



MARCEGAGLIA

 **MARCEGAGLIA**
FOS-SUR-MER

Projet de construction d'un hangar industriel – Fos-sur-Mer (13)

Mission géotechnique préalable G1 ES-PGC



Rapport n°A138357 / Version A – 29 août 2025

Projet suivi par Hadrien ROCHE – 06.01.04.21.24 – hadrien.roche@anteagroup.fr

Fiche signalétique

Projet de construction d'un hangar industriel – Fos-sur-Mer (13)

Mission géotechnique préalable G1 ES-PGC

CLIENT

SITE

MARCEGAGLIA

Zone industrielle du Ventillon

Fos-sur-Mer (13)

Bruno DADOLLE

Responsable Technique Promotion

06.42.05.56.83

RAPPORT D'ANTEA GROUP

Responsable du projet

Nafara TCHABA

Interlocuteur commercial

Hadrien ROCHE

Implantation chargée du suivi du projet

Implantation d'Aubagne

04.42.08.70.70

secretariat.marseille-fr@anteagroup.com

Rapport n°

A138357

Version n°

A

Votre commande et date

N°61103499 en date du 16/05/2025

Projet n°

PACP250176

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Nafara Nazif TCHABA	Ingénieure d'études géotechniques	29/08/2025	
Relecture	Hadrien ROCHE	Resp. Activité géotechnique	29/08/2025	

Sommaire

1.	Contexte et objectifs	5
2.	Documents de référence	6
3.	Présentation du contexte général du site	7
3.1.	Contexte géographique et géomorphologique	7
3.2.	Topographie	8
3.3.	Contexte géologique	8
3.4.	Contexte hydrogéologique	11
3.5.	Aléas géotechniques	12
3.5.1.	Inondation	12
3.5.2.	Aléa retrait gonflement des argiles	12
3.5.3.	Aléa sismique	13
3.5.4.	Aléa souterrain	14
3.6.	Étude des photographies aériennes	14
4.	Visite de site	18
5.	Investigations et modèle géotechnique	20
5.1.	Campagne d'investigations géotechniques	20
5.2.	Résultats des reconnaissances	20
5.2.1.	Sondages pressiométriques	20
5.2.2.	Sondages pénétrométriques	22
5.2.3.	Niveau d'eau	24
5.3.	Modèle géotechnique préliminaire	25
6.	Ebauche dimensionnelle des fondations	26
6.1.	Règlement de calcul	26
6.2.	Éléments de calcul	26
6.3.	Hypothèses de calcul	26
6.4.	Résultats des calculs	27
7.	Principes généraux de construction	28
7.1.	Principes de fondation	28
7.2.	Terrassements et fonds de fouille	28
7.3.	Gestion des eaux	28
7.4.	Agressivité des sols vis-à-vis des bétons	28
7.5.	Réemploi des matériaux	29
7.6.	Hydrogéologie	29

7.7. Zone d'influence géotechnique (ZIG)	29
8. Incertitudes résiduelles	30
8.1. Analyse du potentiel de liquéfaction	30
8.2. Sondages et essais.....	30
9. Enchaînement des missions géotechniques.....	31

Table des figures

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude sur fond de plan IGN (Source : Géoportail)	7
Figure 2 : Localisation de la zone d'étude en vue aérienne	7
Figure 3 : Profil altimétrique le long de la zone d'étude	8
Figure 4 : Carte géologique locale-Echelle 1/25 000 ^{ème} (Source : Infoterre)	9
Figure 5 : Localisation des sondages de la BSS à proximité du site.....	10
Figure 6 : Carte de l'aléa remontée de nappe au droit du site (source : BRGM)	12
Figure 7. Carte de l'aléa retrait gonflement des argiles (source : BRGM).....	13
Figure 8. Implantation de la zone d'étude sur le zonage sismique en vigueur au 1er mai 2011.....	14
Figure 9 : Vue aérienne du site en 1938.....	15
Figure 10 : Vue aérienne du site en 1947.....	15
Figure 11 : Vue aérienne du site en 1967.....	16
Figure 12 : Vue aérienne du site en 1972.....	16
Figure 13 : Vue aérienne du site en 1977.....	17
Figure 14 : Vue aérienne du site en 1991.....	17
Figure 15 : Planche photographique (visite du 15/07/2025)	19
Figure 16 : Synthèse des résistances Qc obtenues au droit des sondages au pénétromètre statique	23
Figure 17 : Exemple de profil lithologique extrapolé à partir de la pénétrométrie (CPT1)	24

Table des tableaux

Tableau 1 : Log géologique des sondages à proximité du site d'étude (Source : BSS)	10
Tableau 2:Analyse statistique des essais pressiométriques dans la couche C2.....	21
Tableau 3:Analyse statistique des essais pressiométriques dans la couche C3-1	21
Tableau 4:Analyse statistique des essais pressiométriques dans la couche C3-2	21
Tableau 5 : Profondeurs de base des horizons rencontrés au droit des sondages pressiométriques..	22
Tableau 6: Modèle géotechnique retenu au droit du site en phase G1	25
Tableau 7: Hypothèses de calcul retenues.....	27
Tableau 8: Capacités portantes au droit des pieux.....	27
Tableau 9: Résistances à la traction au droit des pieux	27

Table des annexes

Annexe I :	Synoptique des missions d'ingénierie géotechnique – Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013
Annexe II :	Plan d'implantation des sondages
Annexe III :	Résultats des sondages pressiométriques
Annexe IV :	Résultats et interprétation des sondages au pénétromètre statique

1. Contexte et objectifs

Dans le cadre du projet « mistral » qui consiste en la construction d'un hangar industriel à Fos-sur-Mer dans le département des Bouches-du-Rhône (13), **MARCEGAGLIA** a missionné Antea Group pour la réalisation d'une étude géotechnique de type G1 ES-PGC au sens de la norme NF P 94-500 de novembre 2013.

Un synoptique de cette norme est fourni en **Annexe I** de ce rapport.

Les objectifs de cette étude sont ainsi :

- Définir le contexte géologique, hydrologique, hydrogéologique et géotechnique du site ;
- Evaluer la nature et les caractéristiques des formations géologiques présentes au droit du site ;
- Evaluer les aléas géotechniques et leur impact sur d'éventuels projets à venir ;
- Définir un modèle géotechnique préliminaire ;
- Définir les principes généraux de construction dans le cadre de futurs bâtiments possibles (modes de fondations et soutènement).

A ce stade, seule l'emprise du projet nous a été transmise. Les caractéristiques des ouvrages projetés ne nous ont pas été communiquées.

2. Documents de référence

Les documents de référence d'Antea Group pour la réalisation de cette étude sont les suivants :

Documents techniques et normatifs :

- Missions d'ingénierie géotechnique – Classifications et Spécification, NF P 94-500, novembre 2013 ;
- Eurocode 7, calcul géotechnique, partie I – Règles générales – NF EN 1997-1, juin 2005 ;

Documents consultés :

- Le site Géoportail (<https://www.geoportail.gouv.fr/>) pour :
 - Les cartes IGN ;
 - Les photos satellites ;
- La carte géologique au 1/50 000^{ème} d'ISTRES et la notice qui l'accompagne ;
- La Banque de Données du Sous-Sol (BSS) du BRGM ;
- Les sites du BRGM :
 - Le visualiseur Infoterre pour les cartes géologiques et les cartes d'aléa inondations par débordement de nappe (<http://infoterre.brgm.fr/viewer/MainTileForward.do>) ;
 - L'espace cartographique du Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines en Seine-Normandie (SIGES Seine-Normandie) pour un extrait de la carte hydrogéologique de la France au 1/50 000^{ème} (<http://sigessn.brgm.fr/?page=carto>).
- Le site Géorisques (<https://www.georisques.gouv.fr/>) pour les zonages cartographiques des aléas naturels.

3. Présentation du contexte général du site

3.1. Contexte géographique et géomorphologique

Le site étudié est implanté dans le département des Bouches-du-Rhône (13), sur la commune de Fos-sur-Mer, dans la plaine de la Crau en bordure du golfe de Fos. Il se situe dans la zone Industrielle de la commune de Fos-sur-Mer, sur l'emprise du Grand Port Maritime de Marseille (GPMM).

La zone d'étude présente une superficie d'environ 23 ha. La localisation géographique sur fond de plan IGN est présentée en Figure 1.

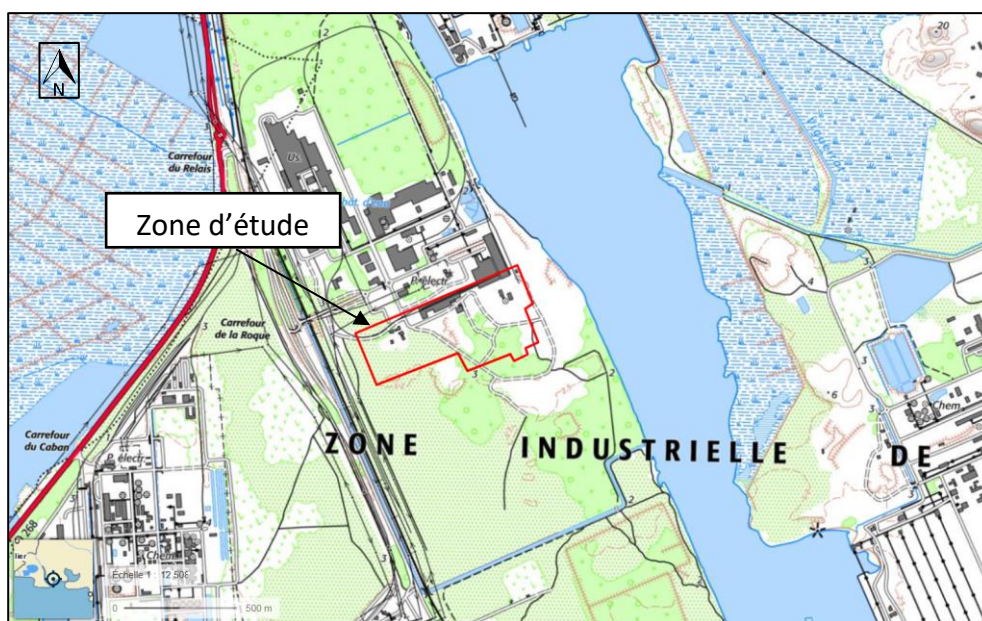


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude sur fond de plan IGN (Source : Géoportail)



Figure 2 : Localisation de la zone d'étude en vue aérienne

3.2. Topographie

De manière générale, l'altimétrie du site s'établit entre **1,5 m NGF** et **4 m NGF**. Toutefois, une zone spécifique, située dans la partie centrale du site d'étude, est actuellement utilisée pour le stockage de matériaux (gravats et sable). Dans ce secteur, l'accumulation de ces matériaux entraîne une surélévation notable, avec des altitudes atteignant **10 à 13 m NGF**, soit 6 à 11,5 m au-dessus du terrain naturel environnant.



Figure 3 : Profil altimétrique le long de la zone d'étude

3.3. Contexte géologique

Selon la carte géologique n° 1019 d'Istres, les formations géologiques rencontrées dans le secteur d'étude sont constituées, pour l'essentiel, d'alluvions. A l'Ouest le Rhône actuel est à l'origine de ces dépôts tandis que, plus au nord, la nappe de la Crau de constitution caillouteuse est le vestige de la paléo-Durance.

D'après la notice de la carte géologique d'Istres (1019) et des informations recueillies sur le site Infoterre du BRGM, les formations géologiques rencontrées au droit du site sont les suivantes :

- Sables éoliens des dunes littorales notées (**NMz**) ;
- Sables d'anciens cordons littoraux plus ou moins éolisés en surface (**Mz3**) ;
- Sables limoneux des dépressions au sein des cordons (**Mz4**) ;
- Les vases des étangs (**LM**).

La carte géologique est présentée ci-après.

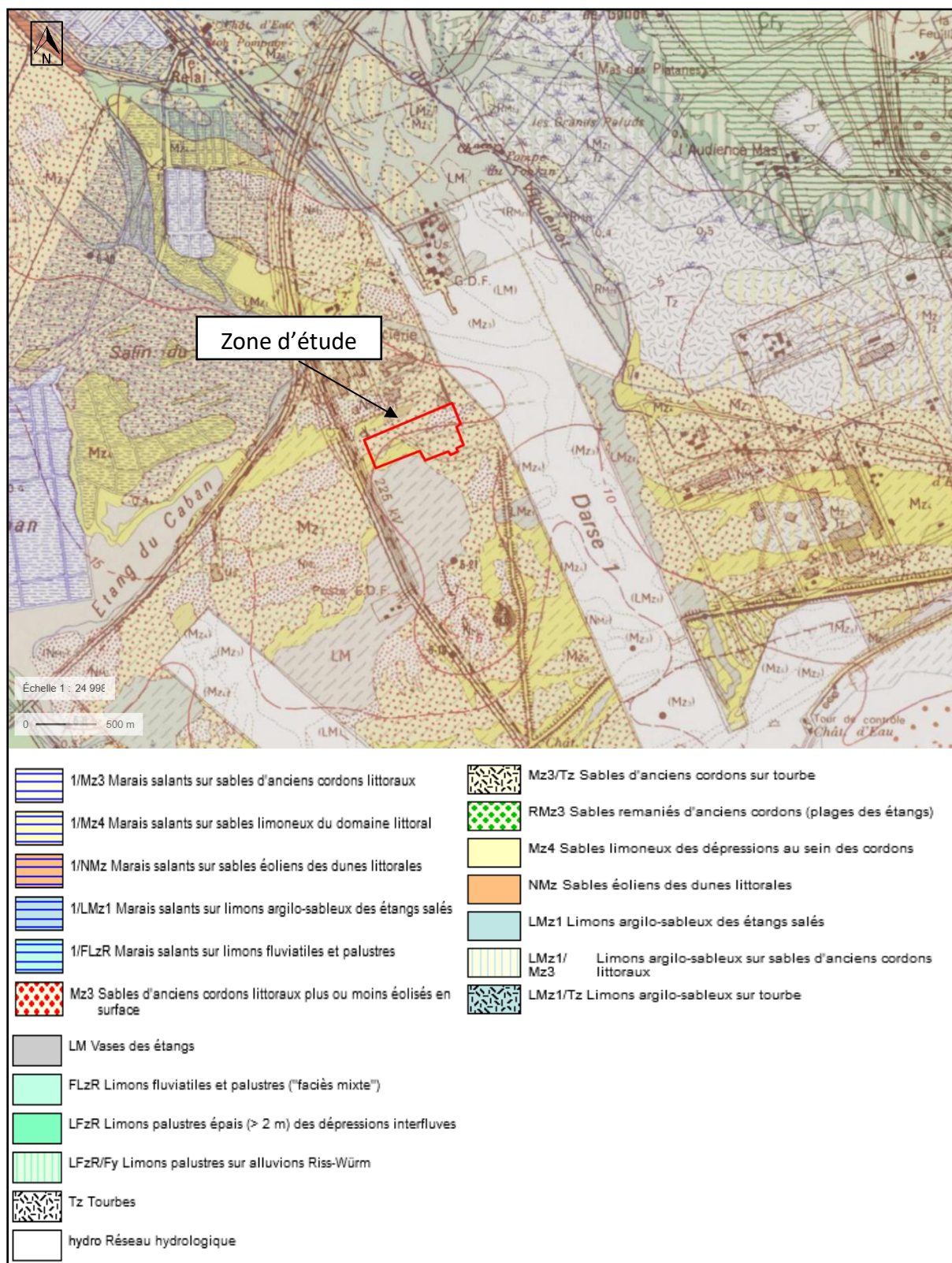


Figure 4 : Carte géologique locale-Echelle 1/25 000^{ème} (Source : Infoterre)

D'après la base de données Infoterre, de nombreux sondages sont localisés aux alentours du site d'étude sur un périmètre d'environ d'1 km. Leur localisation est illustrée en Figure 5.

