini par points de mesure
 - pour pieu de catégorie : 19
 - pour pieu travaillant en compression

Combinaisons	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
Frottement	0.636	0.778	0.909	1.000
Pointe	0.000	0.000	0.000	0.000

Cote de référence : 0.000
Section du pieu : 0.071
Périmètre : 0.942

Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	pl*	qsl	kpmin	kpmax	gamrd
01	-1.00	310.0	0.01	1.00	0.01	2.20
02	-3.00	460.0	89.39	1.00	0.01	2.20
03	-15.00	820.0	190.00	1.00	0.01	2.20

Pas du calcul : 0.20

SOLUTION

Calcul à longueur imposée : L = 10.50

couche	cote	qsl	ple	kp	Qs	Qp	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
01	0.00	0.01	316.3	0.010	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.20	0.01	320.8	0.010	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.40	0.01	326.0	0.010	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.60	0.01	332.7	0.010	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.80	0.01	341.7	0.010	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-1.00	0.01	352.2	0.010	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-1.00	0.01	352.2	0.010	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
02	-1.00	89.39	366.2	0.010	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
02	-1.20	89.39	373.8	0.010	16.9	0.3	4.9	6.0	7.0	7.7
02	-1.40	89.39	381.2	0.010	33.7	0.3	9.7	11.9	13.9	15.3
02	-1.60	89.39	392.0	0.010	50.6	0.3	14.6	17.9	20.9	23.0
02	-1.80	89.39	406.1	0.010	67.4	0.3	19.5	23.8	27.9	30.6
02	-2.00	89.39	419.3	0.010	84.3	0.3	24.4	29.8	34.8	38.3
02	-2.20	89.39	431.6	0.010	101.1	0.3	29.2	35.8	41.8	46.0
02	-2.40	89.39	443.0	0.010	118.0	0.3	34.1	41.7	48.7	53.6
02	-2.60	89.39	453.5	0.010	134.8	0.3	39.0	47.7	55.7	61.3
02	-2.80	89.39	463.1	0.010	151.7	0.3	43.8	53.6	62.7	68.9
02	-3.00	89.39	471.8	0.010	168.5	0.3	48.7	59.6	69.6	76.6
02	-3.00	89.39	471.8	0.010	168.5	0.3	48.7	59.6	69.6	76.6
03	-3.00	190.00	482.5	0.010	168.5	0.3	48.7	59.6	69.6	76.6
03	-3.20	190.00	485.5	0.010	204.3	0.3	59.1	72.3	84.4	92.9
03	-3.40	190.00	488.5	0.010	240.1	0.3	69.4	84.9	99.2	109.2

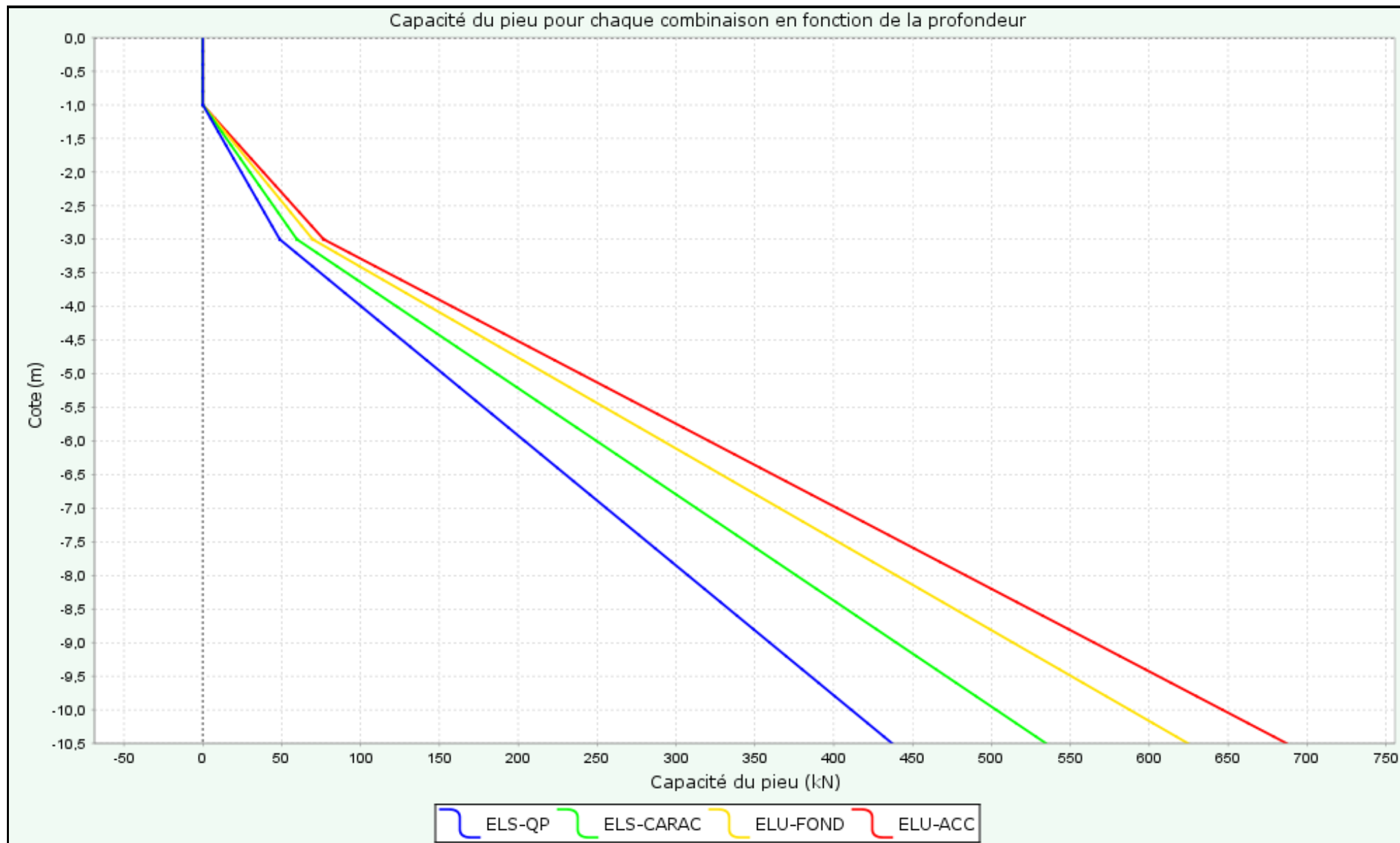


FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 24/10/2025 - 10:40:37
Calcul réalisé par : GEOSUP
Projet : Micropieux Passerelle
Module : Fondprof (Cas 1/1)
Titre du calcul : Micropieux Passerelle - SP3 - SI 13

03	-3.60	190.00	492.8	0.010	275.9	0.3	79.8	97.6	114.0	125.4
03	-3.80	190.00	498.8	0.010	311.8	0.4	90.1	110.3	128.8	141.7
03	-4.00	190.00	504.8	0.010	347.6	0.4	100.5	122.9	143.6	158.0
03	-4.20	190.00	510.9	0.010	383.4	0.4	110.8	135.6	158.4	174.3
03	-4.40	190.00	516.9	0.010	419.2	0.4	121.2	148.2	173.2	190.5
03	-4.60	190.00	522.9	0.010	455.0	0.4	131.5	160.9	188.0	206.8
03	-4.80	190.00	528.9	0.010	490.8	0.4	141.9	173.6	202.8	223.1
03	-5.00	190.00	534.9	0.010	526.6	0.4	152.2	186.2	217.6	239.4
03	-5.20	190.00	540.9	0.010	562.5	0.4	162.6	198.9	232.4	255.7
03	-5.40	190.00	546.9	0.010	598.3	0.4	173.0	211.6	247.2	271.9
03	-5.60	190.00	552.9	0.010	634.1	0.4	183.3	224.2	262.0	288.2
03	-5.80	190.00	558.9	0.010	669.9	0.4	193.7	236.9	276.8	304.5
03	-6.00	190.00	564.9	0.010	705.7	0.4	204.0	249.6	291.6	320.8
03	-6.20	190.00	570.9	0.010	741.5	0.4	214.4	262.2	306.4	337.1
03	-6.40	190.00	576.9	0.010	777.3	0.4	224.7	274.9	321.2	353.3
03	-6.60	190.00	582.9	0.010	813.2	0.4	235.1	287.6	336.0	369.6
03	-6.80	190.00	588.9	0.010	849.0	0.4	245.4	300.2	350.8	385.9
03	-7.00	190.00	594.9	0.010	884.8	0.4	255.8	312.9	365.6	402.2
03	-7.20	190.00	600.9	0.010	920.6	0.4	266.1	325.6	380.4	418.5
03	-7.40	190.00	606.9	0.010	956.4	0.4	276.5	338.2	395.2	434.7
03	-7.60	190.00	612.9	0.010	992.2	0.4	286.8	350.9	410.0	451.0
03	-7.80	190.00	618.9	0.010	1028.0	0.4	297.2	363.6	424.8	467.3
03	-8.00	190.00	624.9	0.010	1063.9	0.4	307.6	376.2	439.6	483.6
03	-8.20	190.00	630.9	0.010	1099.7	0.4	317.9	388.9	454.4	499.9
03	-8.40	190.00	636.9	0.010	1135.5	0.5	328.3	401.5	469.2	516.1
03	-8.60	190.00	642.9	0.010	1171.3	0.5	338.6	414.2	484.0	532.4
03	-8.80	190.00	648.9	0.010	1207.1	0.5	349.0	426.9	498.8	548.7
03	-9.00	190.00	654.9	0.010	1242.9	0.5	359.3	439.5	513.6	565.0
03	-9.20	190.00	660.8	0.010	1278.7	0.5	369.7	452.2	528.4	581.2
03	-9.40	190.00	666.8	0.010	1314.6	0.5	380.0	464.9	543.2	597.5
03	-9.60	190.00	672.8	0.010	1350.4	0.5	390.4	477.5	557.9	613.8
03	-9.80	190.00	678.9	0.010	1386.2	0.5	400.7	490.2	572.7	630.1
03	-10.00	190.00	684.9	0.010	1422.0	0.5	411.1	502.9	587.5	646.4
03	-10.20	190.00	690.8	0.010	1457.8	0.5	421.4	515.5	602.3	662.6
03	-10.40	190.00	696.8	0.010	1493.6	0.5	431.8	528.2	617.1	678.9
03	-10.50	190.00	699.9	0.010	1511.5	0.5	437.0	534.5	624.5	687.1

Capacité du pieu pour chaque combinaison en fonction de la profondeur



Données

Titre du projet : Pieux La Garde Senec

Numéro d'affaire : A25.0195

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux Passerelle - SP2 - SI-13 (Cas 1)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations accidentelles très brèves en tête dominant

Cote de référence (m) : 0,00

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'incréments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Non

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Couche 1		-1,00	4,94E03	0,50	0,30	180,00	310,00
2	Couche 2		-3,00	5,66E03	0,50	0,30	270,00	460,00
3	Couche 3		-10,50	9,98E03	0,50	0,30	480,00	820,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discretisation