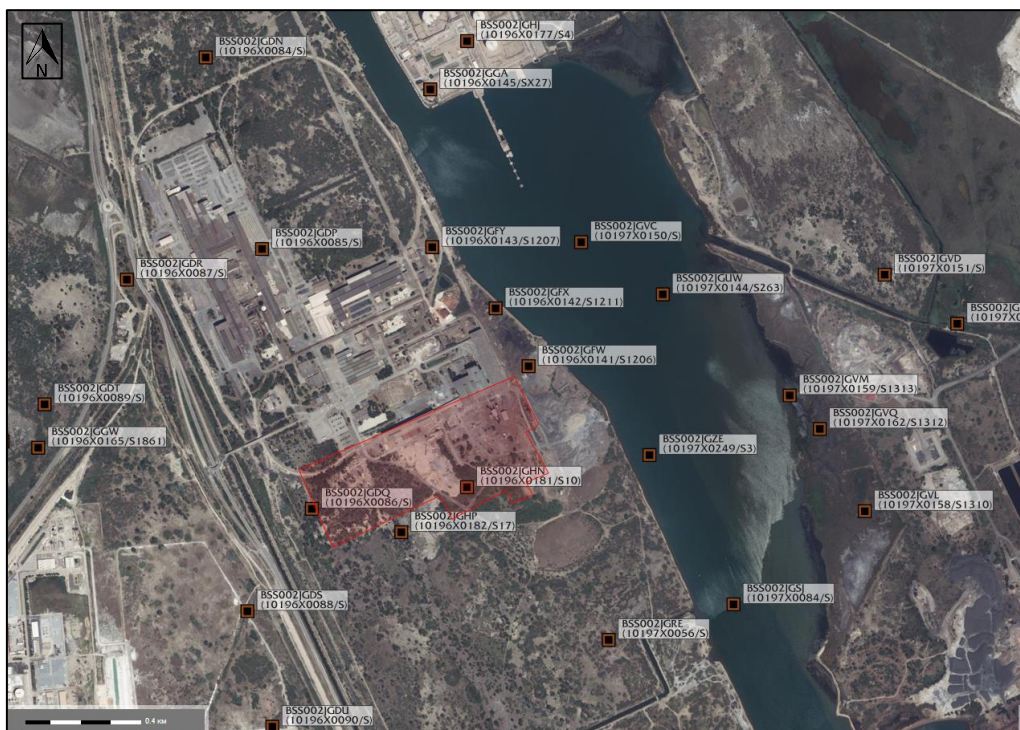
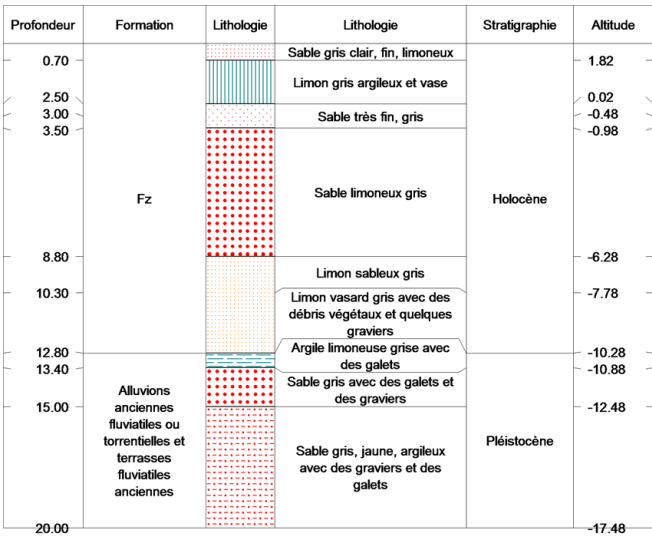
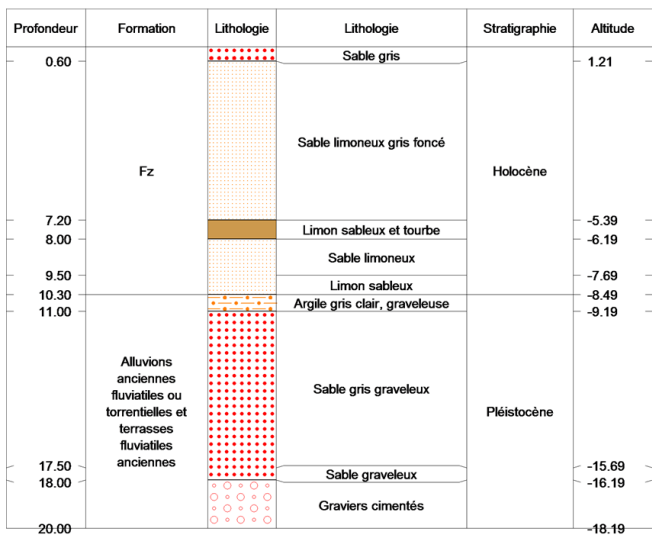


Figure 5 : Localisation des sondages de la BSS à proximité du site

Le tableau suivant fournit les coupes géologiques et les coupes lithologiques correspondantes des forages les plus proches du site d'étude.

Tableau 1 : Log géologique des sondages à proximité du site d'étude (Source : BSS)

Référence du forage	Nature	Lithologie					
BSS002JGDQ	Sondage	Profondeur	Formation	Lithologie	Lithologie	Stratigraphie	Altitude
		0.40	Formations littorales récentes		Sable marin fin beige	Holocène	-1.57
		1.40			Sable marin fin gris		-0.57
		2.30			Limon gris foncé avec des passages de sable fin		-0.33
		3.80			Sable fin beige		-1.83
		9.40			Sable fin gris foncé, débris de coquilles		
		11.50	Alluvions würmiennes Fy +5 - 10 (+3-4; 412) (+1 - 3; 476)		Sable fin limoneux gris foncé, débris de coquilles	Würm	-7.43
		13.80			Galets non consolidés (éléments moyens de 2 à 10cm) à liant sablo-limoneux gris foncé, concrétions calcaires, débris de coquilles (Cailloutis de Crau)		-9.53
		16.10			Galets plus ou moins consolidés liant sableux gris foncé, sableux fin et grossier gris (Cailloutis de Crau)		-11.83
		17.00			Galets plus ou moins consolidés liant sablo-limoneux jaunâtre (Cailloutis de Crau)		-14.13
							-15.03

BSS002JGHP	Sondage	
BSS002JGHN	Sondage	

Les résultats issus de ces sondages confirment la **nature alluvionnaire** des matériaux présents à proximité du site, en cohérence avec les observations cartographiques.

3.4. Contexte hydrogéologique

Au niveau local, deux aquifères indépendants sont présents :

- Limons et alluvions quaternaires du Bas Rhône et de la Camargue (aquifère superficiel sablo-limoneux de faible perméabilité donc très peu productif) ;
- Cailloutis de la Crau (aquifère des alluvions de la Crau de forte perméabilité).

La séparation entre les deux aquifères est due à une couche imperméable de constitution limoneuse. Elle constitue le substratum de la première nappe et maintient la nappe de la Crau captive au droit du site.

3.5. Aléas géotechniques

3.5.1. Inondation

La commune de Fos-sur-Mer n'est pas concernée par un Plan de Prévention du Risque d'Inondation (PPRI).

Selon les informations du site Géorisques (<https://www.georisques.gouv.fr/>), le site d'étude se trouve dans une zone potentiellement exposée aux risques d'inondation par submersion marine.

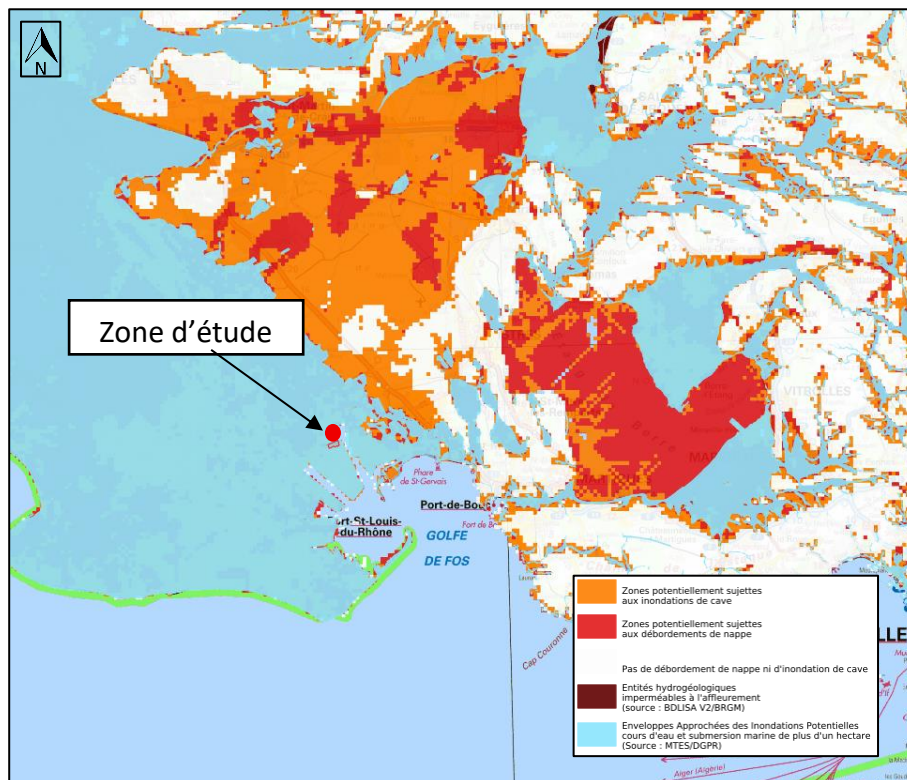


Figure 6 : Carte de l'aléa remontée de nappe au droit du site (source : BRGM)

3.5.2. Aléa retrait gonflement des argiles

D'après les données du BRGM issues du site www.georisques.gouv.fr, le site d'étude se trouve au droit d'une **zone d'aléa moyen** vis-à-vis du phénomène de retrait gonflement des argiles pour les ouvrages superficiels.

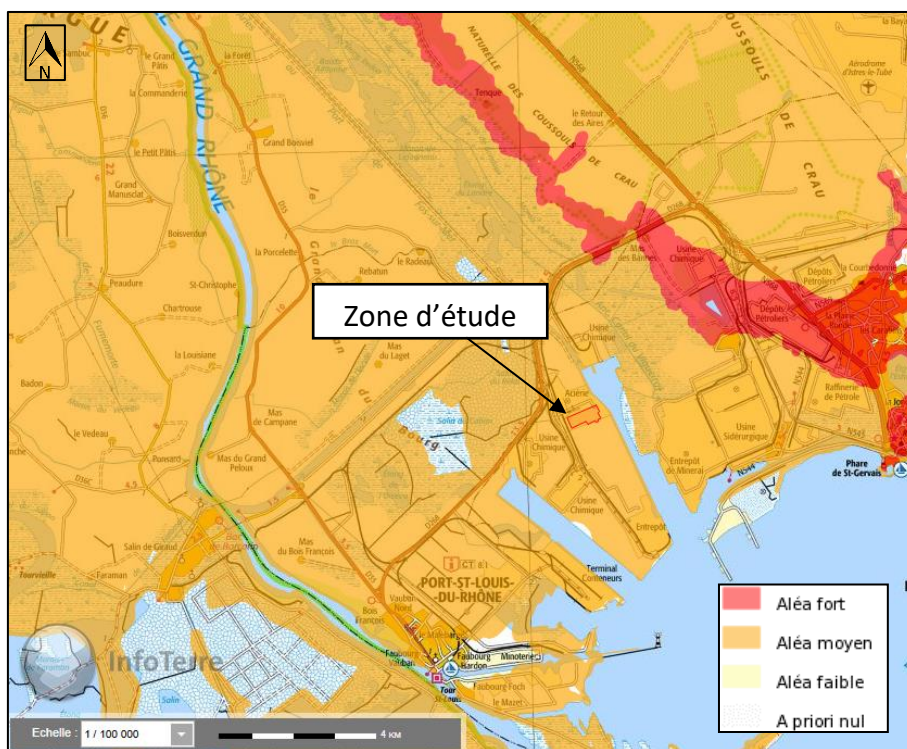


Figure 7. Carte de l'aléa retrait gonflement des argiles (source : BRGM)

3.5.3. Aléa sismique

Afin de correspondre aux nouvelles normes européennes (EUROCODE 8), une réévaluation du zonage sismique français a été réalisée en 2005 par le BRGM.

Basée sur une approche probabiliste de l'aléa sismique, la nouvelle carte d'aléa prévoit un découpage du territoire français en communes et non plus en cantons. Le nouveau zonage comprendrait alors 5 zones :

1. zone de sismicité 1 : sismicité très faible,
2. zone de sismicité 2 : faible,
3. zone de sismicité 3 : modérée,
4. zone de sismicité 4 : moyenne,
5. zone de sismicité 5 : forte.

Selon la carte en vigueur au 1^{er} mai 2011, le projet photovoltaïque est classé en **zone d'aléa modérée**, l'accélération de référence a_{gr} est égale à $1,1 \text{ m/s}^2$.

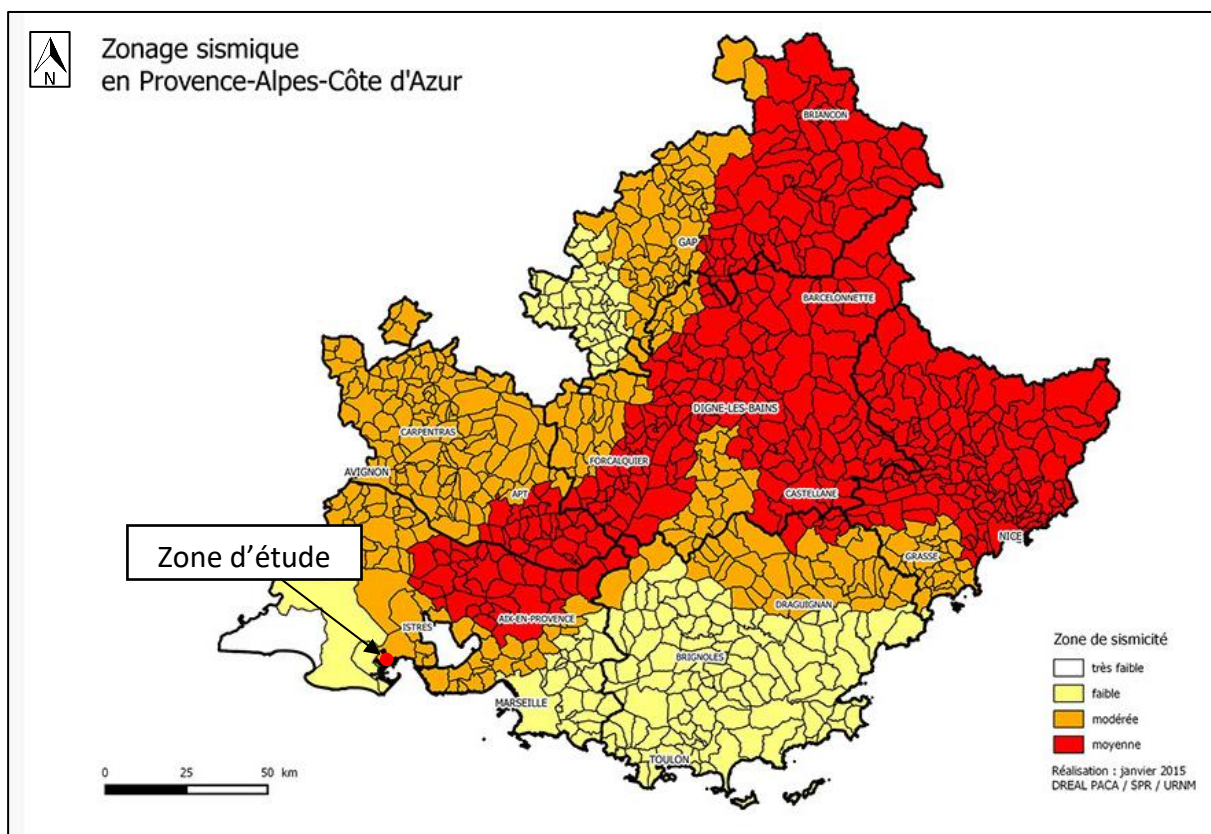


Figure 8. Implantation de la zone d'étude sur le zonage sismique en vigueur au 1er mai 2011

3.5.4. Aléa souterrain

Aucune cavité souterraine n'est recensée dans un rayon de 5 km autour du site d'étude. L'aléa est jugé faible.

3.6. Étude des photographies aériennes

Nous avons étudié les vues aériennes anciennes prises par l'IGN au droit du projet, afin de vérifier l'historique du site.

Vers la fin des années 1930, en 1938, sur l'une des plus anciennes vues aériennes disponibles, le site présente une couverture arborée et accueille « l'étang de la Roque ».

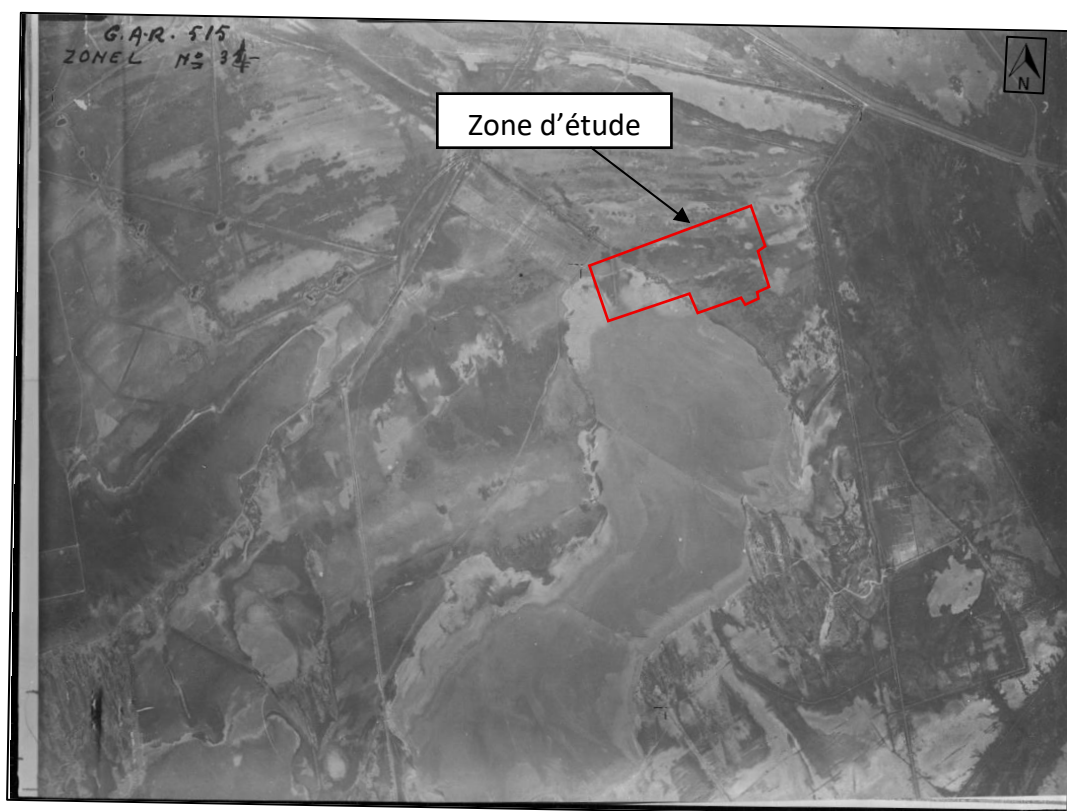


Figure 9 : Vue aérienne du site en 1938

Entre 1938 et 1967, aucune évolution notable n'est observée au droit du site.

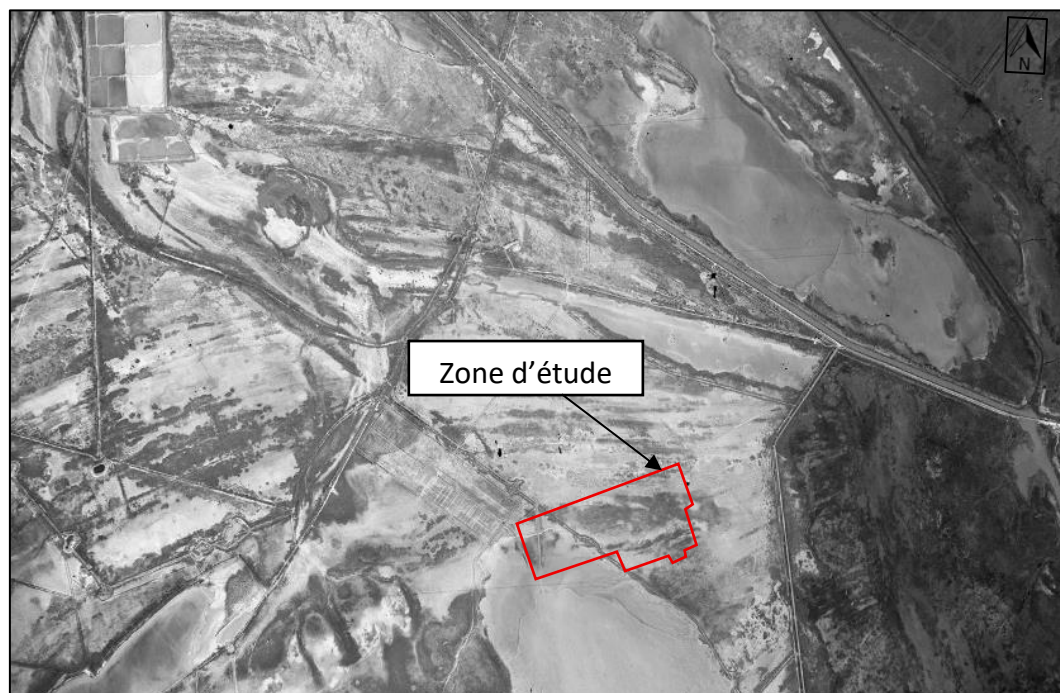


Figure 10 : Vue aérienne du site en 1947

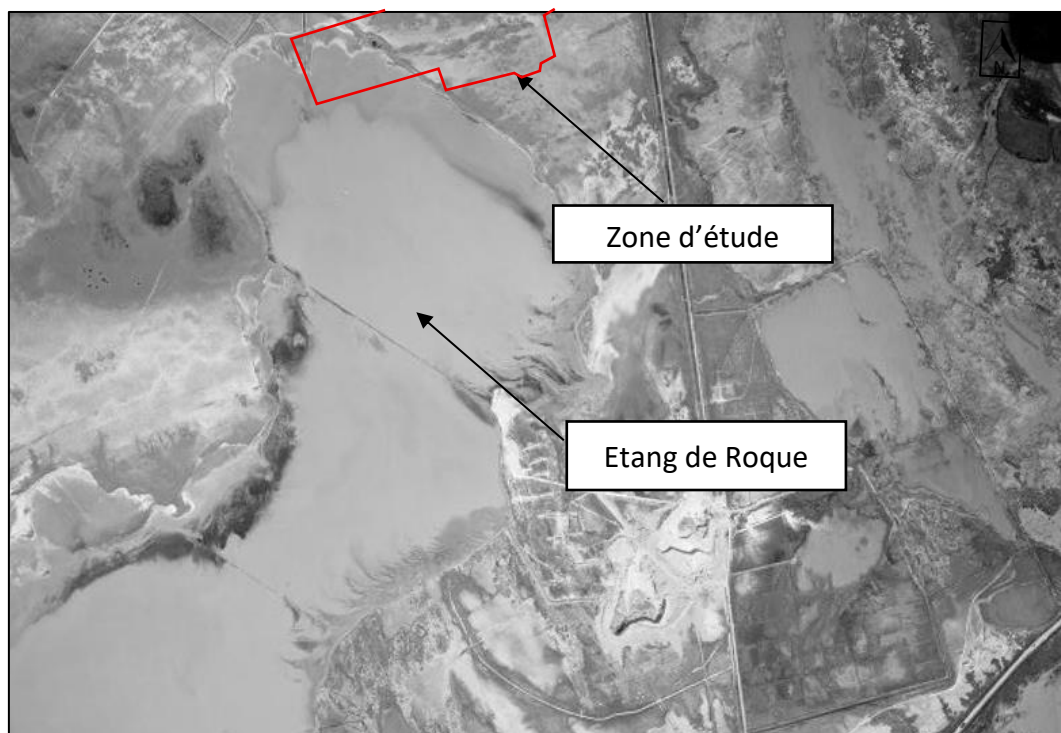


Figure 11 : Vue aérienne du site en 1967

Entre 1967 et 1972, « l'étang de la Roque » a probablement été asséché puis remblayé afin de permettre l'aménagement du site. Parallèlement, les premières constructions apparaissent dans la partie nord du site d'étude à partir de 1972.

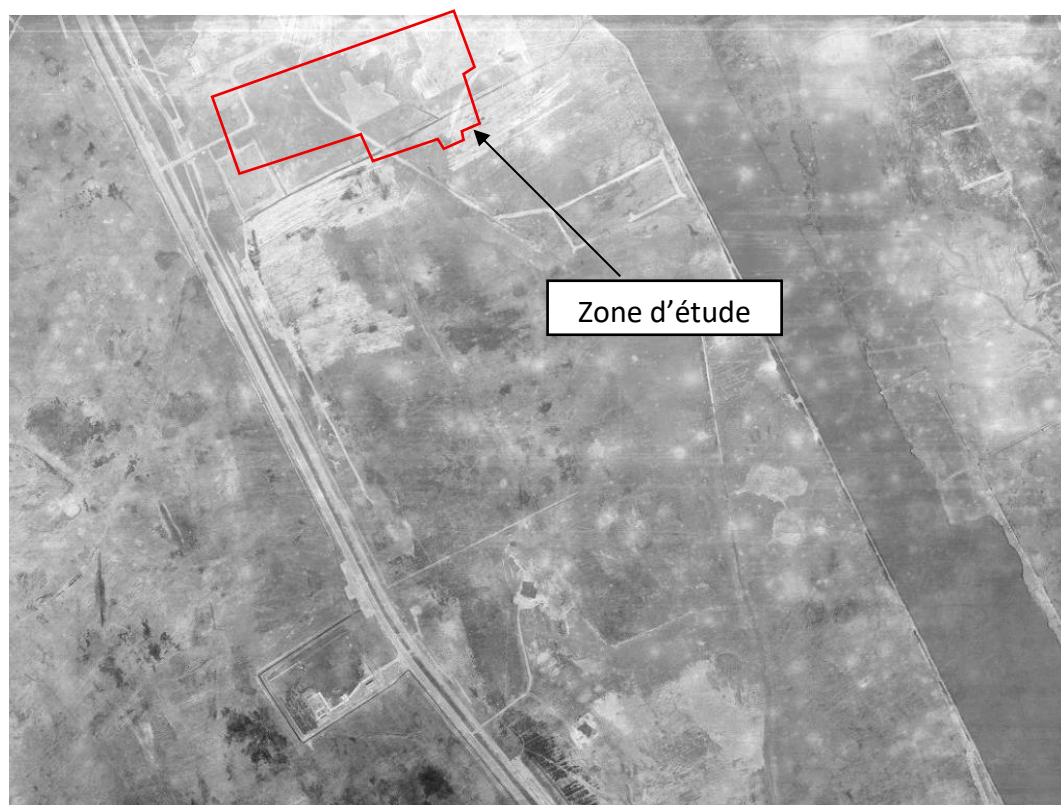


Figure 12 : Vue aérienne du site en 1972



Figure 13 : Vue aérienne du site en 1977

Entre 1977 et 1991, la zone de stockage de remblai/grave a été aménagée au droit du site.

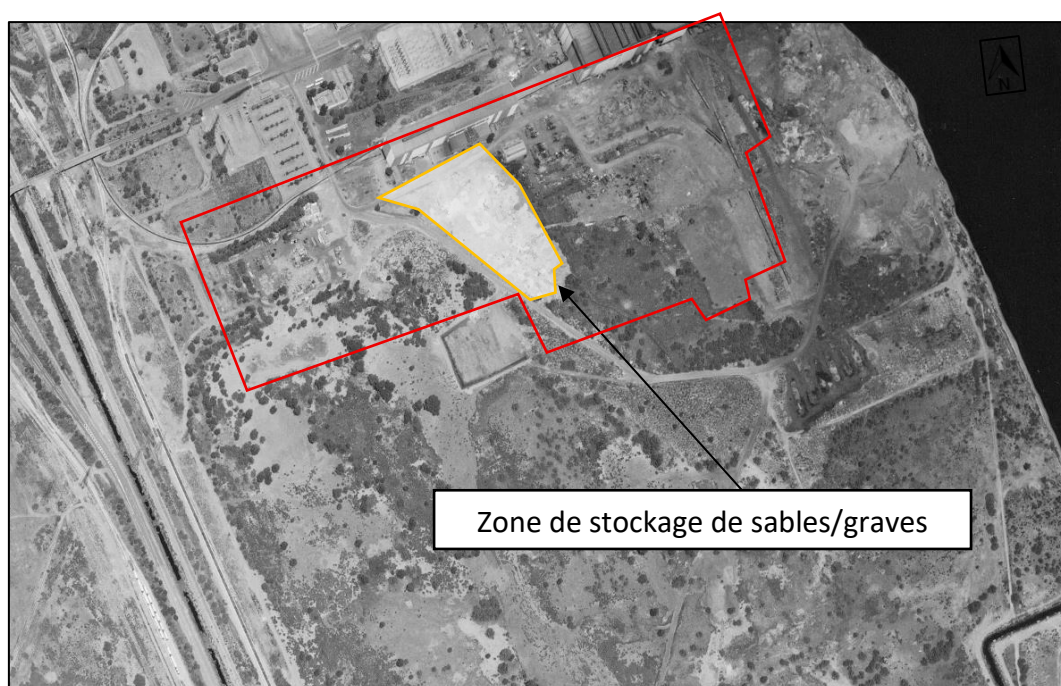


Figure 14 : Vue aérienne du site en 1991

Aucune évolution significative n'est observée au droit du site depuis 1991.

L'analyse des photographies aériennes du site montre que la partie sud-ouest était occupée par un étang jusqu'au moins 1947. Les sols issus de zones humides ou d'anciens étangs sont généralement constitués de sédiments fins (vases, tourbes) présentant une forte compressibilité.

4. Visite de site

Une visite de site a été effectuée afin de repérer des indices concernant : la géologie, la géomorphologie, la présence de cavité ou d'autres singularités pouvant être prises en compte pour cette étude.

La visite a été effectuée le 15 juillet 2025 par un géotechnicien, par beau temps.

Au cours de cette visite, la zone d'implantation du projet a été inspectée.

Un reportage photographique plus détaillé est disponible sur la **Figure 15**.

Il ressort de la visite les points suivants :

- Le terrain présente une topographie globalement plane ;
- Présence de zones inaccessibles occupées par la végétation dense ;
- Présence sur l'ensemble de la zone d'étude de divers déchets issus de l'activité de l'aciérie (tubes en acier, pneus, ferrailles, etc.);
- Aucun affleurement rocheux n'a pu être mis en évidence ;
- Aucun réseau hydrographique de surface n'a pu être observé au droit du site ;
- Aucune anomalie ou indice de type cavité, doline, effondrement ou affaissement n'a été observé au droit de la zone même du projet.



Hangar industriel



Hangar à l'abandon



Aire de stockage (sables/graves)



Aire de stationnement PL



Figure 15 : Planche photographique (visite du 15/07/2025)



Hangar industriel



Bosquet

5. Investigations et modèle géotechnique

5.1. Campagne d'investigations géotechniques

Une campagne de reconnaissances a été réalisée dans le cadre de la mission d'étude G1 ES-PGC. Le programme d'investigations géotechniques, menées du 15 au 29 juillet 2025, est le suivant :

- Trois (03) sondages destructifs (**SP1 à SP3**) descendus à 20 m de profondeur avec enregistrement des paramètres de forage. Ces sondages ont ensuite été utilisés pour la réalisation d'essais pressiométriques à partir de 1 m de profondeur ;
- Quatre (04) sondages au pénétromètre statique avec mesure de la pression interstitielle (**CPTu2, CPTu3, CPTu4 et CPTu7**) menés jusqu'au refus entre 12,3 et 13,9 m/TA.
- Trois (03) sondages au pénétromètre statique (**CPT1, CPT5 et CPT6**) menés jusqu'au refus entre 12,2 et 14,5 m/TA.

Le plan d'implantation des sondages est présenté en **Annexe II**.

Remarque : Les profondeurs qui suivent sont exprimées en mètres par rapport au terrain actuel (m/TA), rencontrées au moment des reconnaissances, en juillet 2025.

Remarque : Les sondages sont des reconnaissances ponctuelles et ne peuvent offrir une vision continue de l'état des terrains. Leur implantation et leur densité, guidées par la connaissance que nous avons du site, permettent d'avoir une vision représentative de l'état du sous-sol, sans que l'on puisse exclure, entre deux sondages, l'existence d'une anomalie d'extension limitée qui aurait échappé aux mailles de nos investigations.

A ce stade d'étude préalable G1, la densité de sondages géotechniques est faible (1 sondage ou essai tous les 2 ha environ). Compte tenu de la géologie du secteur, elle ne prétend pas pouvoir obtenir une zonation précise des différentes aires concernées par le projet mais permet seulement d'anticiper des tendances générales.

5.2. Résultats des reconnaissances

5.2.1. Sondages pressiométriques

Les propriétés mécaniques des couches rencontrées sont données ci-après :

➤ Remblais (Couche C1)

Cet horizon est constitué de remblais sableux gris avec des galets et a été retrouvé au droit de tous les sondages pressiométriques à des profondeurs comprises entre 0,3 m (SP2) et 1 m/TA (SP1).

Un seul essai pressiométrique a pu être réalisé dans cette couche. Les propriétés mécaniques issus de cet essai sont jugées bonnes (**$PI^* = 2,7 \text{ MPa}$ et $E_M = 56 \text{ MPa}$**).

➤ Sable limoneux assez lâche (Couche C2)

Cet horizon est constitué principalement de sable limoneux, avec quelques passages tourbeux et la présence de galets. Il a été rencontré au droit du site jusqu'à des profondeurs comprises entre 10,8 m/TA (SP1) et 12 m/TA (SP2). Les essais pressiométriques (25 essais) montrent des caractéristiques mécaniques faibles pour cette formation. L'analyse statistique menée sur les 35 essais donne les résultats suivants :

	Min	Max	Moy*
PI^* (MPa)	0,4	2,3	0,9
E_M (MPa)	3	73	7

Tableau 2:Analyse statistique des essais pressiométriques dans la couche C2

*La moyenne est harmonique pour les modules et géométrique pour les pressions.

➤ Galets de la Crau (Couche C3)

Cet horizon constitué de galets de la Crau a été rencontré au droit du site jusqu'à la profondeur de fin des sondages pressiométriques, soit 20 m/TA. Les résultats des essais pressiométriques permettent de distinguer au sein de cet horizon deux sous-couches distinctes :

- **C2-1 : Galets de la Crau moyennement compacts** : cette couche a été reconnue jusqu'à des profondeurs comprises entre 14,3 m/TA (SP2) et 15,5 m/TA (SP1). 6 essais pressiométriques ont été réalisés dans cette couche. L'analyse statistique menée sur les 6 essais donne les résultats suivants :

	Min	Max	Moy*
PI^* (MPa)	0,6	2,8	1,2
E_M (MPa)	4	389	13

Tableau 3:Analyse statistique des essais pressiométriques dans la couche C3-1

*La moyenne est harmonique pour les modules et géométrique pour les pressions.

- **C3-2 : Galets de la Crau compacts** : Cet horizon a été rencontré jusqu'à la profondeur de 20 m/TA. 8 essais pressiométriques ont été réalisés dans cet horizon. L'analyse statistique menée sur les 8 essais donne les résultats suivants :

	Min	Max	Moy*
PI^* (MPa)	3,2	3,8	3,7
E_M (MPa)	62	306	102

Tableau 4:Analyse statistique des essais pressiométriques dans la couche C3-2

*La moyenne est harmonique pour les modules et géométrique pour les pressions.

Le Tableau 5 présente la synthèse des différents horizons rencontrés au droit des sondages pressiométriques.

Sondage	Matériau	Prof. base (m/TA)
SP1	Remblais	-1,0
	Sable limoneux assez lâche	-10,8
	Galets de la Crau moyennement compacts	-15,5
	Galets de la Crau compacts	<-20,0
SP2	Remblais	-0,3
	Sable limoneux assez lâche	12,0
	Galets de la Crau moyennement compacts	-14,3
	Galets de la Crau compacts	<-20,0
SP3	Remblais	-0,5
	Sable limoneux assez lâche	-12,0
	Galets de la Crau moyennement compacts	-14,0
	Galets de la Crau compacts	<-20,0

Tableau 5 : Profondeurs de base des horizons rencontrés au droit des sondages pressiométriques

Les résultats des sondages pressiométriques sont présentés en **Annexe III**.

5.2.2. Sondages pénétrométriques

5.2.2.1. Valeurs de résistance à la pénétration

7 essais de pénétration statique CPT ont été réalisés sur l'ensemble du site, et poussés jusqu'à des profondeurs qui varient entre 12,2 et 14,5 m (profondeur de refus au contact de la formation des Galets de la Crau).