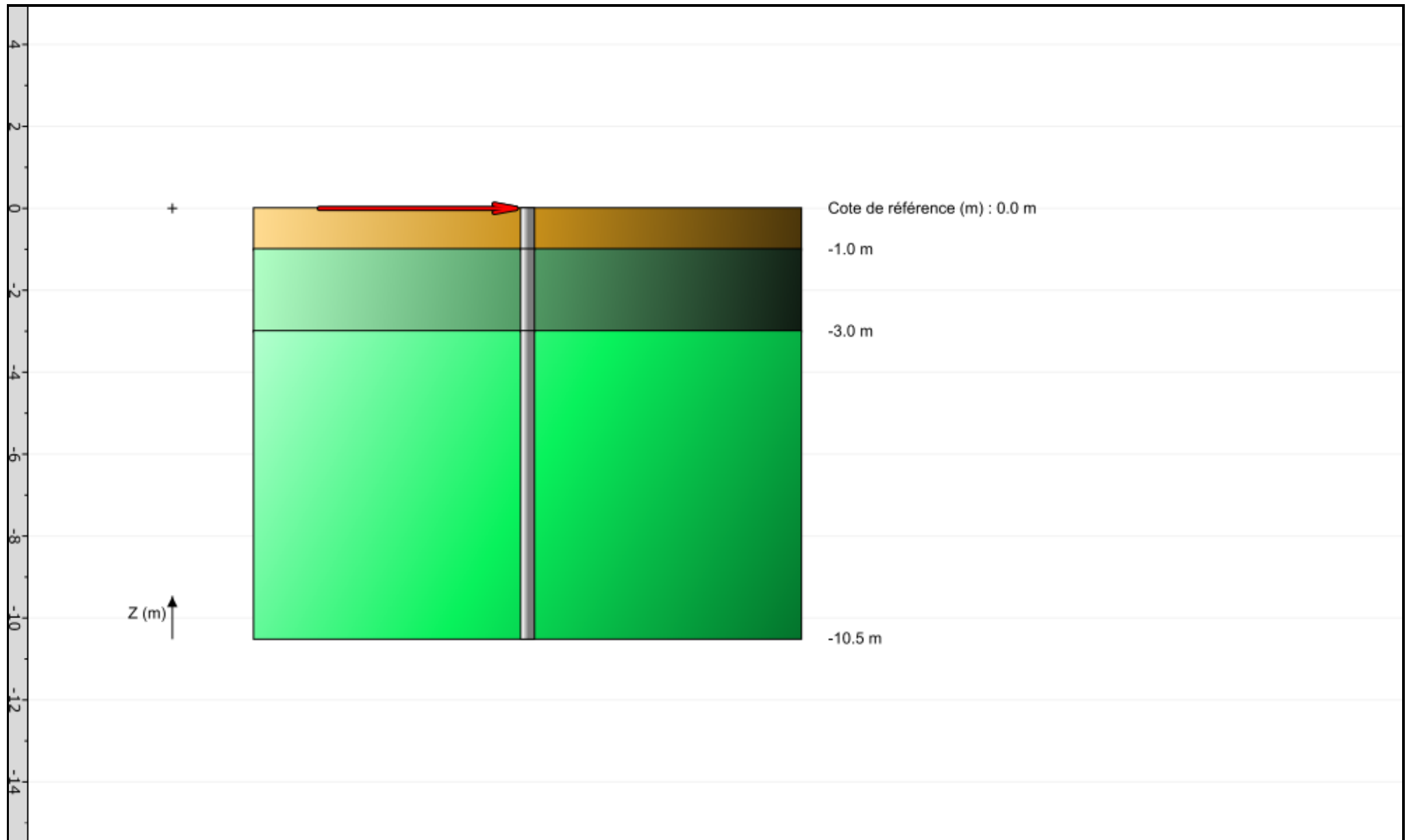
Nom	h	EI	n
Couche 1	1,00	1,73E03	10
Couche 2	2,00	1,73E03	10
Couche 3	7,50	1,73E03	10

Charges ponctuelles

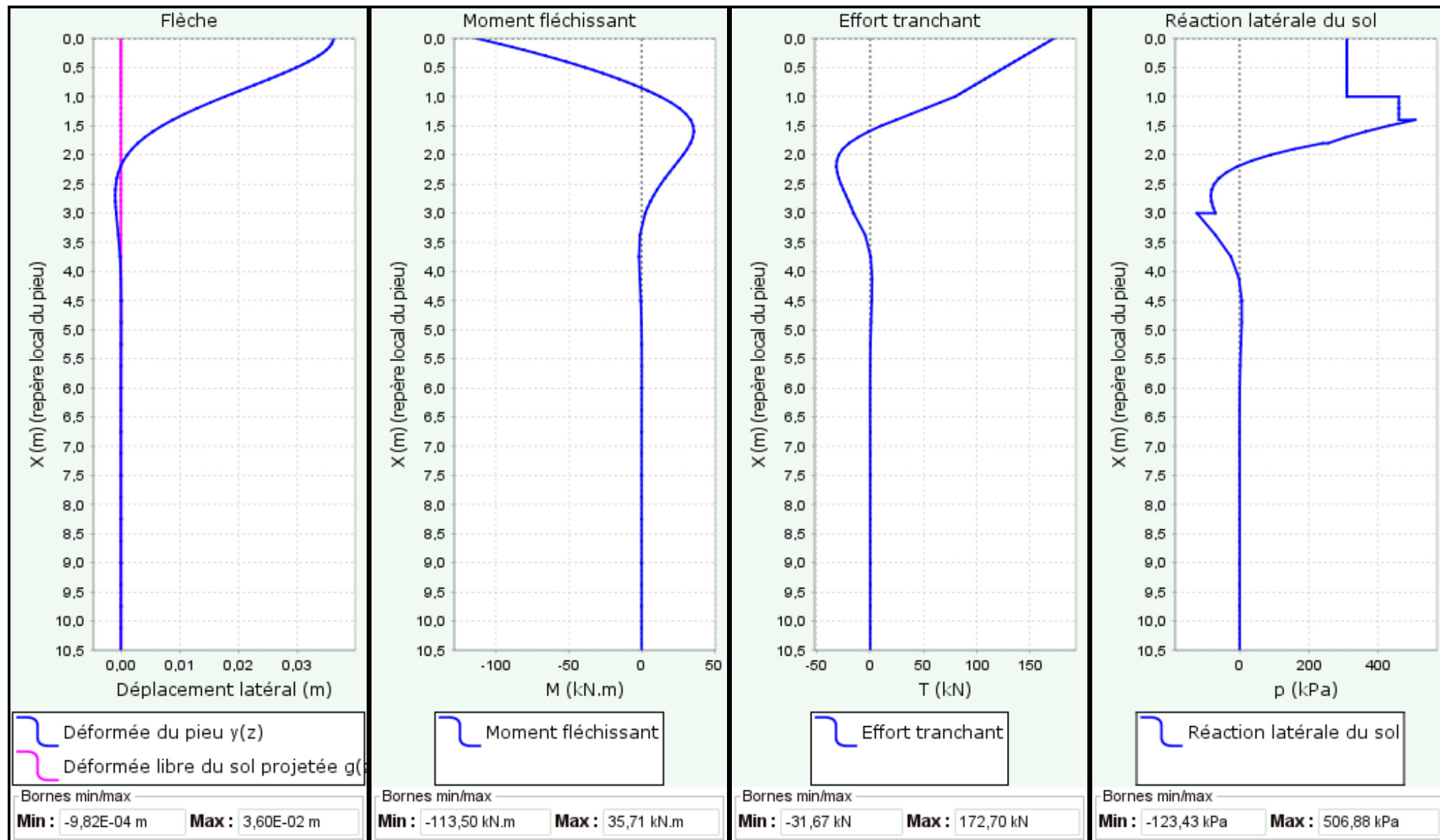
N°	Z	T	M	K	C
0	0,00	172,70	0,00	0,00E00	1,00E10
1	-1,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	-3,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-10,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Pieux La Garde Senec

Numéro d'affaire : A25.0195

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux Belvédère - SP5 - SI 15 (Cas 1)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-262/A1 (juillet 2018)

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par mesures

Pas du calcul (m) : 0,20

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,30

Classe du pieu : 8 - Pieu/micropieu injecté

Catégorie du pieu : 19 [PIGU, MIGU] - Pieu ou micropieu injecté mode IGU (type III)

Mode de chargement : Travail en compression

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs,k	0,636	0,778	0,909	1,000
Pondérations combinées sur Qp,k	0,000	0,000	0,000	0,000

Cote de référence (m) : 0,00

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax	γR,d1*γR,d2
1	Couche 1		Argile, limons	-0,50	310,00	0,01	0,01	2,200
2	Couche 2		Argile, limons	-4,30	460,00	89,39	0,01	2,200
3	Couche 3		Marne et calcaire marneux	-6,40	820,00	190,00	0,01	2,200
4	Couche 4		Marne et calcaire marneux	-15,00	2600,00	241,82	0,01	2,200

Critère de calcul : Longueur imposée

Longueur du pieu (m) : 10,40

Appliquer un facteur réducteur d'effet de groupe : Non

Contrôle de la résistance structurale de la section : Non

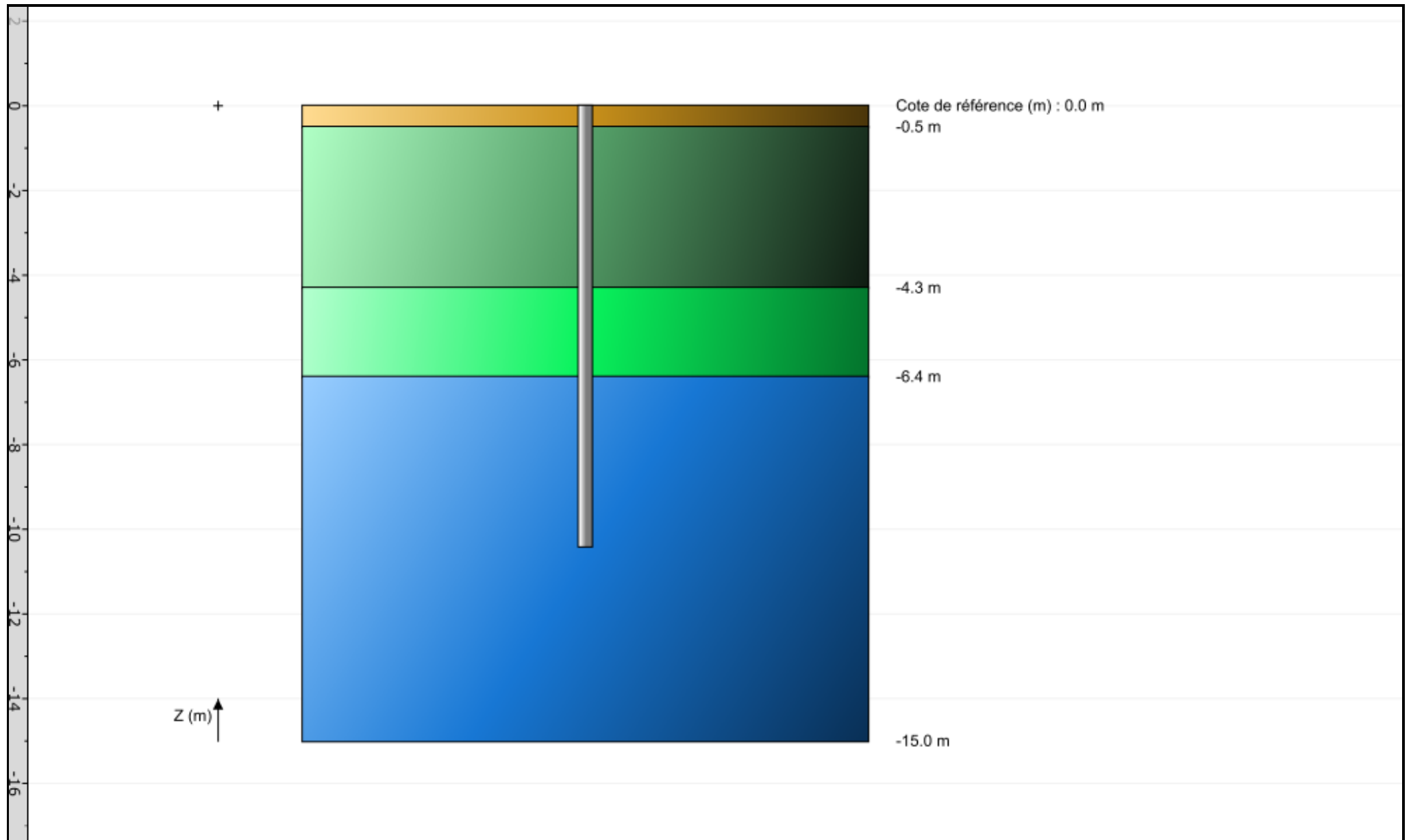


FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 24/10/2025 - 10:36:18
Calcul réalisé par : GEOSUP