On considèrera l'échelle de valeurs suivantes pour classer les terrains traversés selon leur résistance à la pénétration q_c :

- $q_c < 1$ MPa : résistance mécanique très faible ;
- $1 < q_c < 5$ MPa : résistance mécanique faible ;
- $q_c \geq 5$ MPa : résistance mécanique moyenne ou meilleure

Les résultats obtenus sont synthétisés dans les diagrammes suivants :

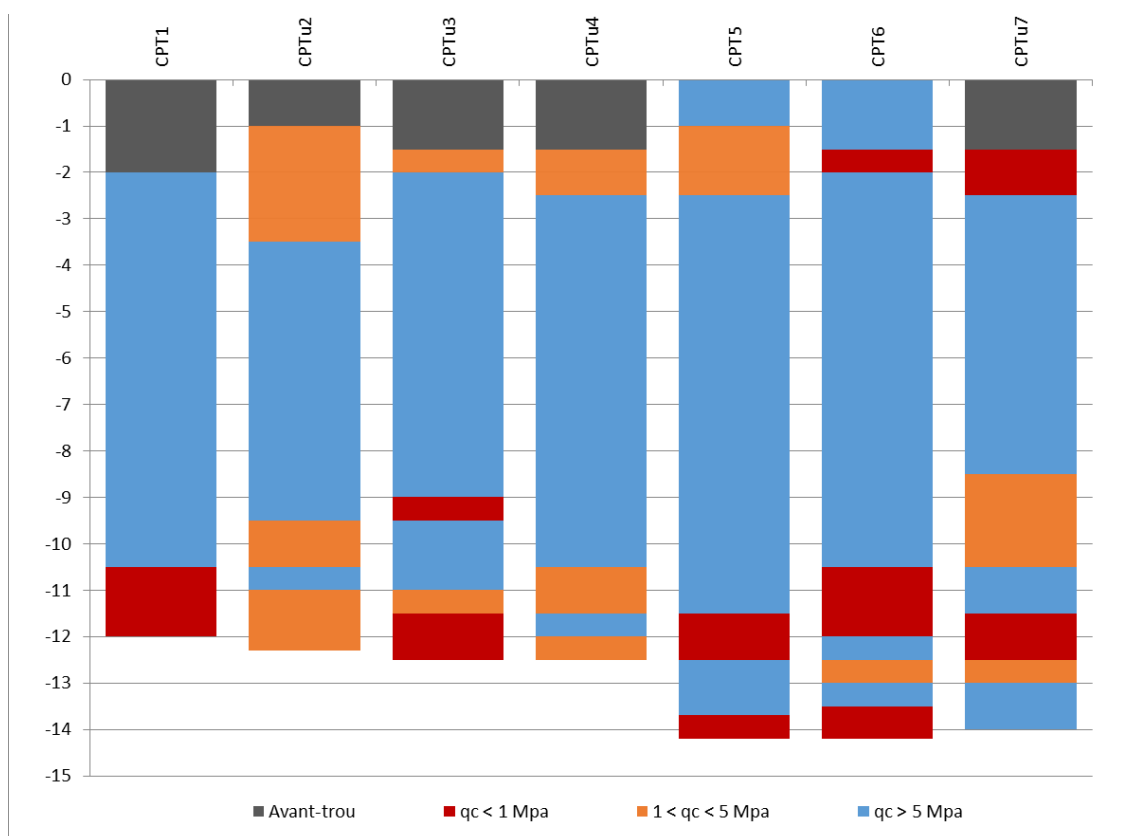


Figure 16 : Synthèse des résistances Q_c obtenues au droit des sondages au pénétromètre statique

Des matériaux superficiels de compacité moyenne à élevée ($Q_c > 5$ MPa) ont été rencontrés au droit des sondages CPT5 et CPT6 jusqu'à une profondeur d'environ 1,5 m/TA. Il s'agit de la couche de remblai identifiée lors des sondages pressiométriques, constituant la plateforme du site.

En dessous, les matériaux présentent une compacité faible à moyenne jusqu'au refus. Quelques horizons localisés à compacité très faible ont également été observés ; ils pourraient correspondre aux passages tourbeux décrits dans les logs des sondages pénétrométriques.

Les résultats des sondages pénétrométriques sont présentés en **Annexe IV**.

5.2.2.2. Interprétation de la lithologie

La lithologie est interprétée selon les abaques de Robertson.

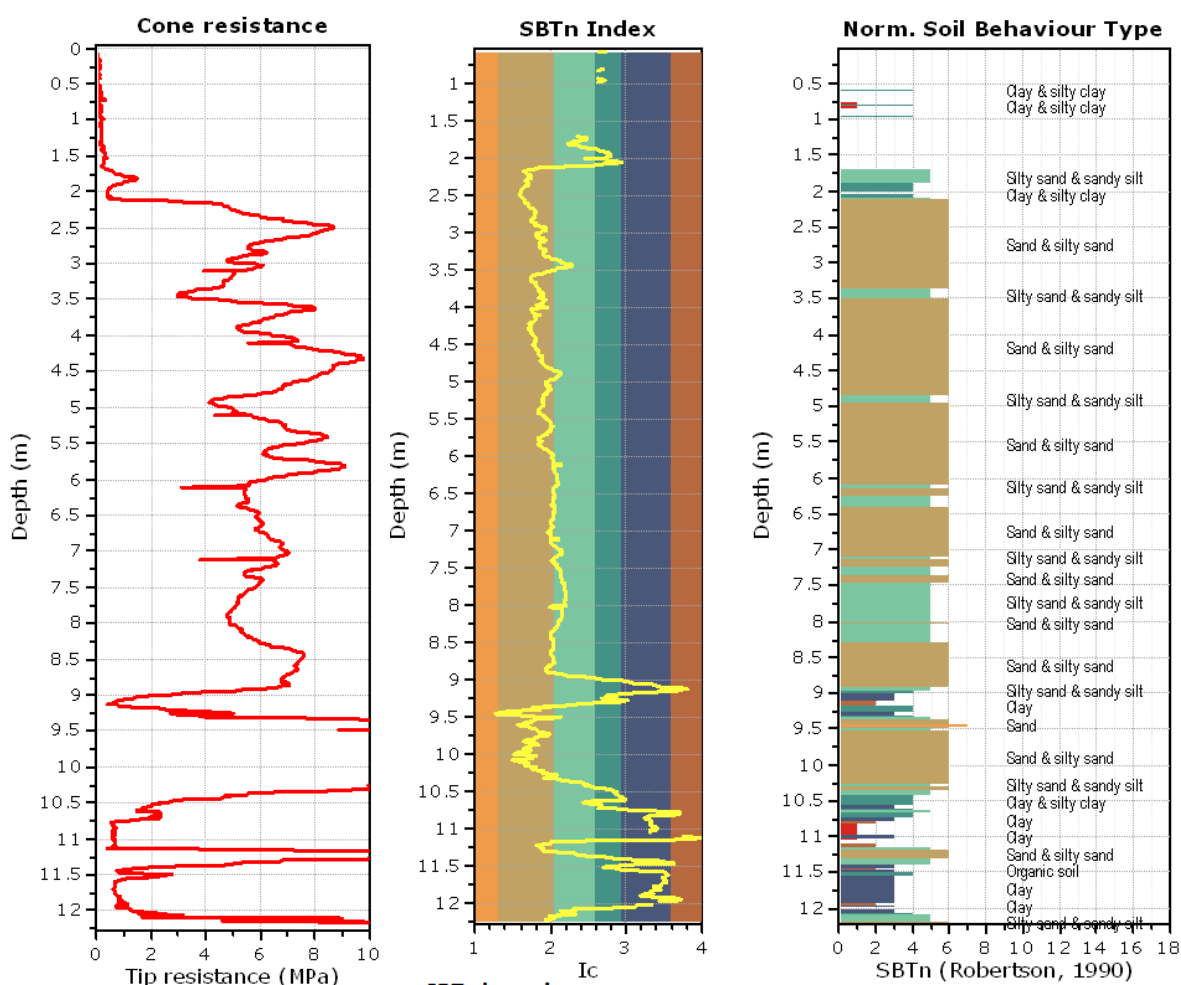


Figure 17 : Exemple de profil lithologique extrapolé à partir de la pénétrométrie (CPT1)

Les sables et sables limoneux sont présents jusqu'à une profondeur de 10,3 m/TA et présentent des résistances mécaniques moyennes comprises entre 5 et 6 MPa.

À partir de 10,3 m/TA, les matériaux sont décrits comme argileux à argiles limoneuses, observés jusqu'à la profondeur de refus (12,2 m/TA).

5.2.3. Niveau d'eau

Au droit des sondages au pénétromètre avec mesure de la pression interstitielle, des avant-trous ont été réalisés jusqu'au toit de nappe. Le niveau d'eau observé varie entre 1 et 2 m/TA.

Des niveaux d'eau ont été également mesurés dans les sondages pressiométriques après foration entre 3,1 et 4,2 m de profondeur. Ces niveaux ont toutefois probablement été perturbé du fait d'une technique de foration à l'eau et ne sont pas forcément représentatif du niveau de la nappe.

5.3. Modèle géotechnique préliminaire

Le Tableau 6 présente le modèle géotechnique retenu à ce stade (G1) au droit du site.

Formation	Prof. base (m/TA)	Qc (MPa)	P _L * (MPa)	E _M (MPa)	E _M /P _I	α
C1 : Remblais sableux	-1,0	> 10	2,7	56	21	1/2
C2 : Sables limoneux assez lâches	-14,5	5	0,9	7	8	1/2
C3-1 : Galets de la Crau moyennement compacts	-15,5	-	1,2	13	11	1/3
C3-2 : Galets de la Crau compacts	< -20,0	-	3,7	102	28	1/3

Tableau 6: Modèle géotechnique retenu au droit du site en phase G1

6. Ebauche dimensionnelle des fondations

6.1. Règlement de calcul

Concernant les fondations profondes, les calculs ont été réalisés conformément aux prescriptions de l'EUROCODE 7 (EC7) et de sa norme d'application nationale NF P94-262 Justification des ouvrages géotechniques – Fondations profondes. Les calculs sont menés selon la méthode pressiométrique qui est détaillé en Annexe F de la norme NFP 94-262.

Les pieux seront dimensionnés selon l'approche de calcul 2, aux ELU et ELS conformément au tableau 8.1 de la norme NFP 94-262.

La méthode de calcul « Modèle de terrain » sera appliqué pour la détermination de la résistance limite de compression (ou portance limite) des pieux NFP 94-262 - § 8.5.2 (5 et 6) – note 3), selon la méthode pénétrométrique (NFP 94-262 - Annexe F).

Conformément à cette Norme d'application nationale, il doit être réalisé, pour la combinaison d'action fondamentale et la situation de projet la plus défavorable vis-à-vis de l'état limite ultime (ELU) et de l'état limite de service (ELS), les vérifications suivantes :

- Portance des terrains ;
- Résistance de traction ;
- Résistance structurale (non réalisé en G2-AVP) ;
- Déplacement en tête de pieux (dans le cas de fondations profondes sous charge transversale) (non réalisé en G2-AVP).

6.2. Eléments de calcul

L'effort limite mobilisable sous la pointe QPU est négligé pour les micropieux.

La charge limite QU est alors égale à l'effort limite mobilisable par frottement latéral :

$$QU = QSU$$

L'effort limite mobilisable par frottement latéral sur la hauteur concernée du fût d'un élément de fondation est donné par l'expression :

$$Qsu = \rho s * P * \int qs(z). dz$$

Avec :

ρs est un coefficient réducteur

P désigne le périmètre de l'élément de fondation ;

$qs(z)$ le frottement latéral limite unitaire à la cote z.

Le frottement obtenu est ensuite divisé par les coefficients Yrd1 et Yrd2, spécifiques aux conditions de calcul (compression, traction, type de fondation ...)

6.3. Hypothèses de calcul

Le prédimensionnement est réalisé selon la méthode pénétrométrique.

Les tableaux suivants présentent les hypothèses de calcul pour les modèles A et B (frottement latéral qs , facteur de portance kc) prises en compte pour chaque horizon selon le mode de réalisation des pieux suivants (éléments tirés de l'Annexe A de la Norme NF P 94-262) :

- Classe de pieux n°1

- Catégorie de pieux n°1

Formation	Prof. base (m/TA)	Qc (MPa)	qs (kPa)	k _{cmin}	k _{cmax}
C1 : Remblais sableux	-1,0	> 10	Neutralisé		
C2 : Sables limoneux assez lâches	-14,5	5	39	0,1	0,2
C3-1 : Galets de la Crau moyennement compacts	-15,5	>5	39	0,1	0,2
C3-2 : Galets de la Crau compacts	< -20,0	>5	39	0,1	0,2

Tableau 7: Hypothèses de calcul retenues

6.4. Résultats des calculs

Un prédimensionnement a été réalisé grâce au module FONDPROF du logiciel Foxta v4 développé par Terrasol.

Le tableau ci-dessous présente la capacité portante d'un pieu classe 1 – Catégorie 1 pour un diamètre de 420 mm et différentes longueurs :

Diamètre (mm)	Longueur (m)	Q-ELS QP (kN)	Q-ELS Carac (kN)	Q-ELU Fond (kN)	Q-ELU Acc (kN)
520	10	356	436	552	607
	12	419	513	641	706
	14	482	589	731	804

Tableau 8: Capacités portantes au droit des pieux

Le tableau ci-dessous présente la résistance à la traction d'un pieu classe 1 – Catégorie 1 pour un diamètre de 420 mm et différentes longueurs :

Diamètre (mm)	Longueur (m)	Q-ELS QP (kN)	Q-ELS Carac (kN)	Q-ELU Fond (kN)	Q-ELU Acc (kN)
520	10	86	229	314	344
	12	105	280	384	420
	14	125	332	454	496

Tableau 9: Résistances à la traction au droit des pieux

7. Principes généraux de construction

7.1. Principes de fondation

À ce stade de l'étude, et en fonction de la nature du projet qui sera implanté sur les parcelles étudiées, plusieurs modes de fondations peuvent être envisagés. Les solutions apparaissant techniquement adaptées sont :

- Des fondations profondes de type pieux,
- Des fondations par amélioration de sol, de type inclusions rigides.

Dans tous les cas, le type et les caractéristiques des fondations devront être adaptées au type de projet et aux descentes de charges.

7.2. Terrassements et fonds de fouille

Les terrassements concerneront les terrains superficiels (Sables limoneux). Les matériaux à terrasser pourront être extraits avec des moyens classiques de terrassements.

En fond de fouille, toutes poches de matériaux décomprimés ou suspects devront être purgés. Il devra être envisagé le comblement par gros béton ou matériaux granulaires propres insensibles à l'eau dans le cas de surexcavation.

Nous recommandons la réalisation d'une mission de supervision géotechnique d'exécution (G4) pour la réalisation des terrassements et fondations (avis sur les documents d'exécution de l'entreprise, suivi des travaux de mise en œuvre des fondations).

7.3. Gestion des eaux

Les sondages au pénétromètre statique ont révélé la présence d'une nappe superficielle dont le niveau se trouve entre 1 et 2 m/TA. Des arrivées d'eau pourraient survenir pendant la phase de chantier. Un pompage provisoire devra alors être envisagé.

De plus, il sera nécessaire de prévoir un pompage en cas de fortes pluies, afin d'éviter le remplissage des fouilles en cours.

Enfin, il est conseillé de privilégier la réalisation des travaux durant des conditions météorologiques favorables.

7.4. Agressivité des sols vis-à-vis des bétons

Aucun essai d'agressivité des sols vis-à-vis des bétons n'a été réalisé à ce stade de l'étude. En fonction du projet, la réalisation d'essais est nécessaire afin de tenir compte de la classe d'agressivité dans la formulation du béton employé.

7.5. Réemploi des matériaux

Aucun essai laboratoire n'a été réalisé dans le cadre de cette étude. Par conséquent, l'utilisation des matériaux en remblai n'a pas pu être définie d'un point de vue géotechnique au sens de la classification GTR (Guide des Terrassements Routiers).

7.6. Hydrogéologie

Si le projet comporte un ou plusieurs niveaux de sous-sol, il pourra être nécessaire de réaliser une étude des niveaux caractéristiques de la nappe, permettant de définir les niveaux caractéristiques EB, EH, EE, utiles au dimensionnement des ouvrages. Dans ce cadre il est recommandé de mettre en place des piézomètres avec un suivi régulier du niveau de la nappe.

7.7. Zone d'influence géotechnique (ZIG)

La ZIG est volume de terrain au sein duquel il y a interaction entre l'ouvrage ou l'aménagement de terrain, et l'environnement. La forme et l'extension de cette zone d'influence géotechnique sont spécifiques à chaque site et à chaque ouvrage ou aménagement de terrain.

Pour ce projet, on considère que le ZIG s'étend sur une distance horizontale de quelques mètres autour du projet. Elle inclut donc notamment les bâtiments existants en limite Nord du projet.

8. Incertitudes résiduelles

8.1. Analyse du potentiel de liquéfaction

L'analyse du potentiel de liquéfaction est requise pour les projets localisés dans les zones sismique classées 3 ou plus.

Une analyse approfondie devra être réalisée en phase G2AVP ou PRO. Si cette analyse conclue a un potentiel risque de liquéfaction, des essais complémentaires devront être menés pour affiner ce risque.

8.2. Sondages et essais

À ce stade de l'étude préalable G1, la densité de sondages géotechniques réalisée sur le site demeure relativement faible, de l'ordre d'un sondage ou essai pour environ 2 hectares. Cette couverture, ne permet pas encore de disposer d'une vision suffisamment représentative et détaillée des conditions de sol sur l'ensemble de l'emprise du projet.

Par conséquent, Antea Group recommande la mise en œuvre de sondages complémentaires lors de la phase G2 AVP. Ces investigations additionnelles auront pour objectifs :

- de préciser la variabilité lithologique des terrains rencontrés ;
- d'améliorer la connaissance des caractéristiques mécaniques et hydrogéologiques des sols ;
- d'affiner le modèle géotechnique utilisé pour le dimensionnement des ouvrages projetés.

9. Enchaînement des missions géotechniques

Nous rappelons que la présente étude correspond à une étude géotechnique préalable (mission G1), au sens de la norme NF P 94 500 de novembre 2013 définissant les missions d'ingénierie géotechniques (cf. Annexe I). Elle permet de donner les principes généraux d'adaptation du projet d'aménagement de construction des futures constructions.

Conformément à l'esprit de cette norme, qui est de réduire étape par étape les risques liés au sol, elle doit être suivie par :

- La mission d'étude géotechnique de conception G2 phase avant-projet (mission G2 AVP)
- La mission d'étude géotechnique de conception G2 phase projet (mission G2 PRO)
- La mission d'étude géotechnique de conception G2 phase DCE/ACT (mission G2 DCE/ACT)

Pour la phase de réalisation des travaux, une mission de supervision géotechnique (mission G4) devra être réalisée. Elle comportera, d'une part, la validation des documents géotechniques produits par l'entreprise et d'autre part le suivi du chantier, permettant de s'assurer que les terrains rencontrés présentent des caractéristiques géotechniques cohérentes avec les hypothèses faites dans le cadre des études et le cas échéant définir en concertation avec l'entreprise les adaptations nécessaires.

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport.

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés. Par ailleurs, la prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Antea Group s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession. Antea Group conseille son Client avec pour objectif de l'éclairer au mieux. Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son Client.

Le Client autorise Antea Group à le nommer pour une référence scientifique ou commerciale. A défaut, Antea Group s'entendra avec le Client pour définir les modalités de l'usage commercial ou scientifique de la référence.

Ce rapport devient la propriété du Client après paiement intégral de la mission, son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement. A partir de ce moment, le Client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d'utilisation décrites ci-dessus.

Pour rappel, les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'Antea Group sont consultables sur : <https://www.anteagroup.fr/fr/annexes>



ANNEXES

Annexe I : Synoptique des missions d'ingénierie géotechnique – Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013

Annexe II : Plan d'implantation des sondages

Annexe III : Résultats des sondages pressiométriques

Annexe IV : Résultats et interprétation des sondages au pénétromètre statique

Annexe I : **Synoptique des missions d'ingénierie géotechnique**

– Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013

Schéma d'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 avec détection au plus tôt de leur survenance	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		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 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 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

Classification des missions d'ingénierie géotechnique (page 1/2)

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.

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (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).

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE 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.

Classification des missions d'ingénierie géotechnique (page 2/2)

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES 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).
- Etablir 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 GEOTECHNIQUE 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 GEOTECHNIQUE (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.

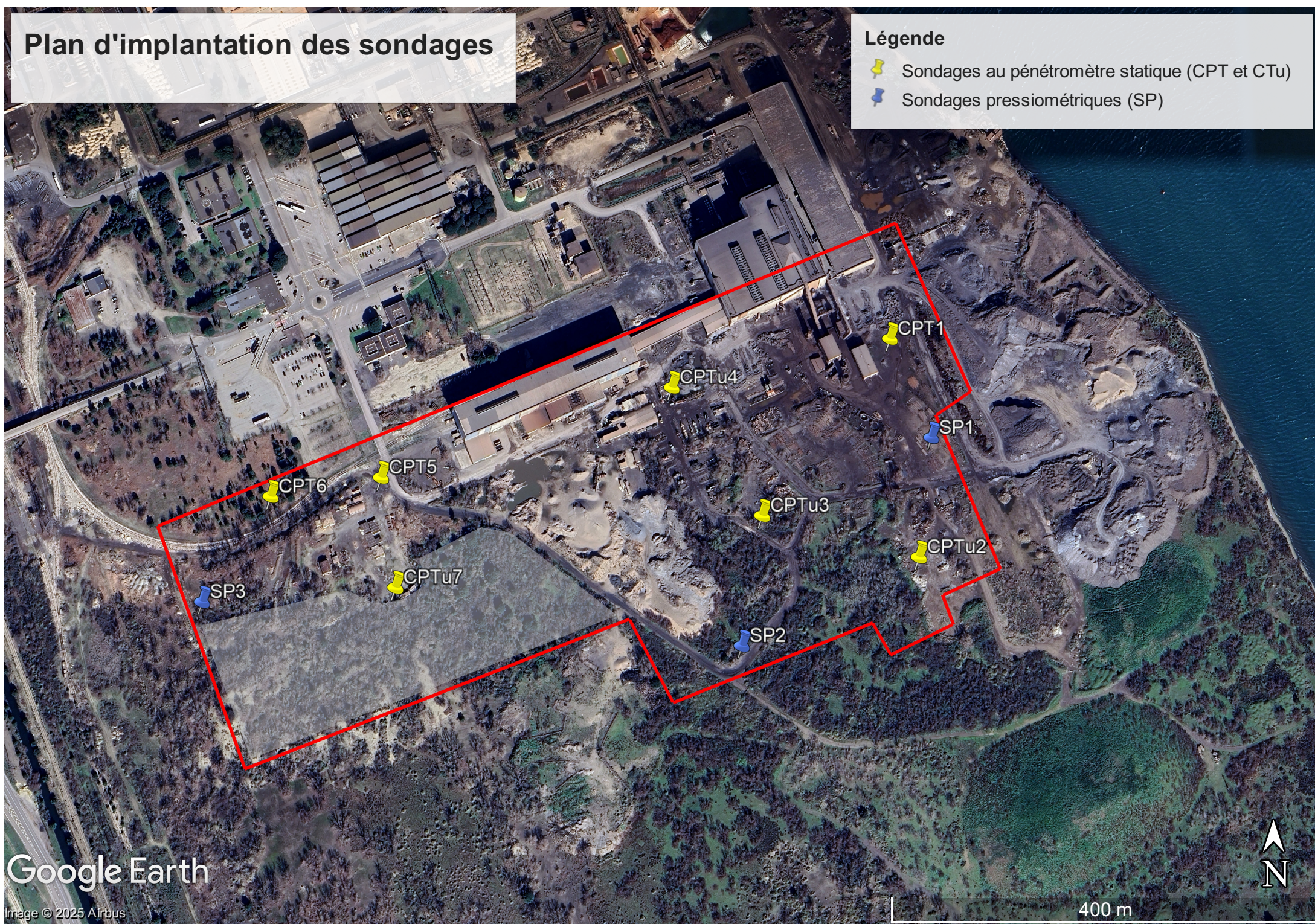
- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre 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).

Annexe II : **Plan d'implantation des sondages**

Plan d'implantation des sondages

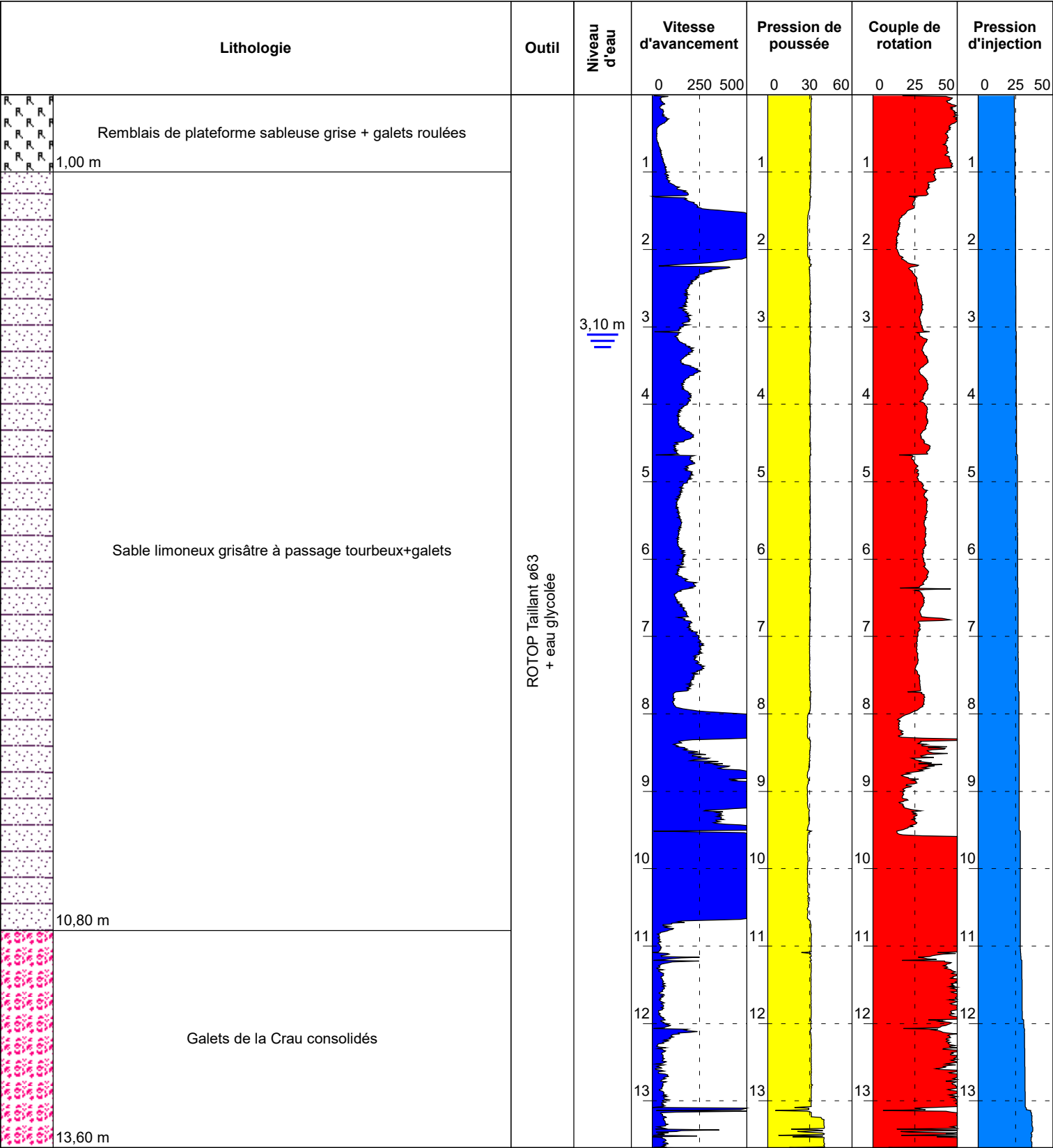
Légende

-  Sondages au pénétromètre statique (CPT et CTu)
-  Sondages pressiométriques (SP)



Annexe III : Résultats des sondages pressiométriques

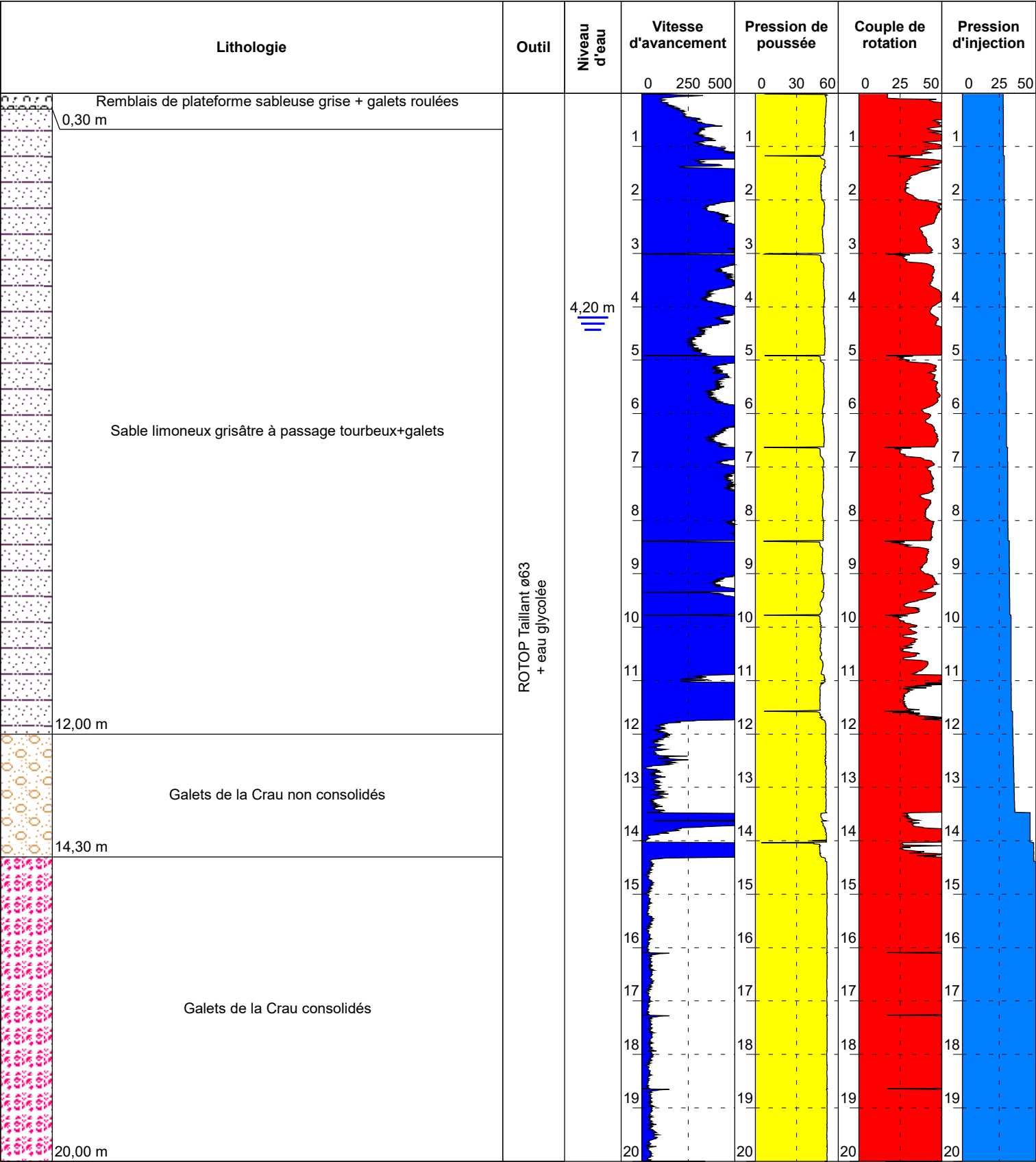
Lithologie		Outil	Niveau d'eau	Type de sonde	Pf* Mpa	PI* Mpa	Em Mpa	E/PI*	Vitesse d'avancement			Pression d'injection		
									0	75	150	0	25	50
Remblais de plateforme sableuse grise + galets roulées 1,00 m	ROTAP Taillant ø63 + eau glycolée	3,10 m	Sonde ø44 Longue (370mm) coaxial TFø55 + HCPV 1m80/TN Tube de calibrage ø60 interieure	1	2,40	2,69	55,9	20,8	1	1				
Sable limoneux grisâtre à passage tourbeux+galets 10,80 m				2	0,37	0,56	4,3	7,6	2	2				
				3					3	3				
				4	0,60	0,69	13,6	19,7	4	4				
				5	0,39	0,81	19,3	23,7	5	5				
				6	0,62	0,77	8,2	10,7	6	6				
				7	0,31	0,40	3,6	9,1	7	7				
				8					8	8				
				9	1,80	1,80	45,7	25,4	9	9				
				10	0,32	0,92	5,4	5,9	10	10				
				11					11	11				
				12	0,82	1,13	15,5	13,8	12	12				
				13					13	13				
				14	1,02	1,20	15,7	13,1	14	14				
				15	1,19	1,19	37,6	31,5	15	15				
				16	2,02	3,21	92,6	28,8	16	16				
				17	2,09	3,83	105,9	27,6	17	17				
				18	3,82	3,82	129,5	33,9	18	18				
				19					19	19				
Galets de la Crau consolidés 20,00 m				20					20	20				

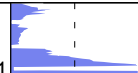
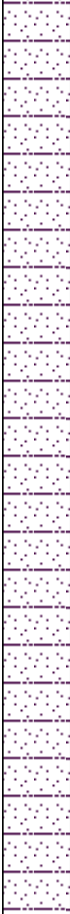
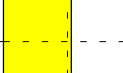
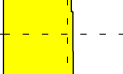
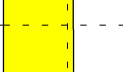
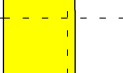
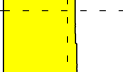
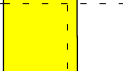
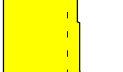
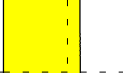
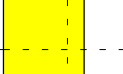
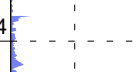
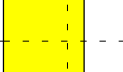
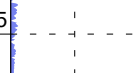
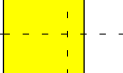
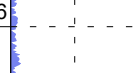
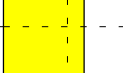
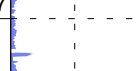
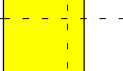
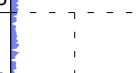
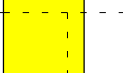
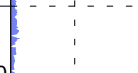
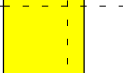
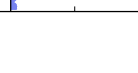


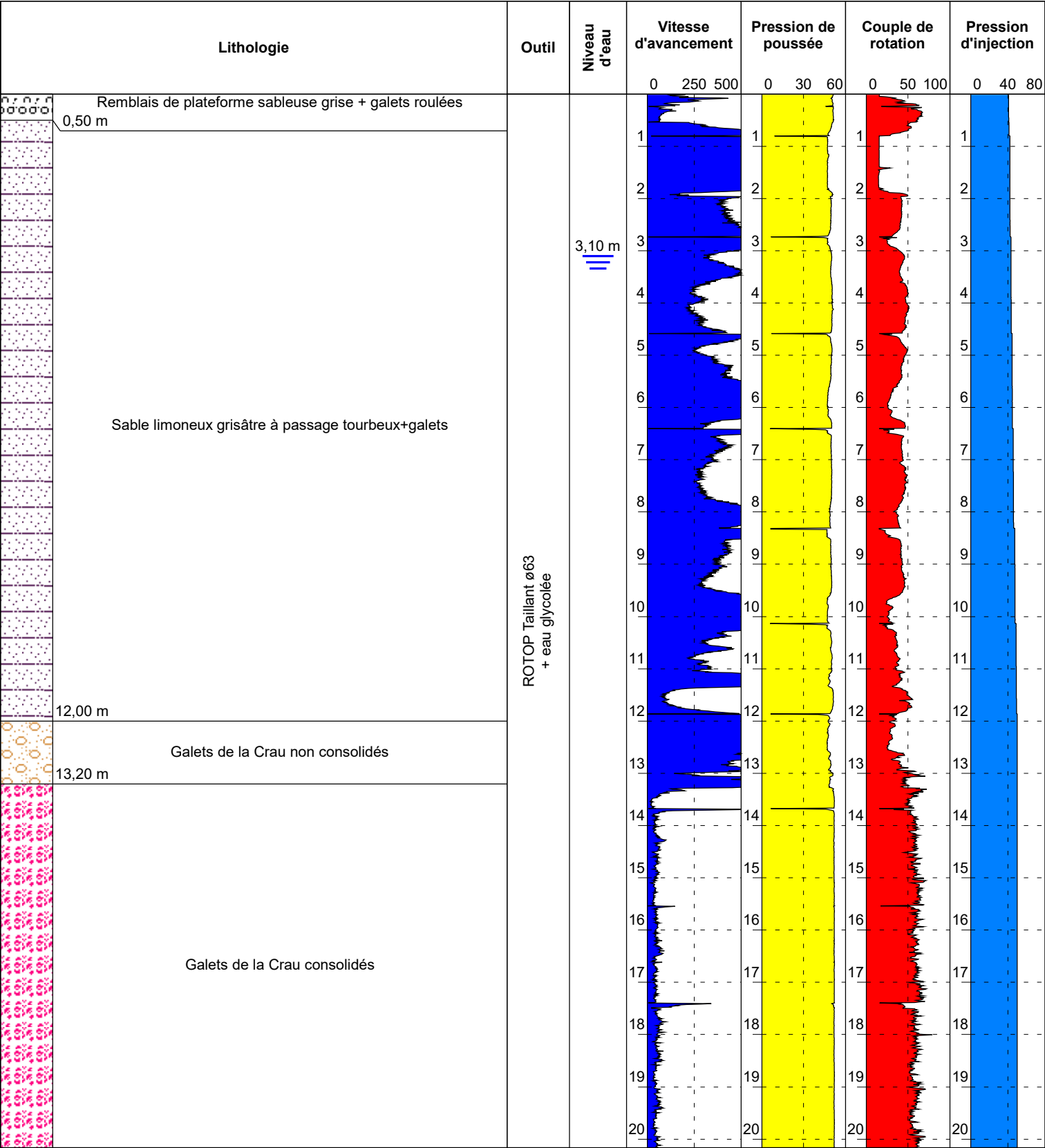
Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Vitesse d'avancement	Pression de poussée	Couple de rotation	Pression d'injection
			0 250 500	0 30 60	0 25 50	0 25 50
Galets de la Crau consolidés	ROTOP Taillant ø63 + eau glycolée		14	14	14	14
			15	15	15	15
			16	16	16	16
			17	17	17	17
			18	18	18	18
			19	19	19	19
			20	20	20	20