Projet : Micropieux Belvédère
Module : Fondprof (Cas 1/2)
Titre du calcul : Micropieux Belvédère - SP5 - SI 15

Onglet "Calcul"



File : C:\Users\u2\AppData\Local\Temp\6\Terrasol\FoXta v4\19464\FP.0.resu

Calcul réalisé le : 24/10/2025 à 10h35
par : GEOSUP

Options du calcul :

- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
- calcul selon les règles de la norme NF P 94 262
- profil de pression limite pl* défini par points de mesure
- pour pieu de catégorie : 19
- pour pieu travaillant en compression

Combinaisons	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
Frottement	0.636	0.778	0.909	1.000
Pointe	0.000	0.000	0.000	0.000

Cote de référence : 0.000

Section du pieu : 0.071
Périmètre : 0.942

Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	pl*	qsl	kpmin	kpmax	gamrd
01	-0.50	310.0	0.01	1.00	0.01	2.20
02	-4.30	460.0	89.39	1.00	0.01	2.20
03	-6.40	820.0	190.00	1.00	0.01	2.20
04	-15.00	2600.0	241.82	1.00	0.01	2.20

Pas du calcul : 0.20

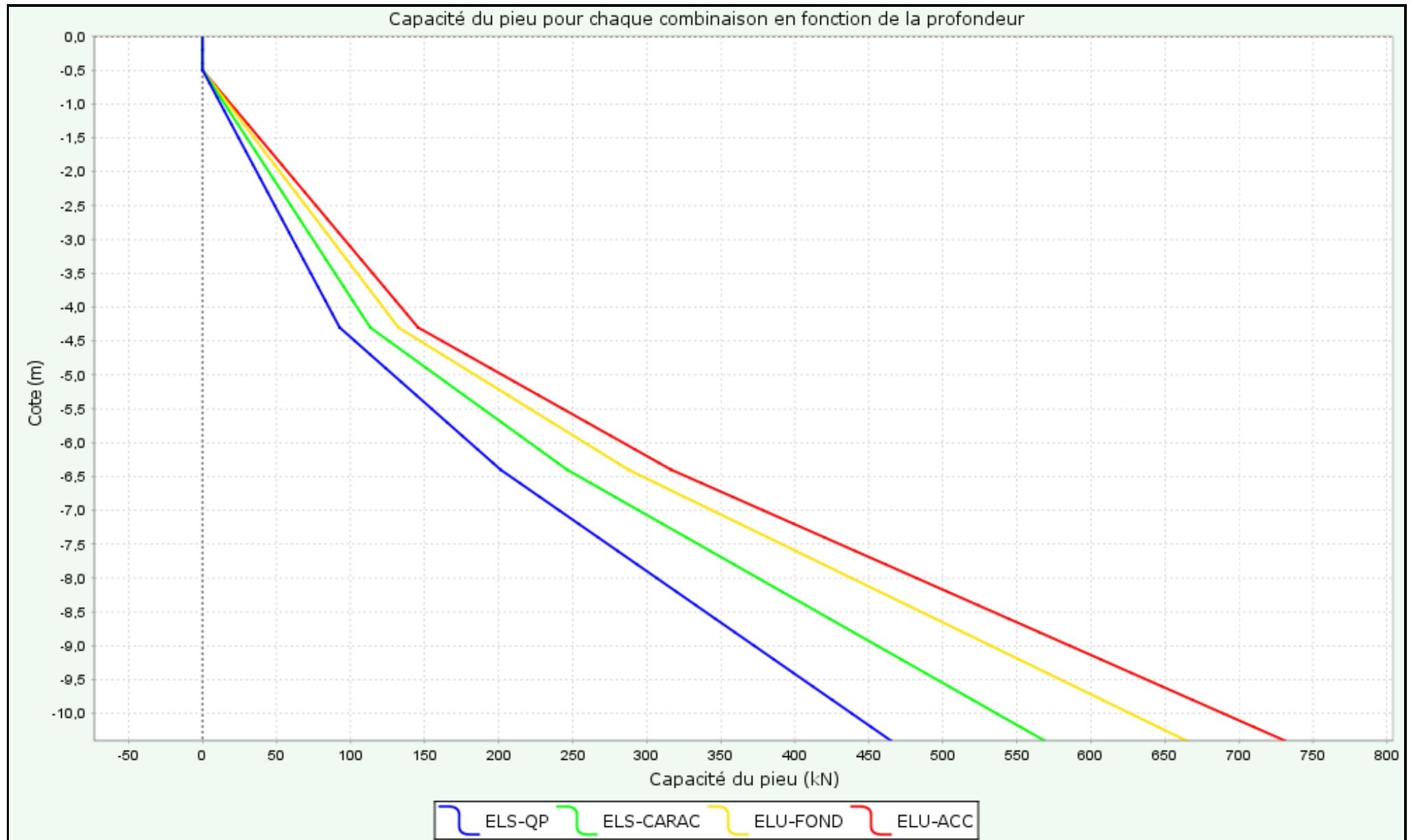
SOLUTION

Calcul à longueur imposée : L = 10.40

couche	cote	qsl	ple	kp	Qs	Qp	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
01	0.00	0.01	323.2	0.010	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.20	0.01	326.7	0.010	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.40	0.01	330.4	0.010	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.50	0.01	332.2	0.010	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
02	-0.50	89.39	339.6	0.010	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
02	-0.70	89.39	343.6	0.010	16.9	0.2	4.9	6.0	7.0	7.7
02	-0.90	89.39	347.5	0.010	33.7	0.2	9.7	11.9	13.9	15.3
02	-1.10	89.39	353.2	0.010	50.6	0.2	14.6	17.9	20.9	23.0
02	-1.30	89.39	361.1	0.010	67.4	0.3	19.5	23.8	27.8	30.6
02	-1.50	89.39	369.0	0.010	84.3	0.3	24.4	29.8	34.8	38.3
02	-1.70	89.39	376.9	0.010	101.1	0.3	29.2	35.8	41.8	46.0
02	-1.90	89.39	384.8	0.010	118.0	0.3	34.1	41.7	48.7	53.6
02	-2.10	89.39	392.7	0.010	134.8	0.3	39.0	47.7	55.7	61.3
02	-2.30	89.39	400.6	0.010	151.7	0.3	43.8	53.6	62.7	68.9
02	-2.50	89.39	408.5	0.010	168.5	0.3	48.7	59.6	69.6	76.6
02	-2.70	89.39	416.4	0.010	185.4	0.3	53.6	65.5	76.6	84.3
02	-2.90	89.39	424.6	0.010	202.2	0.3	58.5	71.5	83.5	91.9
02	-3.10	89.39	435.1	0.010	219.0	0.3	63.3	77.5	90.5	99.6
02	-3.30	89.39	448.3	0.010	235.9	0.3	68.2	83.4	97.5	107.2
02	-3.50	89.39	464.1	0.010	252.7	0.3	73.1	89.4	104.4	114.9
02	-3.70	89.39	482.6	0.010	269.6	0.3	77.9	95.3	111.4	122.5

02	-3.90	89.39	503.7	0.010	286.4	0.4	82.8	101.3	118.4	130.2
02	-4.10	89.39	527.4	0.010	303.3	0.4	87.7	107.3	125.3	137.9
02	-4.30	89.39	553.8	0.010	320.1	0.4	92.6	113.2	132.3	145.5
02	-4.30	89.39	553.8	0.010	320.1	0.4	92.6	113.2	132.3	145.5
03	-4.30	190.00	588.6	0.010	320.1	0.4	92.6	113.2	132.3	145.5
03	-4.50	190.00	605.7	0.010	356.0	0.4	102.9	125.9	147.1	161.8
03	-4.70	190.00	622.9	0.010	391.8	0.4	113.3	138.5	161.9	178.1
03	-4.90	190.00	647.7	0.010	427.6	0.5	123.6	151.2	176.7	194.4
03	-5.10	190.00	682.4	0.010	463.4	0.5	134.0	163.9	191.5	210.6
03	-5.30	190.00	717.7	0.010	499.2	0.5	144.3	176.5	206.3	226.9
03	-5.50	190.00	753.8	0.010	535.0	0.5	154.7	189.2	221.1	243.2
03	-5.70	190.00	790.5	0.010	570.8	0.6	165.0	201.9	235.9	259.5
03	-5.90	190.00	828.0	0.010	606.7	0.6	175.4	214.5	250.7	275.8
03	-6.10	190.00	866.2	0.010	642.5	0.6	185.7	227.2	265.5	292.0
03	-6.30	190.00	905.1	0.010	678.3	0.6	196.1	239.9	280.3	308.3
03	-6.40	190.00	925.7	0.010	696.2	0.7	201.3	246.2	287.7	316.5
04	-6.40	241.82	975.2	0.010	696.2	0.7	201.3	246.2	287.7	316.5
04	-6.60	241.82	995.9	0.010	741.8	0.7	214.4	262.3	306.5	337.2
04	-6.80	241.82	1016.6	0.010	787.4	0.7	227.6	278.4	325.3	357.9
04	-7.00	241.82	1046.6	0.010	832.9	0.7	240.8	294.6	344.2	378.6
04	-7.20	241.82	1088.0	0.010	878.5	0.8	254.0	310.7	363.0	399.3
04	-7.40	241.82	1129.4	0.010	924.1	0.8	267.2	326.8	381.8	420.0
04	-7.60	241.82	1170.8	0.010	969.7	0.8	280.3	342.9	400.7	440.8
04	-7.80	241.82	1212.2	0.010	1015.3	0.9	293.5	359.0	419.5	461.5
04	-8.00	241.82	1253.6	0.010	1060.9	0.9	306.7	375.2	438.3	482.2
04	-8.20	241.82	1295.0	0.010	1106.4	0.9	319.9	391.3	457.2	502.9
04	-8.40	241.82	1336.4	0.010	1152.0	0.9	333.0	407.4	476.0	523.6
04	-8.60	241.82	1377.8	0.010	1197.6	1.0	346.2	423.5	494.8	544.4
04	-8.80	241.82	1419.2	0.010	1243.2	1.0	359.4	439.6	513.7	565.1
04	-9.00	241.82	1460.6	0.010	1288.8	1.0	372.6	455.8	532.5	585.8
04	-9.20	241.82	1502.0	0.010	1334.3	1.1	385.7	471.9	551.3	606.5
04	-9.40	241.82	1543.4	0.010	1379.9	1.1	398.9	488.0	570.2	627.2
04	-9.60	241.82	1584.8	0.010	1425.5	1.1	412.1	504.1	589.0	648.0
04	-9.80	241.82	1626.2	0.010	1471.1	1.1	425.3	520.2	607.8	668.7
04	-10.00	241.82	1667.6	0.010	1516.7	1.2	438.5	536.4	626.7	689.4
04	-10.20	241.82	1709.0	0.010	1562.3	1.2	451.6	552.5	645.5	710.1
04	-10.40	241.82	1750.4	0.010	1607.8	1.2	464.8	568.6	664.3	730.8
04	-10.40	241.82	1750.4	0.010	1607.8	1.2	464.8	568.6	664.3	730.8