20,00 m

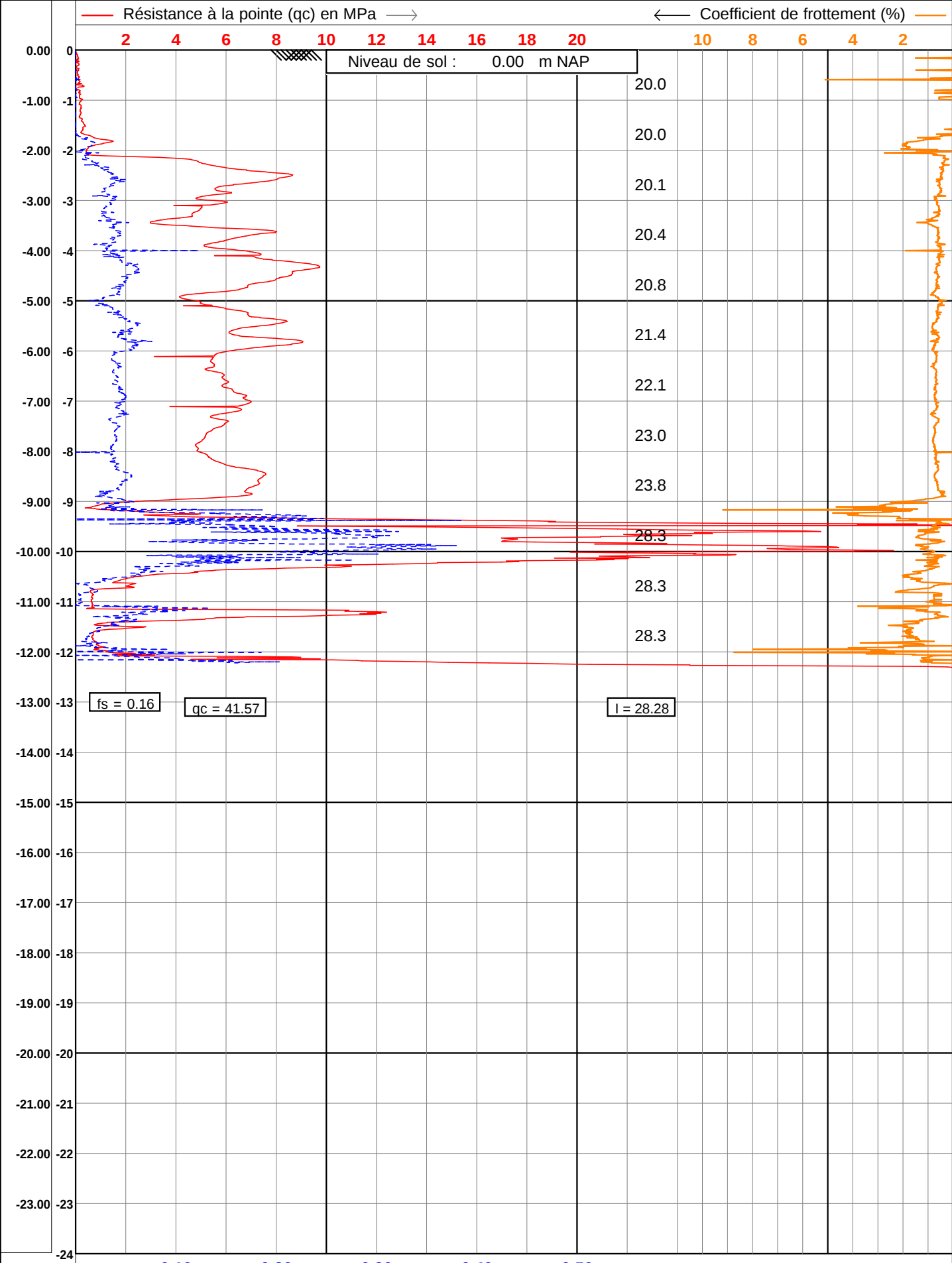
Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Type de sonde	Pf* Mpa	PI* Mpa	Em Mpa	E/PI*	Vitesse d'avancement			Pression d'injection		
								0	75	150	0	10	20
Remblais de plateforme sableuse grise + galets roulées 0,30 m	ROTOP Taillant ø63 + eau glycolée	4,20 m	Sonde ø44 Longue (370mm) coaxial TFø55 + HCPV 1m80/TN Tube de calibrage ø60 intérieure	1	1,32	1,32	15,6	11,8	1		1		
Sable limoneux grisâtre à passage tourbeux+galets				2	0,35	0,61	3,3	5,5	2		2		
				3	0,15	0,38	2,7	7,0	3		3		
				4	0,42	0,88	8,9	10,1	4		4		
				5	1,30	1,30	43,8	33,7	5		5		
				6	1,28	1,28	43,9	34,3	6		6		
				7	1,86	1,86	51,6	27,8	7		7		
				8	2,08	2,08	72,9	35,0	8		8		
				9	2,30	2,30	53,7	23,4	9		9		
				10					10		10		
				11	1,37	1,37	69,1	50,4	11		11		
12,00 m				12					12		12		
Galets de la Crau non consolidés				13	1,17	2,81	389,1	138,7	13		13		
14,30 m				14					14		14		
Galets de la Crau consolidés				15	2,10	3,84	105,9	27,6	15		15		
				16					16		16		
				17	3,83	3,83	129,5	33,9	17		17		
				18	2,79	3,58	62,3	17,4	18		18		
				19					19		19		
				20,00 m	20					20		20	

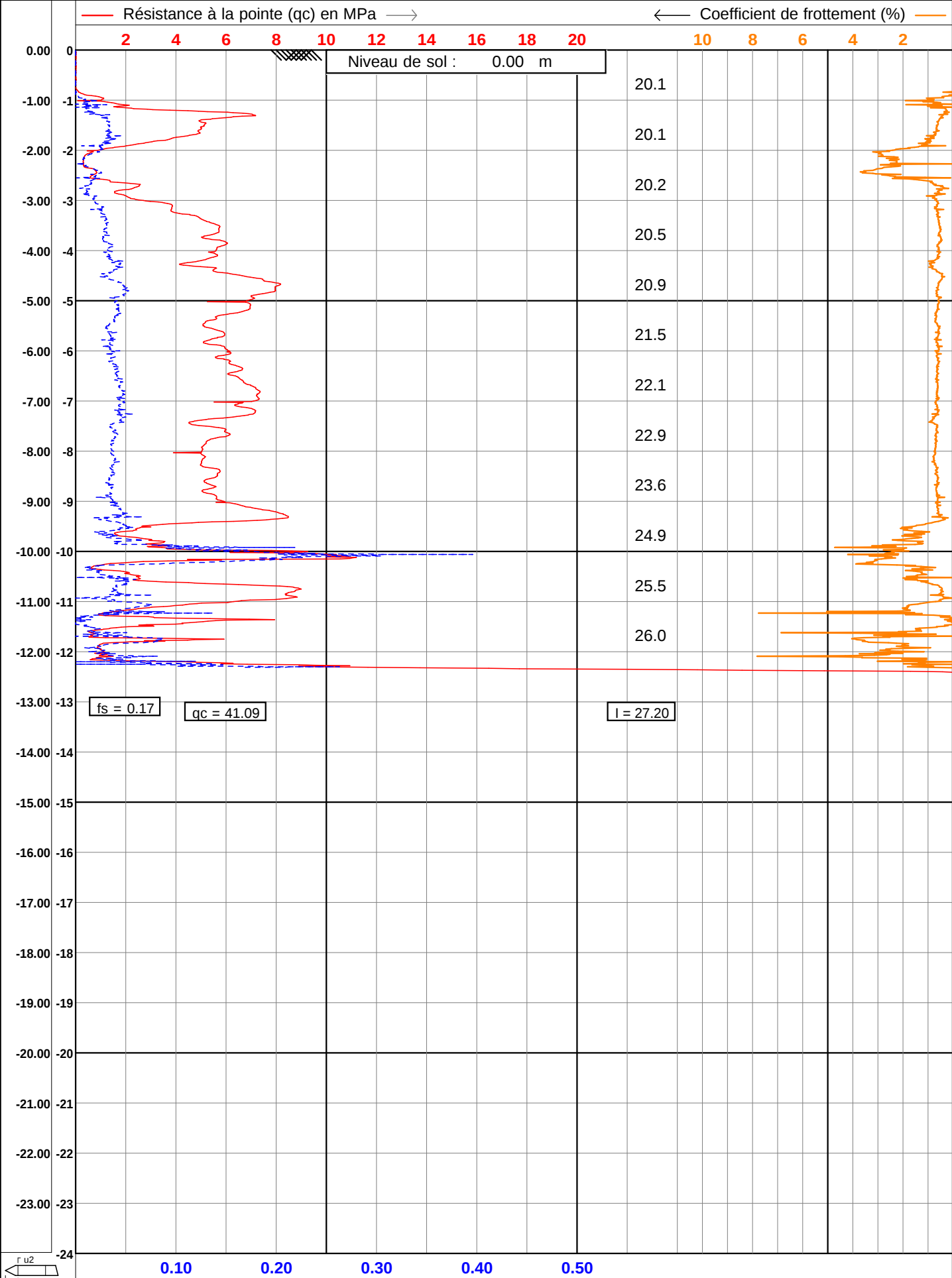


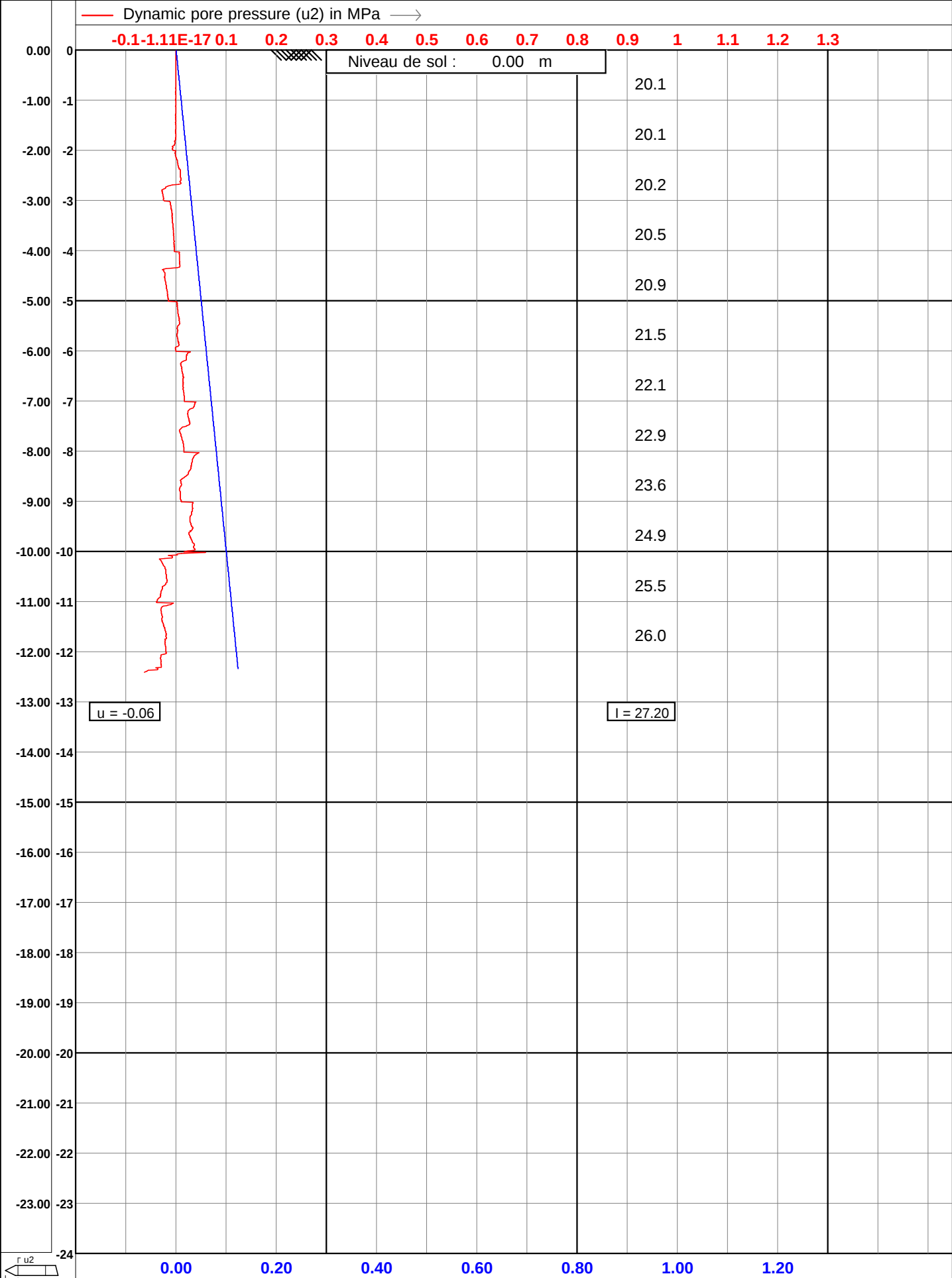
Lithologie		Outil	Niveau d'eau	Type de sonde	Pf* Mpa	PI* Mpa	Em Mpa	E/PI*	Vitesse d'avancement			Pression d'injection		
									0	400	800	0	40	80
	Remblais de plateforme sableuse grise + galets roulées 0,50 m	ROTOP Taillant ø63 + eau glycolée	 3,10 m	Sonde ø44 Longue (370mm) coaxial TFø55 + HCPV 1m80/TN Tube de calibrage ø60 interieure	1				11,0					
	2							7,7						
	3							11,4						
	4							11,5						
	5							14,3						
	6							8,6						
	7							7,0						
	8							5,8						
	9							9,1						
	10							7,5						
	11							21,3						
	12							80,3						
	13													
	14													
	15													
	16													
	17													
	18													
	19													
	20													

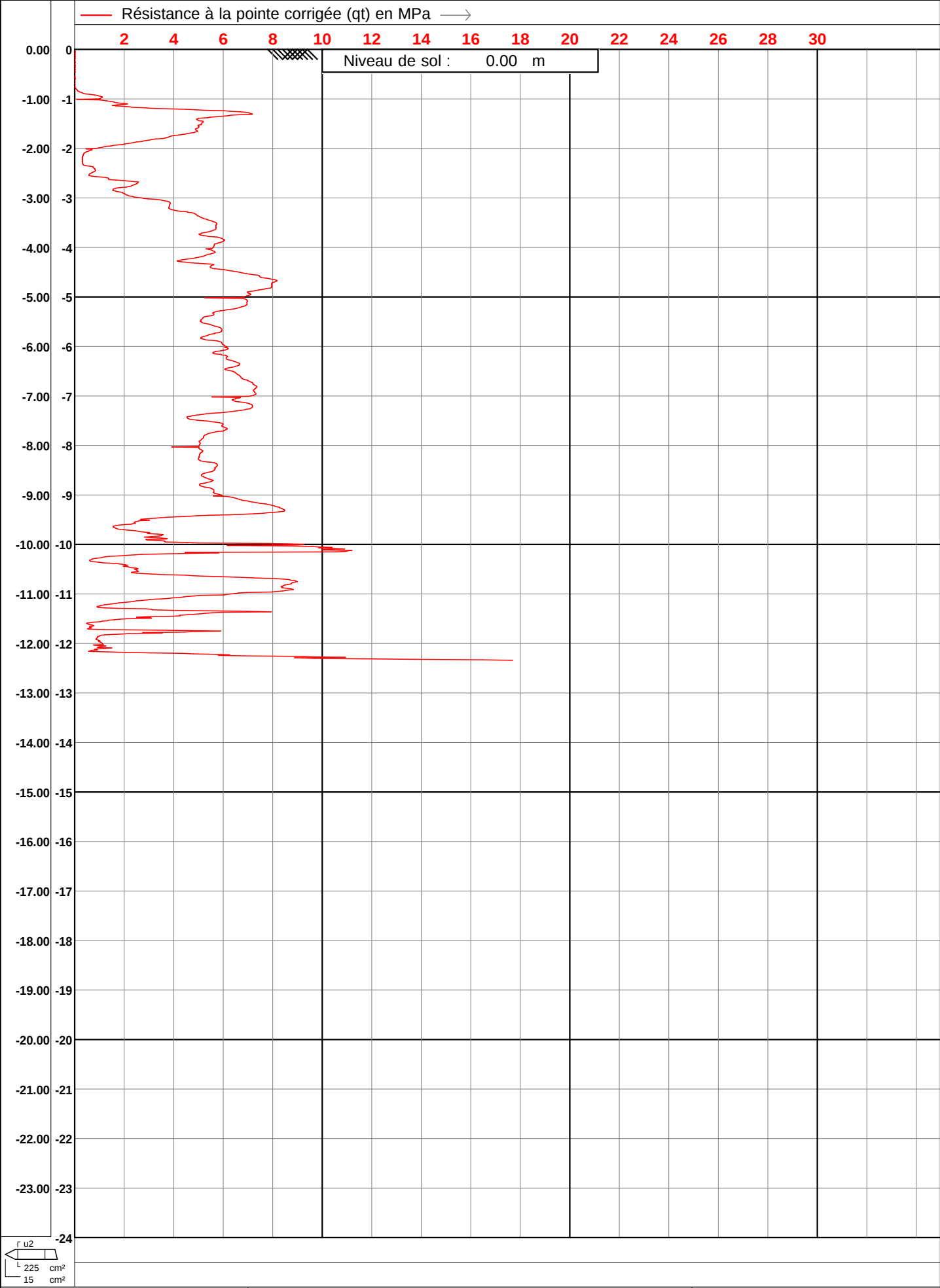


Annexe IV : Résultats et interprétation des sondages au pénétrömètre statique





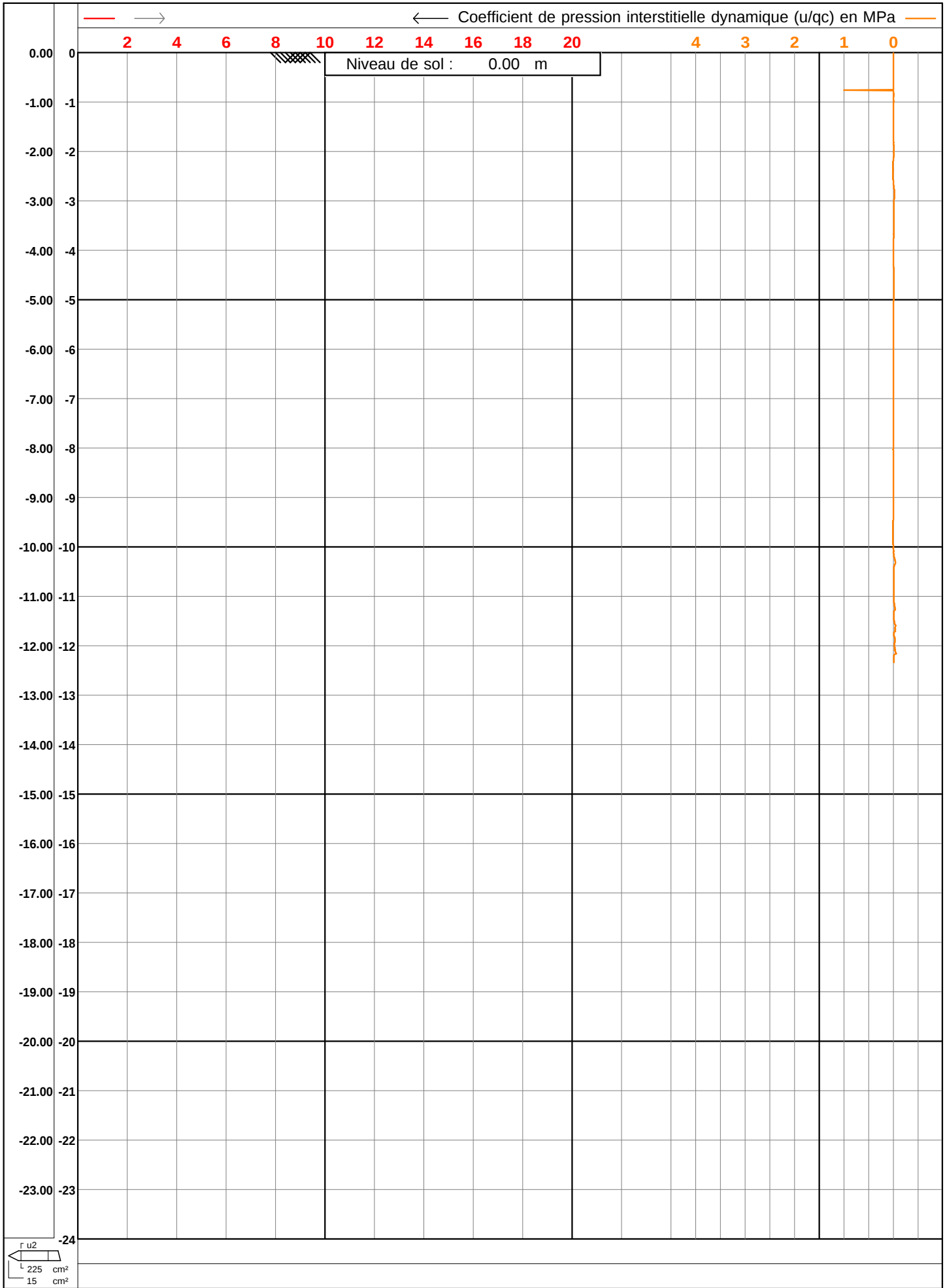




Test according ISO 22476-1

Projet : MARCEGAGLIA
Nom du site :

Date : 28-7-2025
No. de cône : DP15CFPTY.71119
No. de projet : D25-0089
No. d'essai : CPTU 2 3/6



Test according ISO 22476-1

Projet : MARCEGAGLIA

Nom du site :

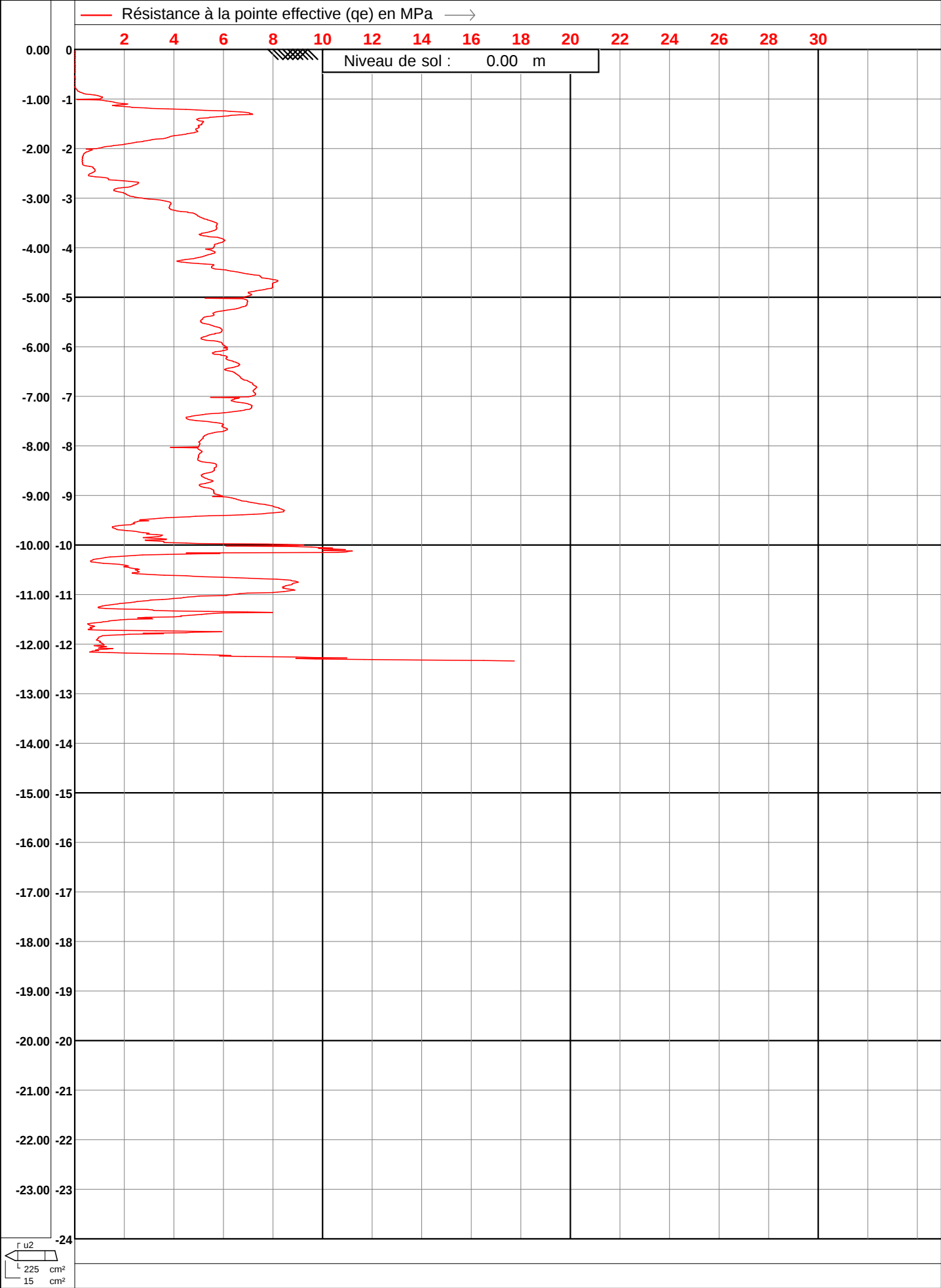
Date : 28-7-2025

No. de cône : DP15CFPTXY.71119

No. de projet : D25-0089

No. d'essai : CPTU 2

4/6

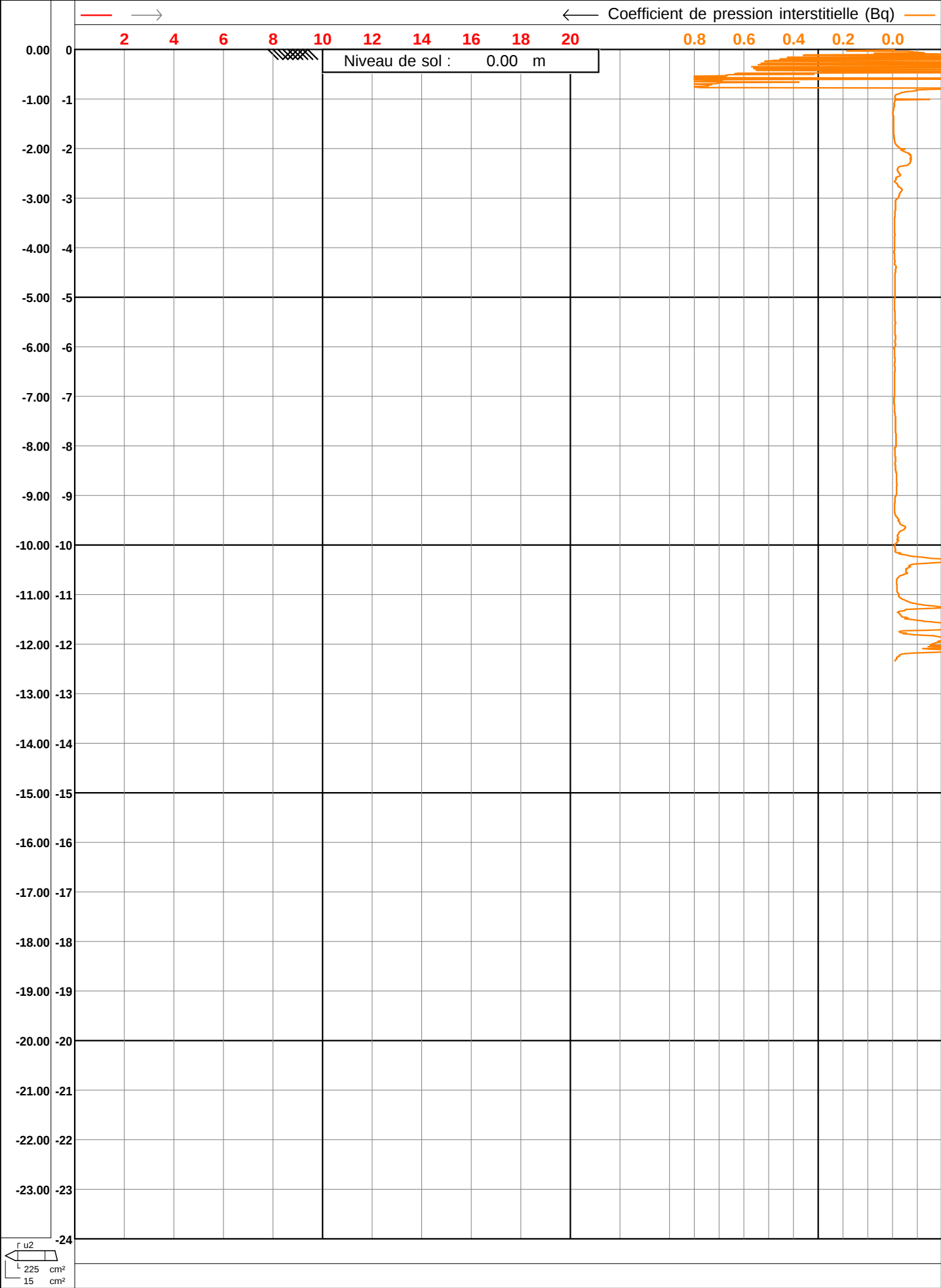


Test according ISO 22476-1

Projet : MARCEGAGLIA

Nom du site :

Date : 28-7-2025
No. de cône : DP15CFPTY.71119
No. de projet : D25-0089
No. d'essai : CPTU 2 5/6



Test according ISO 22476-1

Projet : **MARCEGAGLIA**

Nom du site :