Capacité du pieu pour chaque combinaison en fonction de la profondeur



Données

Titre du projet : Pieux La Garde Senec

Numéro d'affaire : A25.0195

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux Belvédère - SP5 - SI-15 (Cas 1)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations accidentelles très brèves en tête dominant

Cote de référence (m) : 0,00

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'incréments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Non

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Couche 1		-0,50	4,94E03	0,50	0,30	180,00	310,00
2	Couche 2		-4,30	5,66E03	0,50	0,30	270,00	460,00
3	Couche 3		-6,40	9,98E03	0,50	0,30	480,00	820,00
4	Couche 4		-10,40	3,65E04	0,50	0,30	1520,00	2600,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
Couche 1	0,50	1,73E03	10
Couche 2	3,80	1,73E03	10
Couche 3	2,10	1,73E03	10
Couche 4	4,00	1,73E03	10

Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	0,00	205,43	0,00	0,00E00	1,00E10
1	-0,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	-4,30	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-6,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-10,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

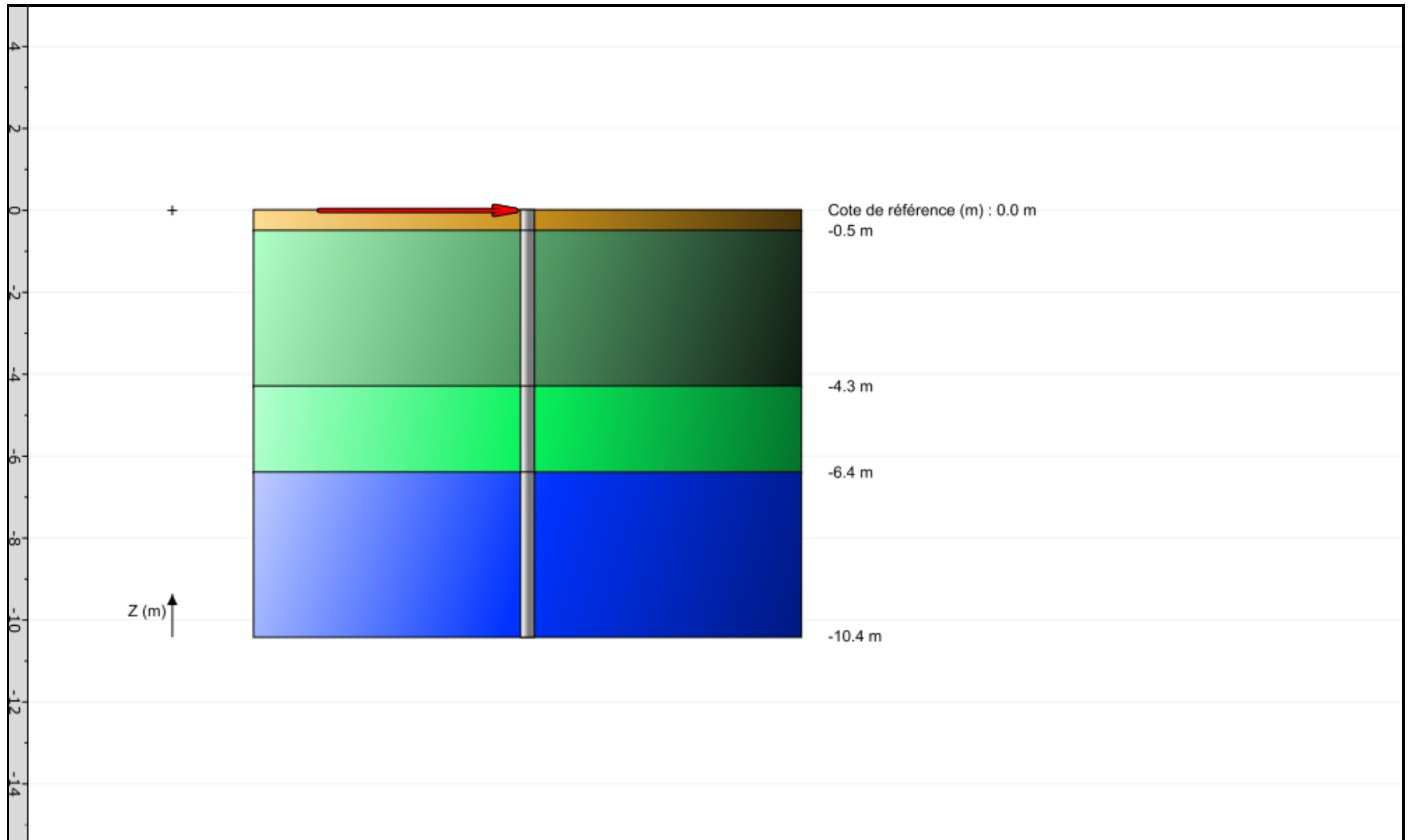


FoXta v4
v4.1.17

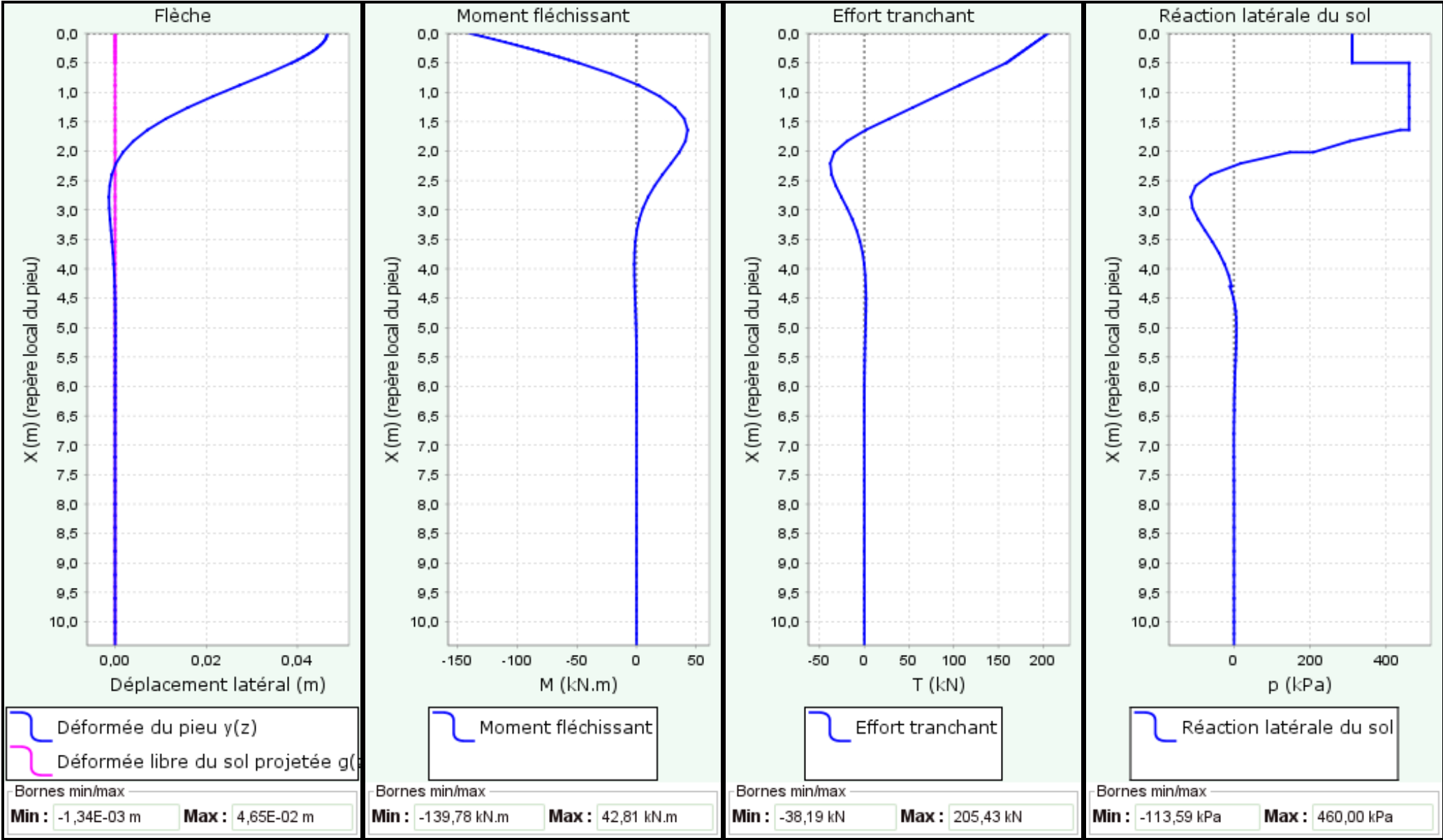
Imprimé le : 24/10/2025 - 10:37:58
Calcul réalisé par : GEOSUP

Projet : Micropieux Belvédère
Module : Piecoef+ (Cas 1/2)
Titre du calcul : Micropieux Belvédère - SP5 - SI-15

Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Pieux La Garde Senec

Numéro d'affaire : A25.0195

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux Bâtiment d'accès - SP1 - SI 18 (Cas 2)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-262/A1 (juillet 2018)

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par mesures

Pas du calcul (m) : 0,20

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,30

Classe du pieu : 8 - Pieu/micropieu injecté

Catégorie du pieu : 19 [PIGU, MIGU] - Pieu ou micropieu injecté mode IGU (type III)

Mode de chargement : Travail en compression

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs,k	0,636	0,778	0,909	1,000
Pondérations combinées sur Qp,k	0,000	0,000	0,000	0,000

Cote de référence (m) : 0,00

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax	γR,d1*γR,d2
1	Couche 1		Argile, limons	-0,50	310,00	0,01	0,01	2,200
2	Couche 2		Argile, limons	-1,50	460,00	89,39	0,01	2,200
3	Couche 3		Marne et calcaire marneux	-2,70	820,00	190,00	0,01	2,200
4	Couche 4		Marne et calcaire marneux	-15,00	2600,00	241,82	0,01	2,200

Critère de calcul : Longueur imposée

Longueur du pieu (m) : 6,70

Appliquer un facteur réducteur d'effet de groupe : Non

Contrôle de la résistance structurale de la section : Non

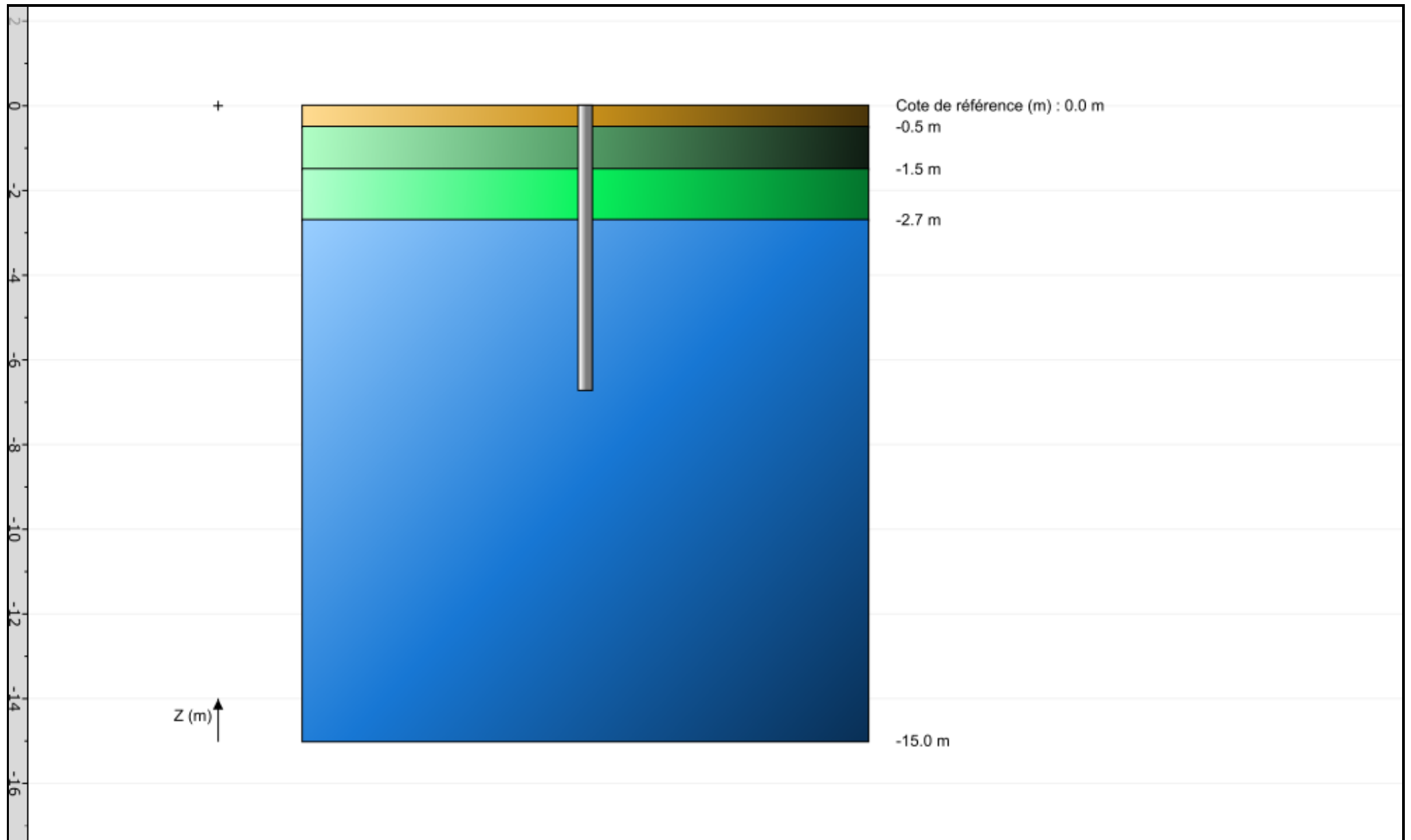


FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 24/10/2025 - 10:51:39
Calcul réalisé par : GEOSUP

Projet : Micropieux Bâtiment d'accès
Module : Fondprof (Cas 2/3)
Titre du calcul : Micropieux Bâtiment d'accès - SP1 - SI 18

Onglet "Calcul"



File : C:\Users\u2\AppData\Local\Temp\6\Terrasol\FoXta v4\18900\FP.4.resu
Calcul réalisé le : 24/10/2025 à 10h50
par : GEOSUP

- Options du calcul :
- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
 - calcul selon les règles de la norme NF P 94 262
 - profil de pression limite pl* défini par points de mesure
 - pour pieu de catégorie : 19
 - pour pieu travaillant en compression

Combinaisons	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
Frottement	0.636	0.778	0.909	1.000
Pointe	0.000	0.000	0.000	0.000

Cote de référence : 0.000
Section du pieu : 0.071
Périmètre : 0.942

Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	pl*	qsl	kpmin	kpmax	gamrd
01	-0.50	310.0	0.01	1.00	0.01	2.20
02	-1.50	460.0	89.39	1.00	0.01	2.20
03	-2.70	820.0	190.00	1.00	0.01	2.20
04	-15.00	2600.0	241.82	1.00	0.01	2.20

Pas du calcul : 0.20

SOLUTION

Calcul à longueur imposée : L = 6.70

couche	cote	qsl	ple	kp	Qs	Qp	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
01	0.00	0.01	360.0	0.010	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.20	0.01	375.3	0.010	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.40	0.01	393.7	0.010	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.50	0.01	403.8	0.010	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
02	-0.50	89.39	435.0	0.010	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
02	-0.70	89.39	459.1	0.010	16.9	0.3	4.9	6.0	7.0	7.7
02	-0.90	89.39	484.5	0.010	33.7	0.3	9.7	11.9	13.9	15.3
02	-1.10	89.39	519.6	0.010	50.6	0.4	14.6	17.9	20.9	23.0
02	-1.30	89.39	567.2	0.010	67.4	0.4	19.5	23.8	27.8	30.6
02	-1.50	89.39	615.1	0.010	84.3	0.4	24.4	29.8	34.8	38.3
02	-1.50	89.39	615.1	0.010	84.3	0.4	24.4	29.8	34.8	38.3
03	-1.50	190.00	680.3	0.010	84.3	0.5	24.4	29.8	34.8	38.3
03	-1.70	190.00	703.6	0.010	120.1	0.5	34.7	42.5	49.6	54.6
03	-1.90	190.00	725.0	0.010	155.9	0.5	45.1	55.1	64.4	70.9
03	-2.10	190.00	757.1	0.010	191.7	0.5	55.4	67.8	79.2	87.1
03	-2.30	190.00	801.5	0.010	227.5	0.6	65.8	80.5	94.0	103.4
03	-2.50	190.00	842.9	0.010	263.3	0.6	76.1	93.1	108.8	119.7
03	-2.70	190.00	881.2	0.010	299.1	0.6	86.5	105.8	123.6	136.0
03	-2.70	190.00	881.2	0.010	299.1	0.6	86.5	105.8	123.6	136.0
04	-2.70	241.82	928.5	0.010	299.1	0.7	86.5	105.8	123.6	136.0
04	-2.90	241.82	943.0	0.010	344.7	0.7	99.7	121.9	142.4	156.7

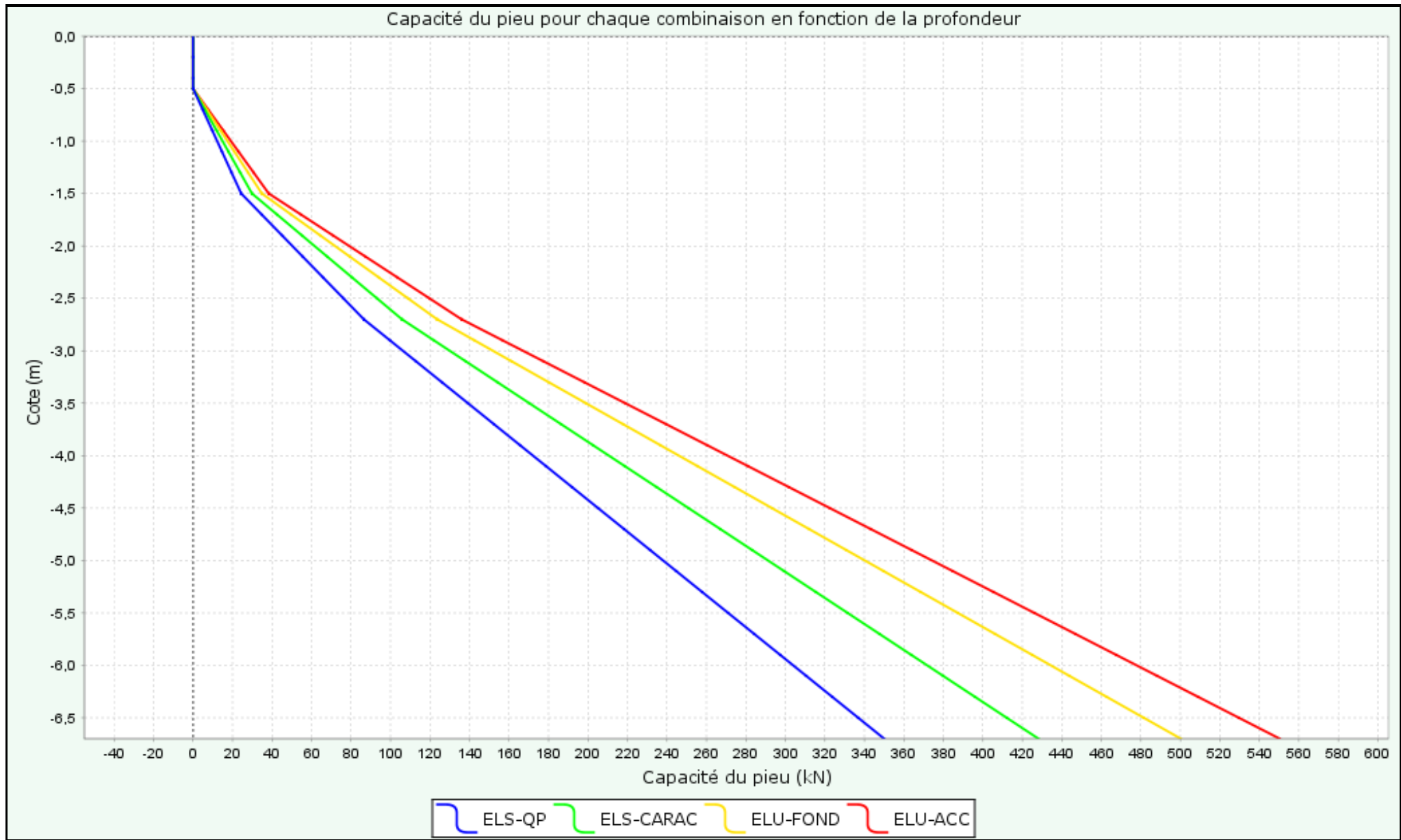


FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 24/10/2025 - 10:51:40
Calcul réalisé par : GEOSUP
Projet : Micropieux Bâtiment d'accès
Module : Fondprof (Cas 2/3)
Titre du calcul : Micropieux Bâtiment d'accès - SP1 - SI 18

04	-3.10	241.82	957.5	0.010	390.3	0.7	112.8	138.0	161.3	177.4
04	-3.30	241.82	978.5	0.010	435.9	0.7	126.0	154.1	180.1	198.1
04	-3.50	241.82	1007.4	0.010	481.5	0.7	139.2	170.3	198.9	218.8
04	-3.70	241.82	1036.3	0.010	527.0	0.7	152.4	186.4	217.8	239.6
04	-3.90	241.82	1065.3	0.010	572.6	0.8	165.5	202.5	236.6	260.3
04	-4.10	241.82	1094.2	0.010	618.2	0.8	178.7	218.6	255.4	281.0
04	-4.30	241.82	1123.2	0.010	663.8	0.8	191.9	234.7	274.3	301.7
04	-4.50	241.82	1152.1	0.010	709.4	0.8	205.1	250.9	293.1	322.4
04	-4.70	241.82	1181.1	0.010	755.0	0.8	218.3	267.0	311.9	343.2
04	-4.90	241.82	1210.0	0.010	800.5	0.9	231.4	283.1	330.8	363.9
04	-5.10	241.82	1239.0	0.010	846.1	0.9	244.6	299.2	349.6	384.6
04	-5.30	241.82	1267.9	0.010	891.7	0.9	257.8	315.3	368.4	405.3
04	-5.50	241.82	1296.8	0.010	937.3	0.9	271.0	331.5	387.3	426.0
04	-5.70	241.82	1325.8	0.010	982.9	0.9	284.1	347.6	406.1	446.8
04	-5.90	241.82	1354.7	0.010	1028.4	1.0	297.3	363.7	424.9	467.5
04	-6.10	241.82	1383.7	0.010	1074.0	1.0	310.5	379.8	443.8	488.2
04	-6.30	241.82	1412.6	0.010	1119.6	1.0	323.7	395.9	462.6	508.9
04	-6.50	241.82	1441.6	0.010	1165.2	1.0	336.8	412.1	481.4	529.6
04	-6.70	241.82	1470.5	0.010	1210.8	1.0	350.0	428.2	500.3	550.4

Capacité du pieu pour chaque combinaison en fonction de la profondeur



Données

Titre du projet : Pieux La Garde Senec

Numéro d'affaire : A25.0195

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux Bâtiment d'accès - SP1 - SI-18 (Cas 2)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations accidentelles très brèves en tête dominant

Cote de référence (m) : 0,00

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'incréments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Non

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Couche 1		-0,50	4,94E03	0,50	0,30	180,00	310,00
2	Couche 2		-1,50	5,66E03	0,50	0,30	270,00	460,00
3	Couche 3		-2,70	9,98E03	0,50	0,30	480,00	820,00
4	Couche 4		-6,70	3,65E04	0,50	0,30	1520,00	2600,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
Couche 1	0,50	1,73E03	10
Couche 2	1,00	1,73E03	10
Couche 3	1,20	1,73E03	10
Couche 4	4,00	1,73E03	10

Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	0,00	168,80	0,00	0,00E00	1,00E10
1	-0,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	-1,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-2,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-6,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

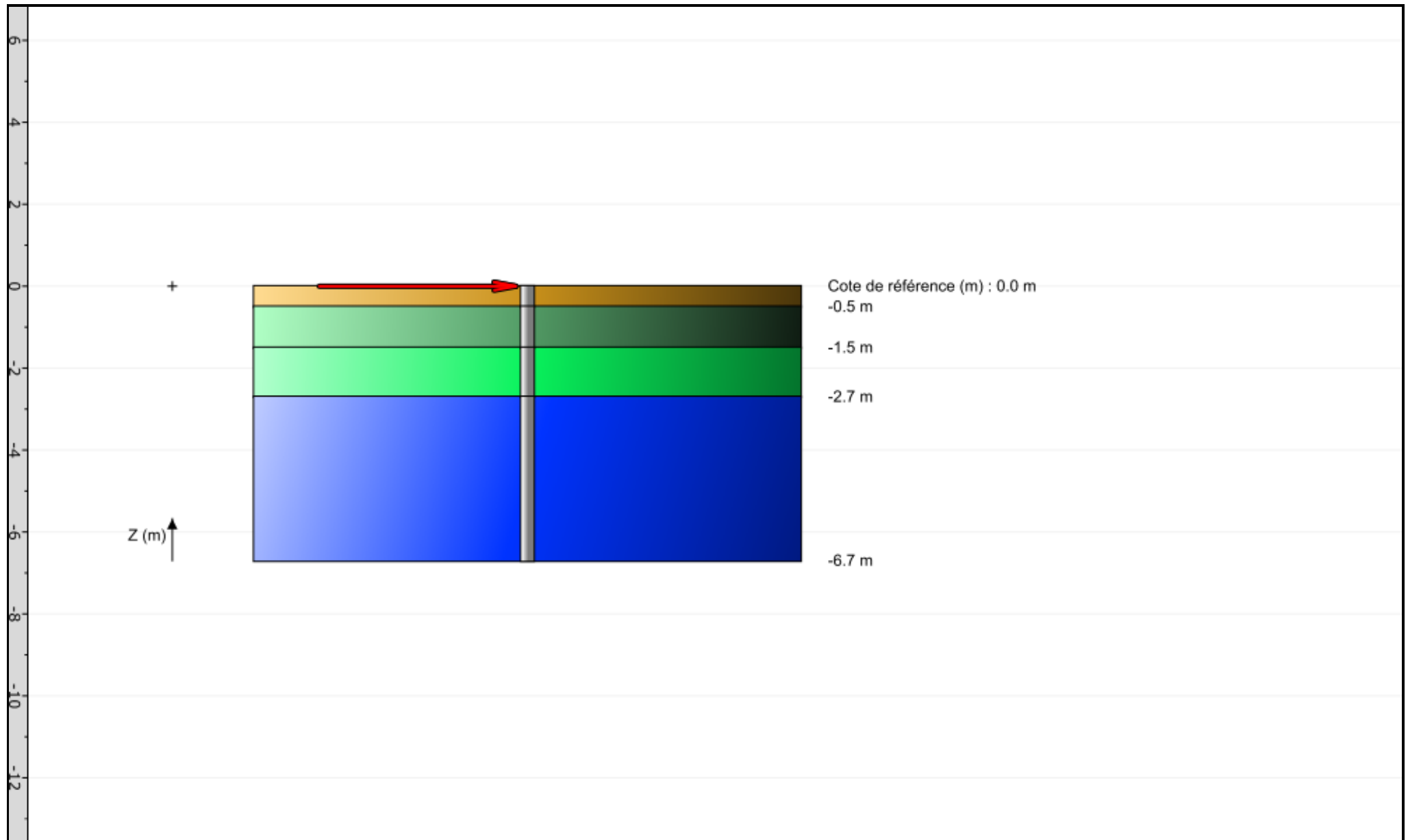


FoXta v4
v4.1.17

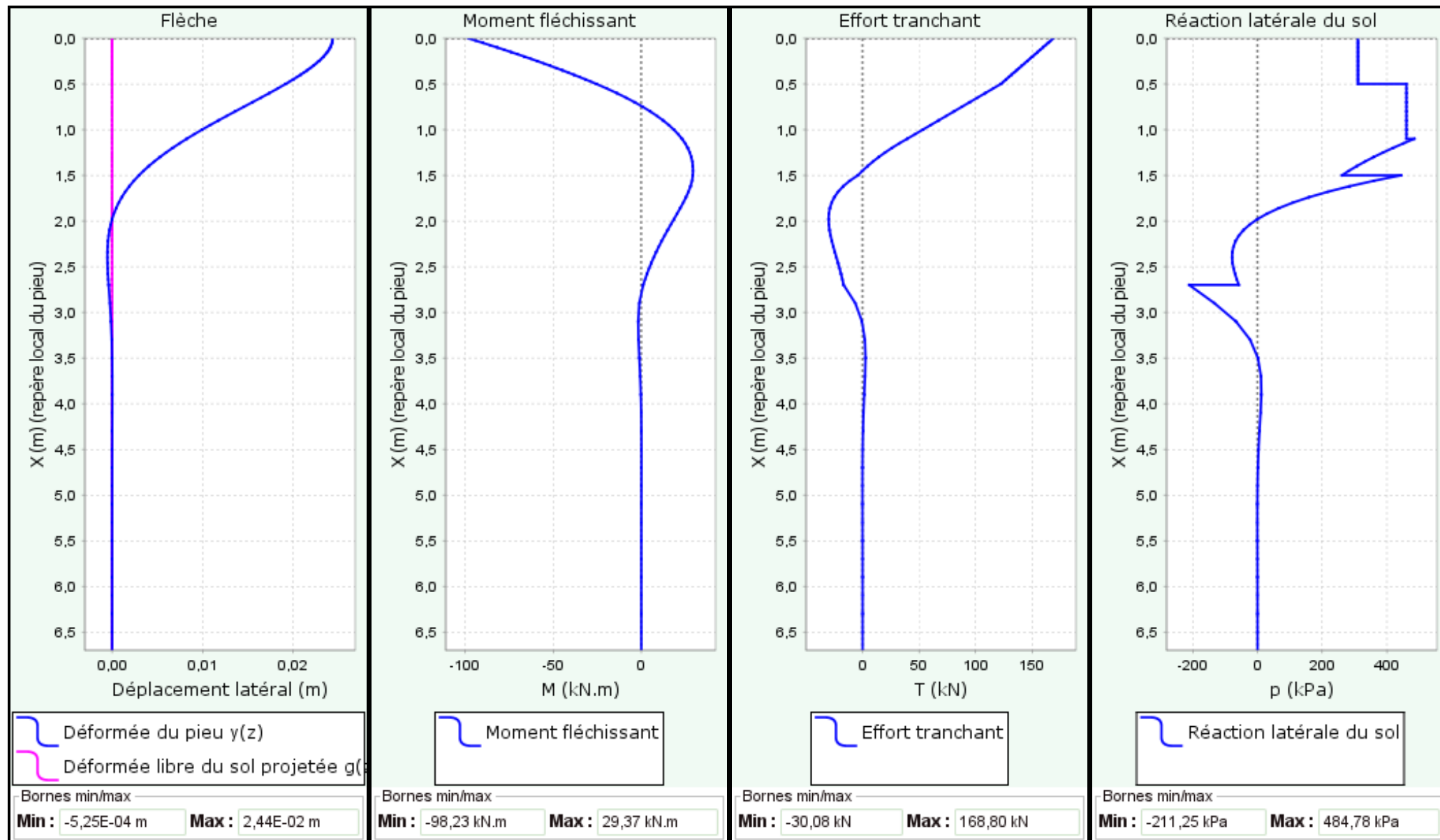
Imprimé le : 24/10/2025 - 10:53:23
Calcul réalisé par : GEOSUP

Projet : Micropieux Bâtiment d'accès
Module : Piecoef+ (Cas 2/2)
Titre du calcul : Micropieux Bâtiment d'accès - SP1 - SI-18

Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Pieux La Garde Senec

Numéro d'affaire : A25.0195

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux Bâtiment d'accès - SP1 - SI 22 (Cas 1)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-262/A1 (juillet 2018)

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par mesures

Pas du calcul (m) : 0,20

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,30

Classe du pieu : 8 - Pieu/micropieu injecté

Catégorie du pieu : 19 [PIGU, MIGU] - Pieu ou micropieu injecté mode IGU (type III)

Mode de chargement : Travail en compression

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs,k	0,636	0,778	0,909	1,000
Pondérations combinées sur Qp,k	0,000	0,000	0,000	0,000

Cote de référence (m) : 0,00

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax	γR,d1×γR,d2
1	Couche 1		Argile, limons	-0,50	310,00	0,01	0,01	2,200
2	Couche 2		Argile, limons	-1,50	460,00	89,39	0,01	2,200
3	Couche 3		Marne et calcaire marneux	-2,70	820,00	190,00	0,01	2,200
4	Couche 4		Marne et calcaire marneux	-15,00	2600,00	241,82	0,01	2,200

Critère de calcul : Longueur imposée

Longueur du pieu (m) : 8,00

Appliquer un facteur réducteur d'effet de groupe : Non

Contrôle de la résistance structurale de la section : Non

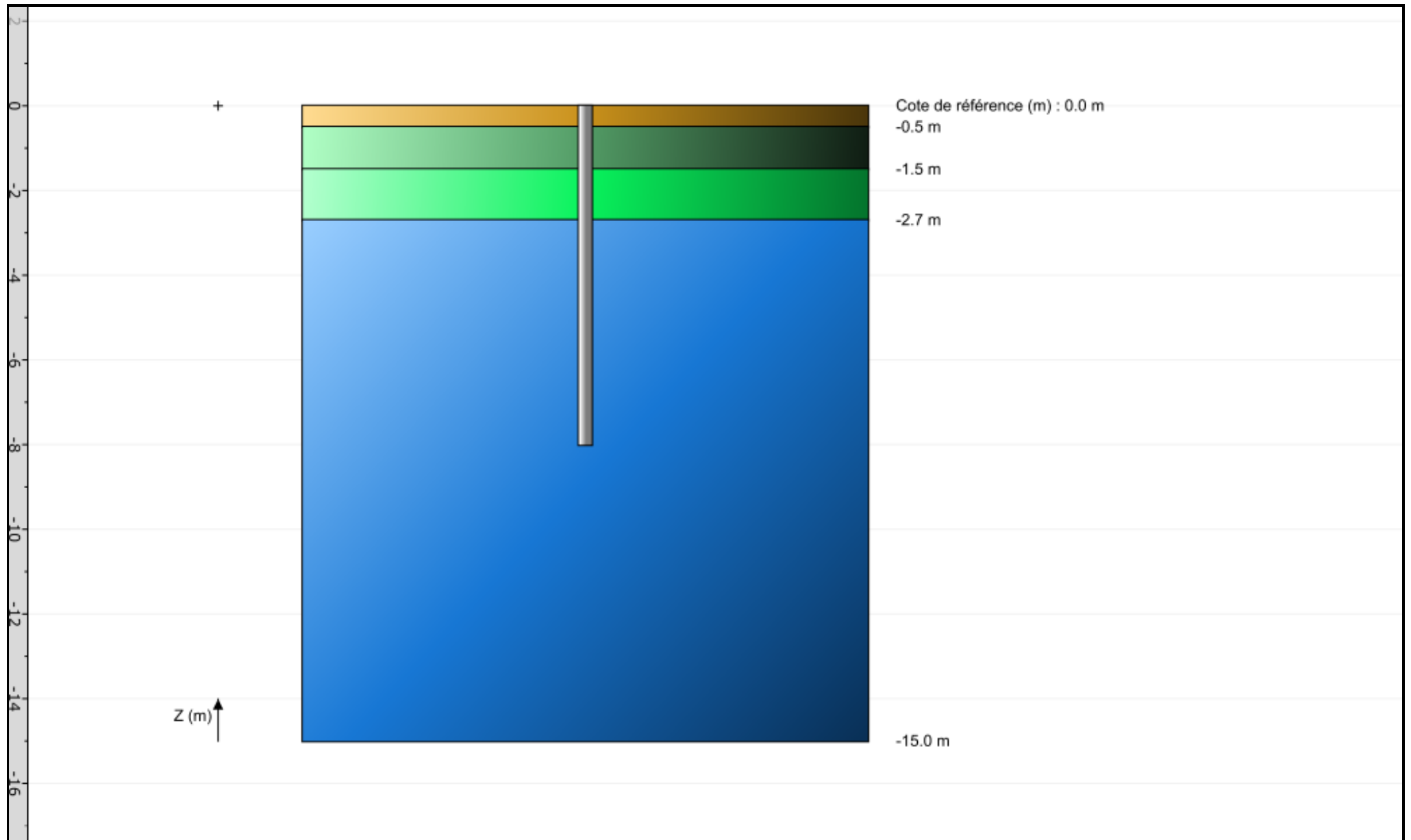


FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 24/10/2025 - 10:47:07
Calcul réalisé par : GEOSUP

Projet : Micropieux Bâtiment d'accès
Module : Fondprof (Cas 1/3)
Titre du calcul : Micropieux Bâtiment d'accès - SP1 - SI 22

Onglet "Paramètres généraux"



File : C:\Users\u2\AppData\Local\Temp\6\Terrasol\FoXta v4\18900\FP.0.resu

Calcul réalisé le : 24/10/2025 à 10h45
par : GEOSUP

Options du calcul :

- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
- calcul selon les règles de la norme NF P 94 262
- profil de pression limite pl* défini par points de mesure
- pour pieu de catégorie : 19
- pour pieu travaillant en compression

Combinaisons	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
Frottement	0.636	0.778	0.909	1.000
Pointe	0.000	0.000	0.000	0.000

Cote de référence : 0.000

Section du pieu : 0.071
Périmètre : 0.942

Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	pl*	qsl	kpmin	kpmax	gamrd
01	-0.50	310.0	0.01	1.00	0.01	2.20
02	-1.50	460.0	89.39	1.00	0.01	2.20
03	-2.70	820.0	190.00	1.00	0.01	2.20
04	-15.00	2600.0	241.82	1.00	0.01	2.20

Pas du calcul : 0.20

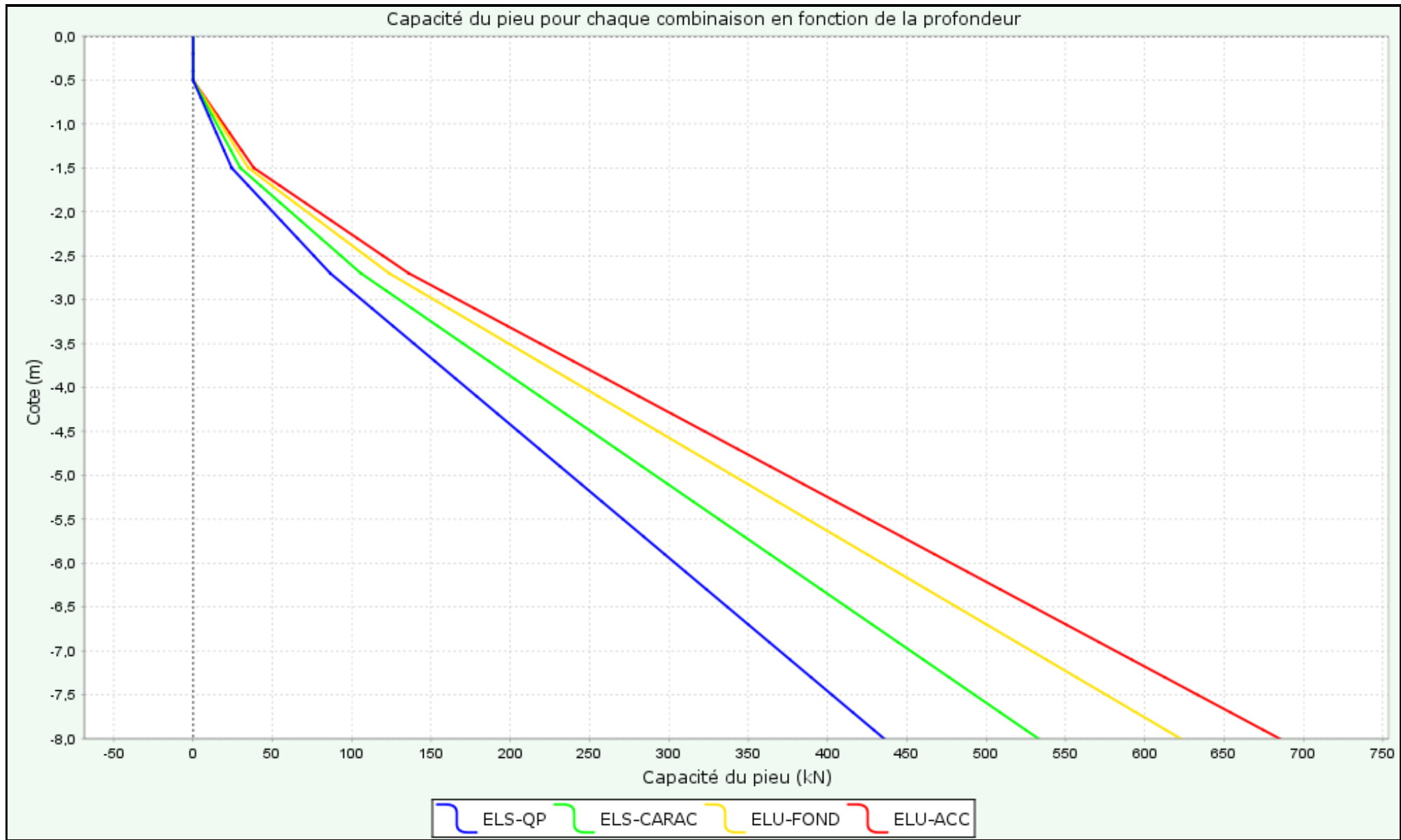
SOLUTION

Calcul à longueur imposée : L = 8.00

couche	cote	qsl	ple	kp	Qs	Qp	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
01	0.00	0.01	360.0	0.010	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.20	0.01	375.3	0.010	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.40	0.01	393.7	0.010	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.50	0.01	403.8	0.010	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
02	-0.50	89.39	435.0	0.010	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
02	-0.70	89.39	459.1	0.010	16.9	0.3	4.9	6.0	7.0	7.7
02	-0.90	89.39	484.5	0.010	33.7	0.3	9.7	11.9	13.9	15.3
02	-1.10	89.39	519.6	0.010	50.6	0.4	14.6	17.9	20.9	23.0
02	-1.30	89.39	567.2	0.010	67.4	0.4	19.5	23.8	27.8	30.6
02	-1.50	89.39	615.1	0.010	84.3	0.4	24.4	29.8	34.8	38.3
02	-1.50	89.39	615.1	0.010	84.3	0.4	24.4	29.8	34.8	38.3
03	-1.50	190.00	680.3	0.010	84.3	0.5	24.4	29.8	34.8	38.3
03	-1.70	190.00	703.6	0.010	120.1	0.5	34.7	42.5	49.6	54.6
03	-1.90	190.00	725.0	0.010	155.9	0.5	45.1	55.1	64.4	70.9
03	-2.10	190.00	757.1	0.010	191.7	0.5	55.4	67.8	79.2	87.1
03	-2.30	190.00	801.5	0.010	227.5	0.6	65.8	80.5	94.0	103.4
03	-2.50	190.00	842.9	0.010	263.3	0.6	76.1	93.1	108.8	119.7
03	-2.70	190.00	881.2	0.010	299.1	0.6	86.5	105.8	123.6	136.0
03	-2.70	190.00	881.2	0.010	299.1	0.6	86.5	105.8	123.6	136.0
04	-2.70	241.82	928.5	0.010	299.1	0.7	86.5	105.8	123.6	136.0
04	-2.90	241.82	943.0	0.010	344.7	0.7	99.7	121.9	142.4	156.7

04	-3.10	241.82	957.5	0.010	390.3	0.7	112.8	138.0	161.3	177.4
04	-3.30	241.82	978.5	0.010	435.9	0.7	126.0	154.1	180.1	198.1
04	-3.50	241.82	1007.4	0.010	481.5	0.7	139.2	170.3	198.9	218.8
04	-3.70	241.82	1036.3	0.010	527.0	0.7	152.4	186.4	217.8	239.6
04	-3.90	241.82	1065.3	0.010	572.6	0.8	165.5	202.5	236.6	260.3
04	-4.10	241.82	1094.2	0.010	618.2	0.8	178.7	218.6	255.4	281.0
04	-4.30	241.82	1123.2	0.010	663.8	0.8	191.9	234.7	274.3	301.7
04	-4.50	241.82	1152.1	0.010	709.4	0.8	205.1	250.9	293.1	322.4
04	-4.70	241.82	1181.1	0.010	755.0	0.8	218.3	267.0	311.9	343.2
04	-4.90	241.82	1210.0	0.010	800.5	0.9	231.4	283.1	330.8	363.9
04	-5.10	241.82	1239.0	0.010	846.1	0.9	244.6	299.2	349.6	384.6
04	-5.30	241.82	1267.9	0.010	891.7	0.9	257.8	315.3	368.4	405.3
04	-5.50	241.82	1296.8	0.010	937.3	0.9	271.0	331.5	387.3	426.0
04	-5.70	241.82	1325.8	0.010	982.9	0.9	284.1	347.6	406.1	446.8
04	-5.90	241.82	1354.7	0.010	1028.4	1.0	297.3	363.7	424.9	467.5
04	-6.10	241.82	1383.7	0.010	1074.0	1.0	310.5	379.8	443.8	488.2
04	-6.30	241.82	1412.6	0.010	1119.6	1.0	323.7	395.9	462.6	508.9
04	-6.50	241.82	1441.6	0.010	1165.2	1.0	336.8	412.1	481.4	529.6
04	-6.70	241.82	1470.5	0.010	1210.8	1.0	350.0	428.2	500.3	550.4
04	-6.90	241.82	1499.4	0.010	1256.4	1.1	363.2	444.3	519.1	571.1
04	-7.10	241.82	1528.4	0.010	1301.9	1.1	376.4	460.4	537.9	591.8
04	-7.30	241.82	1557.3	0.010	1347.5	1.1	389.6	476.5	556.8	612.5
04	-7.50	241.82	1586.3	0.010	1393.1	1.1	402.7	492.7	575.6	633.2
04	-7.70	241.82	1615.2	0.010	1438.7	1.1	415.9	508.8	594.4	653.9
04	-7.90	241.82	1644.2	0.010	1484.3	1.2	429.1	524.9	613.3	674.7
04	-8.00	241.82	1658.6	0.010	1507.1	1.2	435.7	533.0	622.7	685.0

Capacité du pieu pour chaque combinaison en fonction de la profondeur



Données

Titre du projet : Pieux La Garde Senec

Numéro d'affaire : A25.0195

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux Bâtiment d'accès - SP1 - SI-22 (Cas 1)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations accidentelles très brèves en tête dominant

Cote de référence (m) : 0,00

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'incréments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Non

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Couche 1		-0,50	4,94E03	0,50	0,30	180,00	310,00
2	Couche 2		-1,50	5,66E03	0,50	0,30	270,00	460,00
3	Couche 3		-2,70	9,98E03	0,50	0,30	480,00	820,00
4	Couche 4		-8,00	3,65E04	0,50	0,30	1520,00	2600,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
Couche 1	0,50	1,73E03	10
Couche 2	1,00	1,73E03	10
Couche 3	1,20	1,73E03	10
Couche 4	5,30	1,73E03	10

Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	0,00	24,46	0,00	0,00E00	1,00E10
1	-0,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	-1,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-2,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-8,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

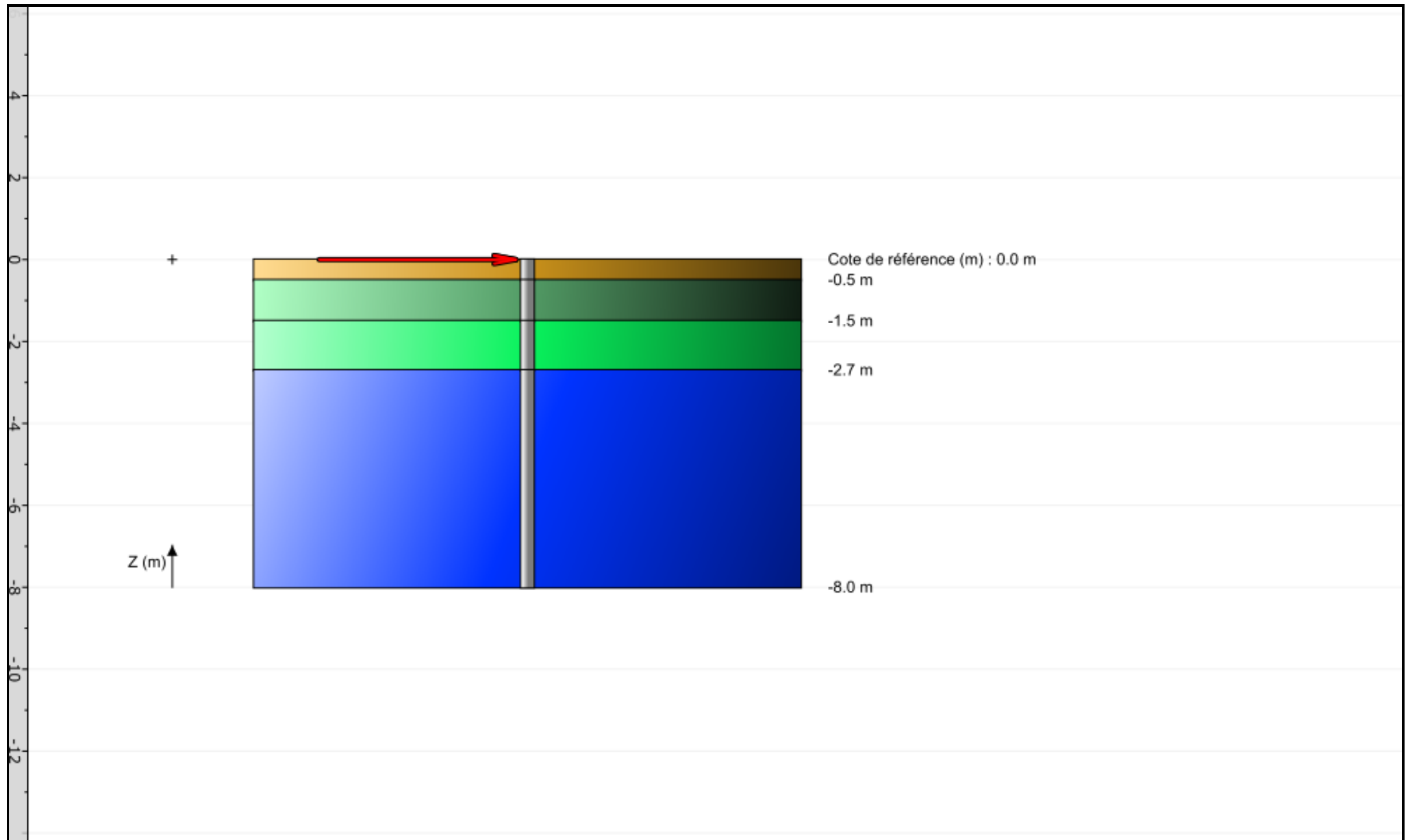


FoXta v4
v4.1.17

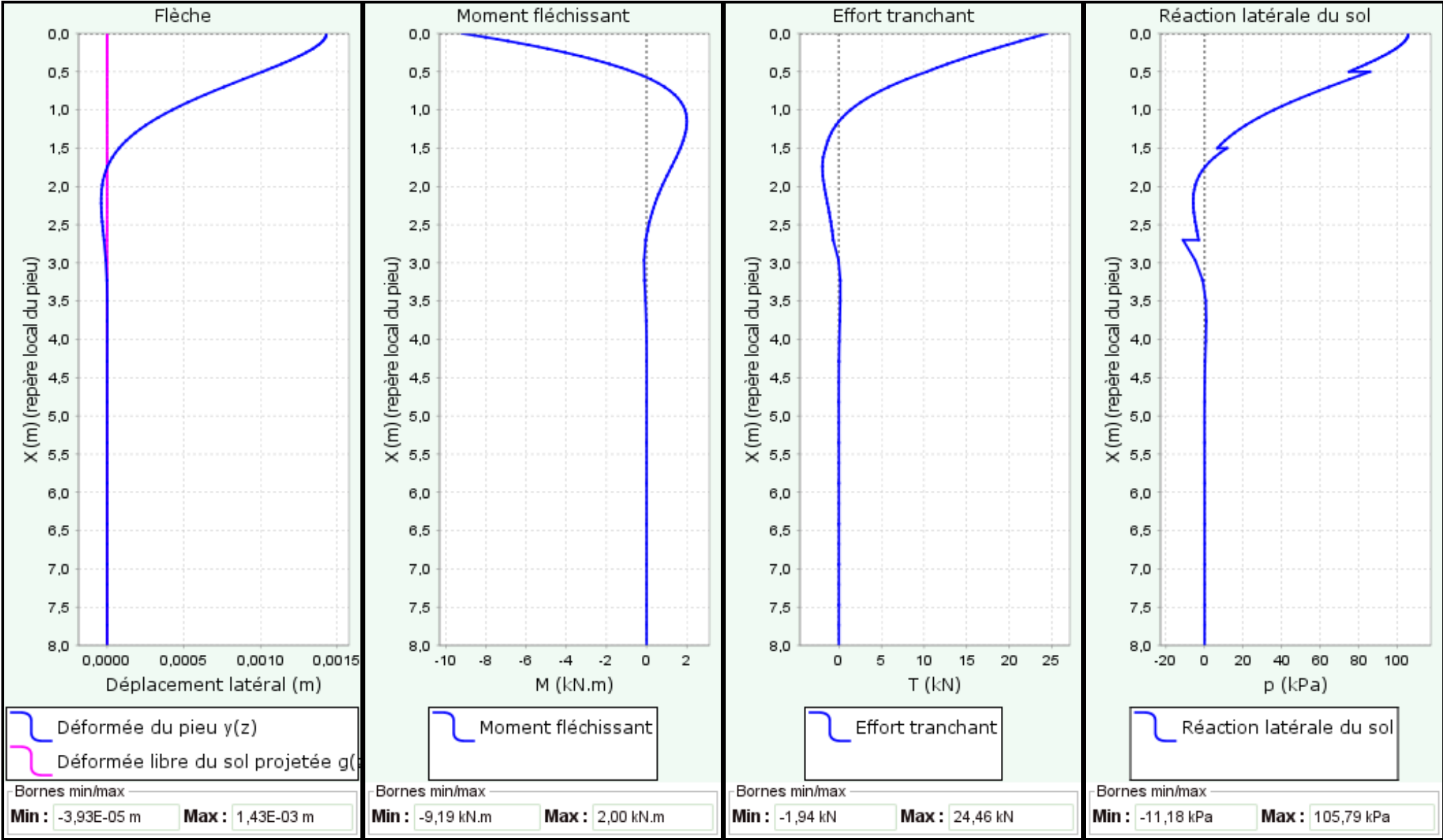
Imprimé le : 24/10/2025 - 10:49:57
Calcul réalisé par : GEOSUP

Projet : Micropieux Bâtiment d'accès
Module : Piecoef+ (Cas 1/1)
Titre du calcul : Micropieux Bâtiment d'accès - SP1 - SI-22

Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"



Résultats principaux



4.2.4 - Tableaux synthétiques

Tableau 1 – Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet	avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

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

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

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

Phase DCE / ACT

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

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

Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique**ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

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