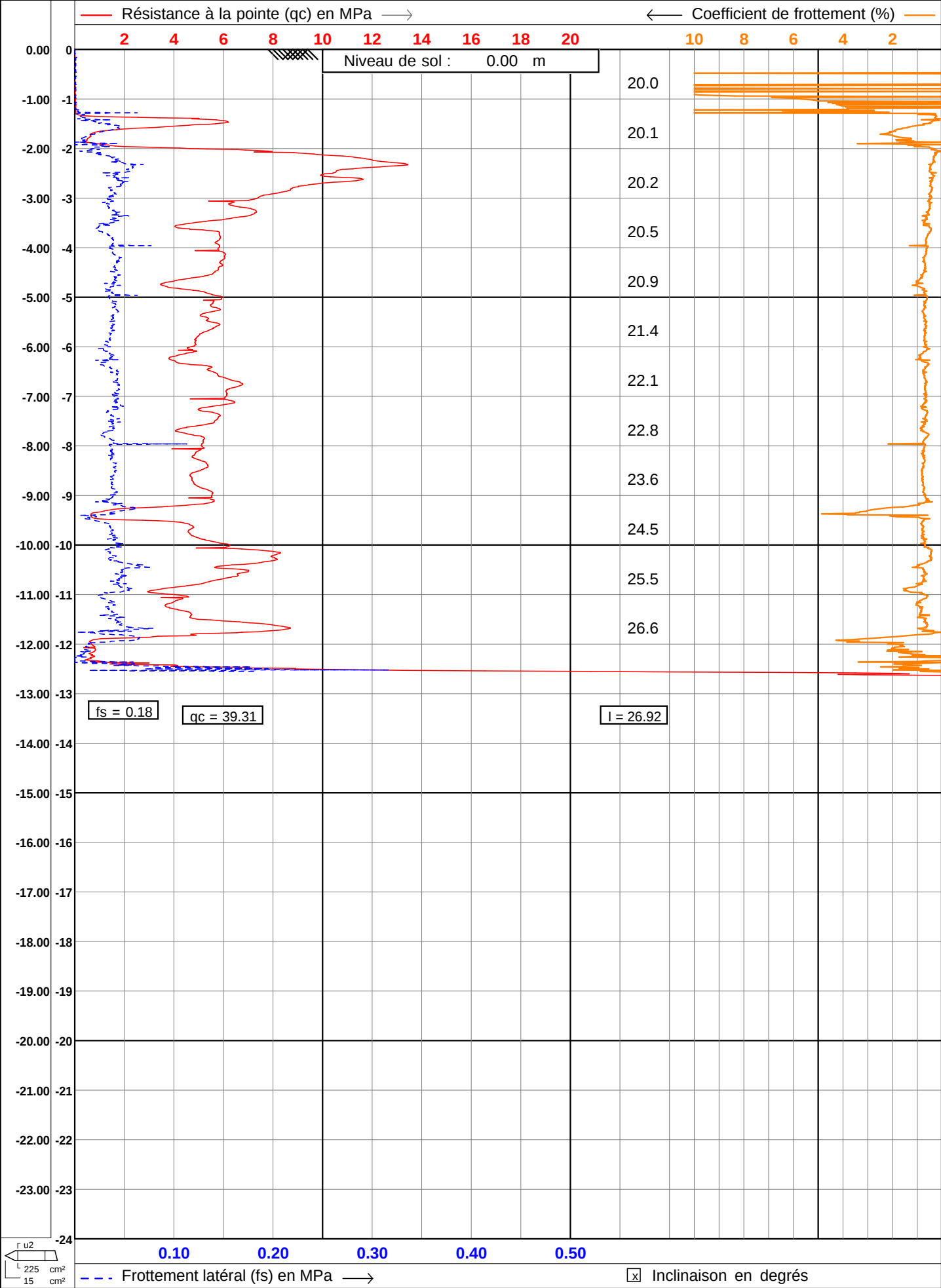
Date : **28-7-2025**

No. de cône : **DP15CFPTXY.71119**

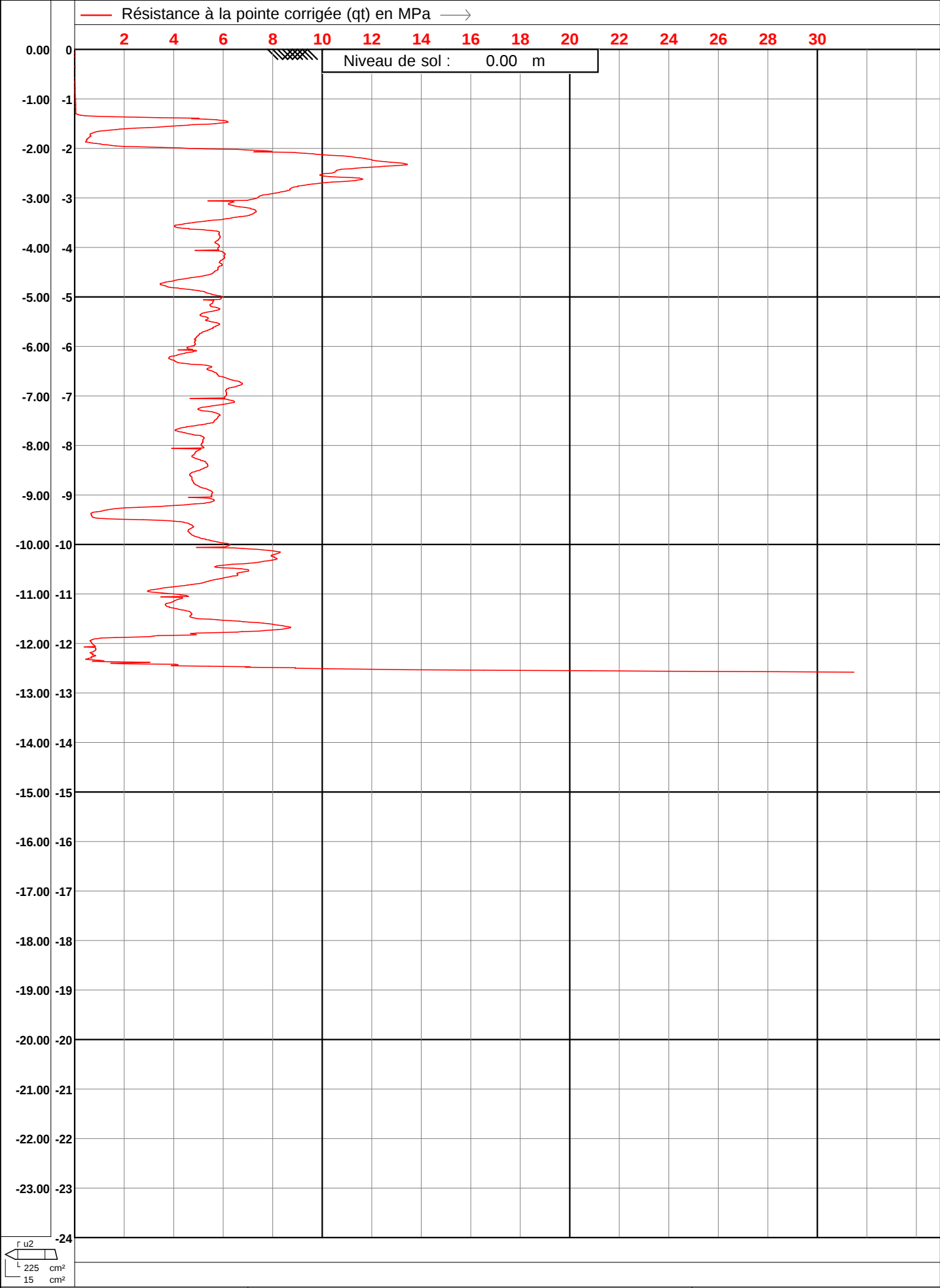
No. de projet : **D25-0089**

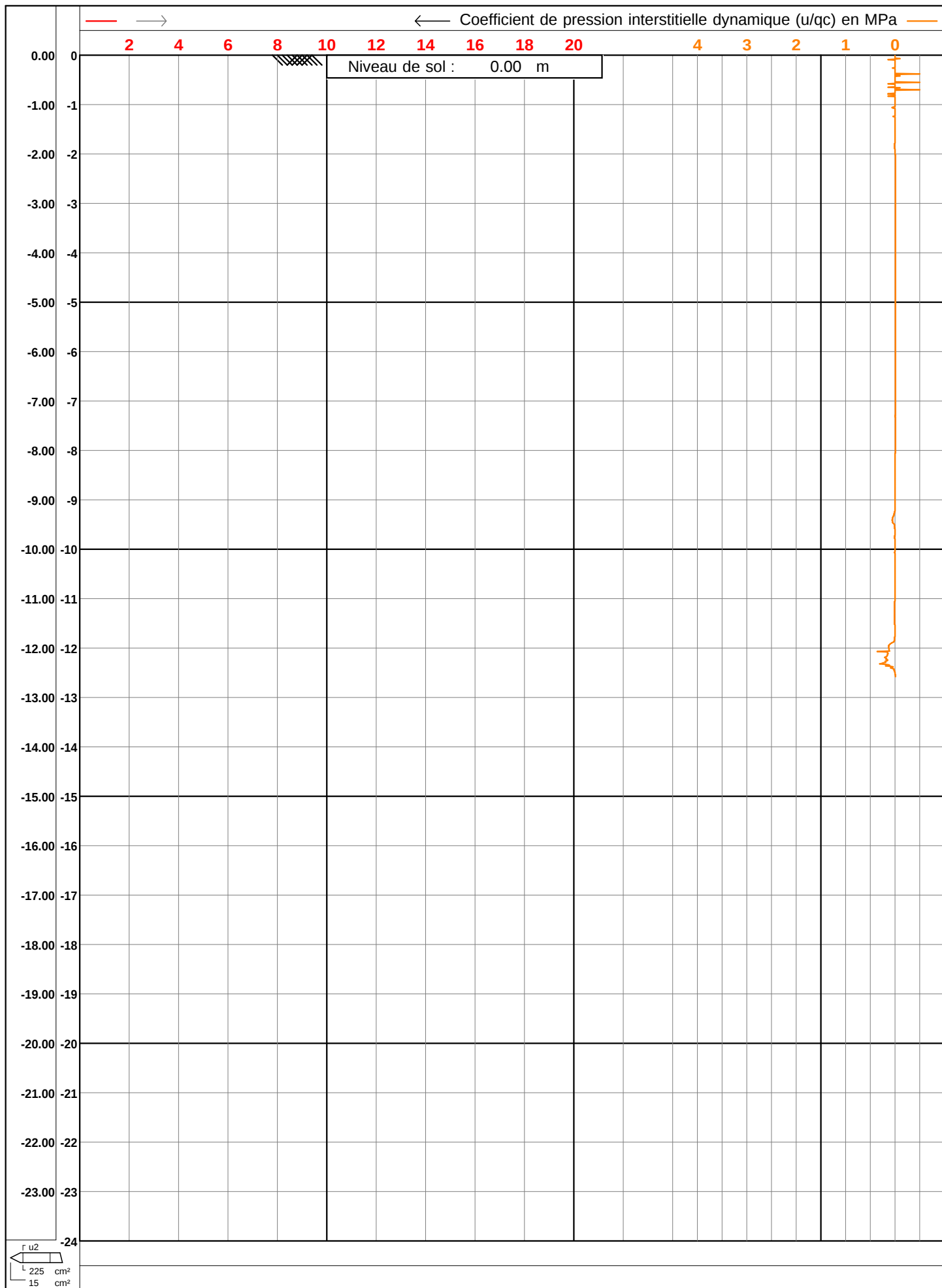
No. d'essai : **CPTU 2**

6/6









Test according ISO 22476-1

Projet : **MARCEGAGLIA**

Nom du site :

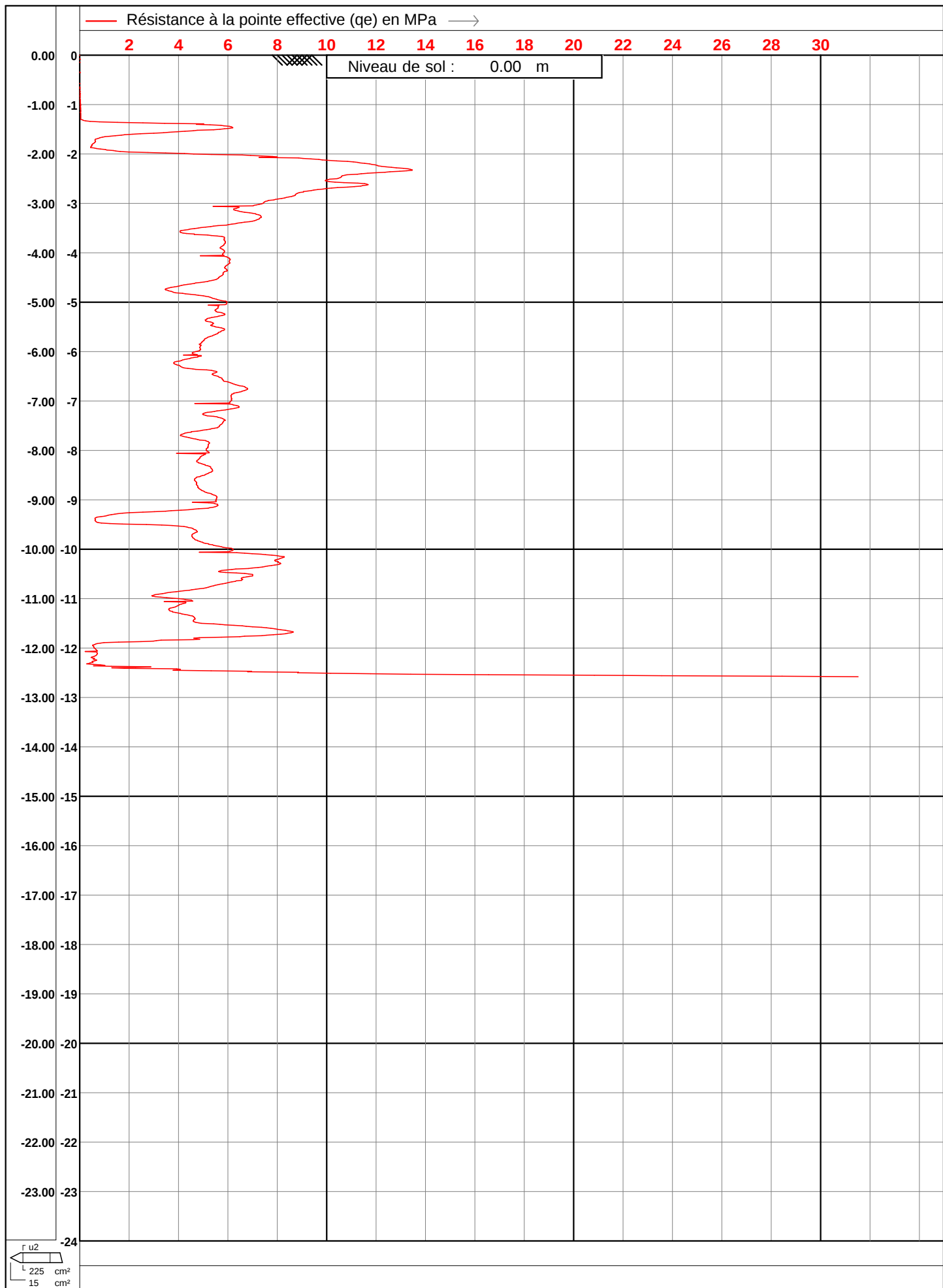
Date : **28-7-2025**

No. de cône : **DP15CFPTXY.71119**

No. de projet : **D25-0089**

No. d'essai : **CTPU 3**

4/6



Test according ISO 22476-1

Projet : **MARCEGAGLIA**

Nom du site :

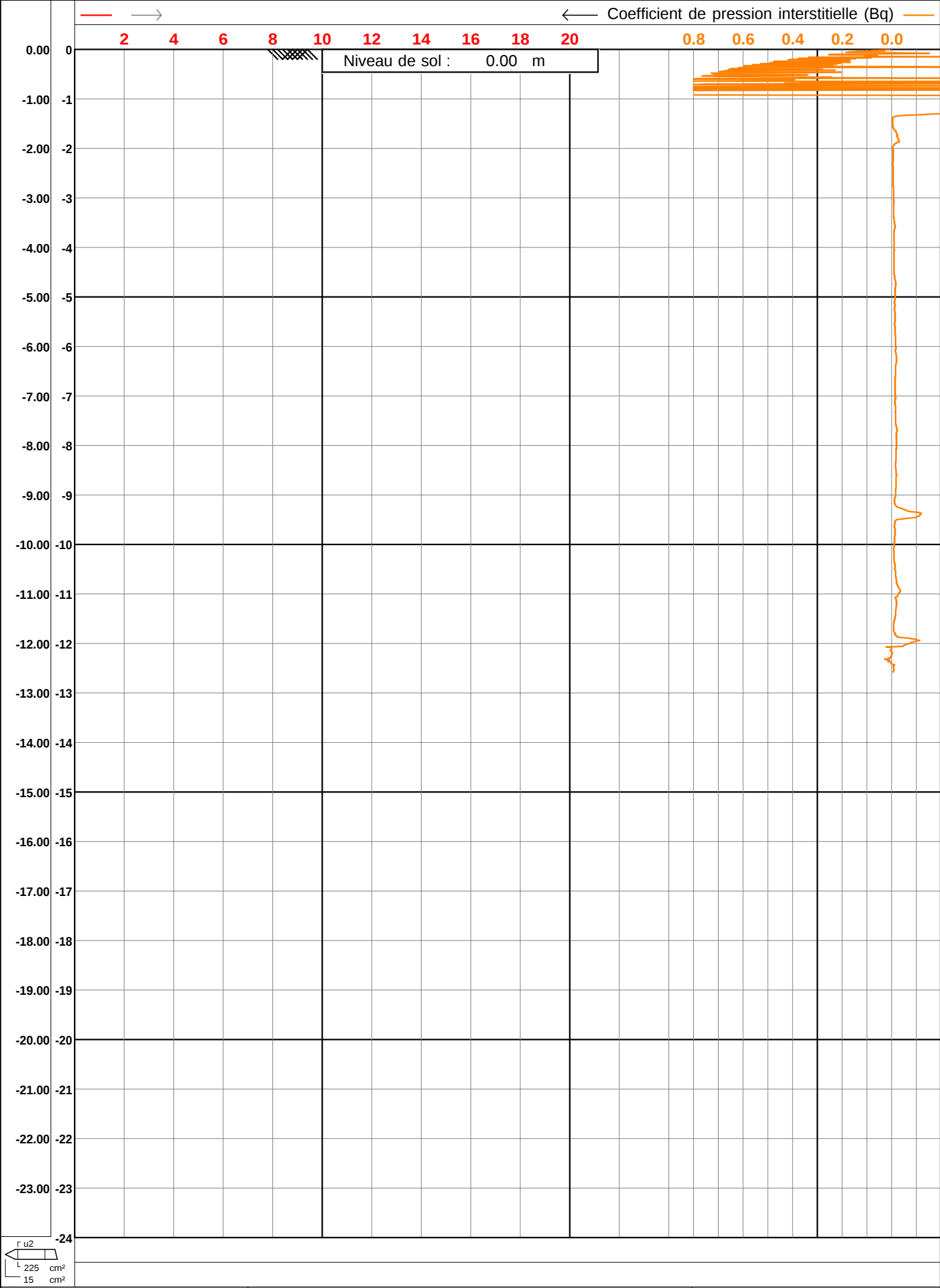
Date : **28-7-2025**

No. de cône : **DP15CFPTXY.71119**

No. de projet : **D25-0089**

No. d'essai : **CTPU 3**

5/6

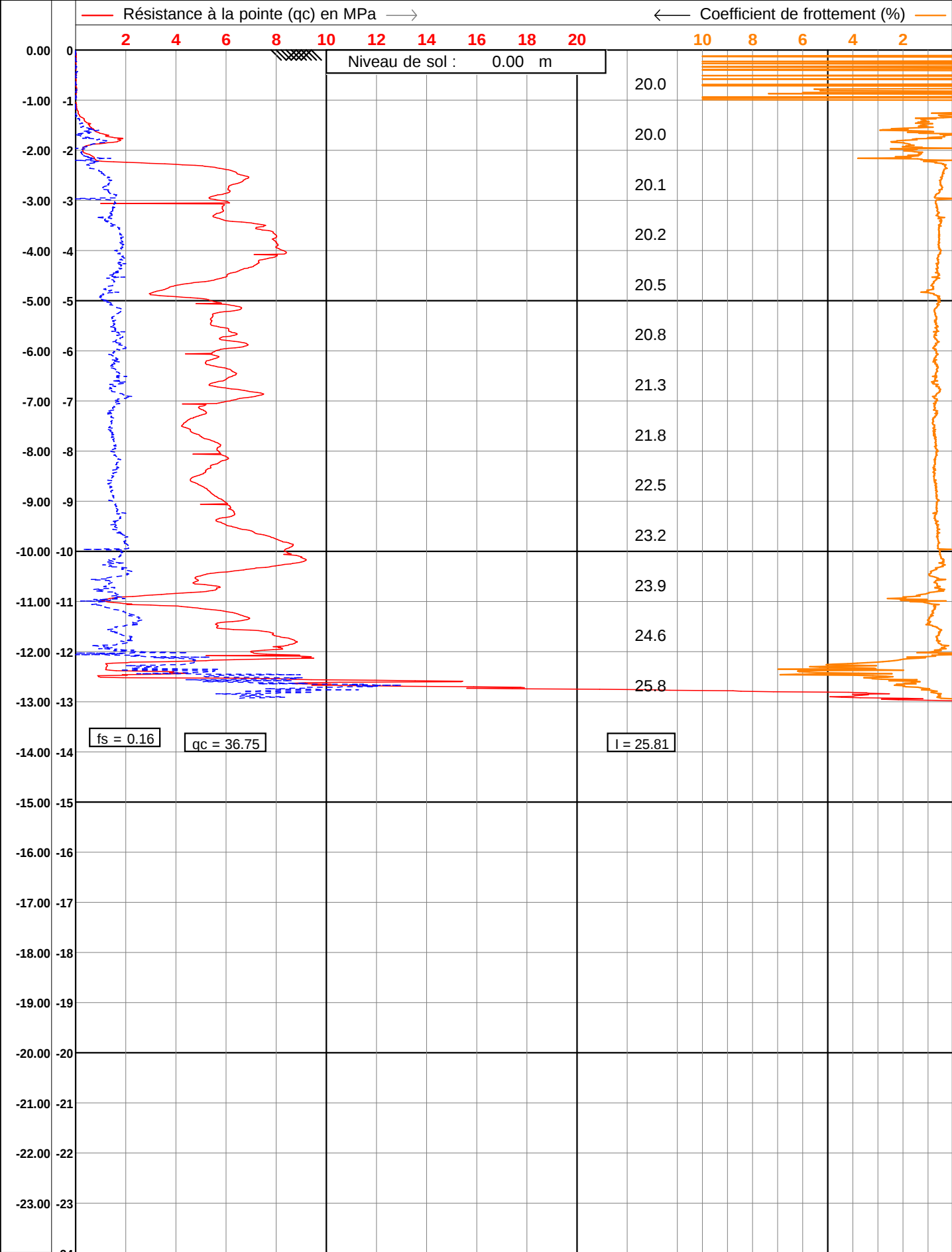


Test according ISO 22476-1

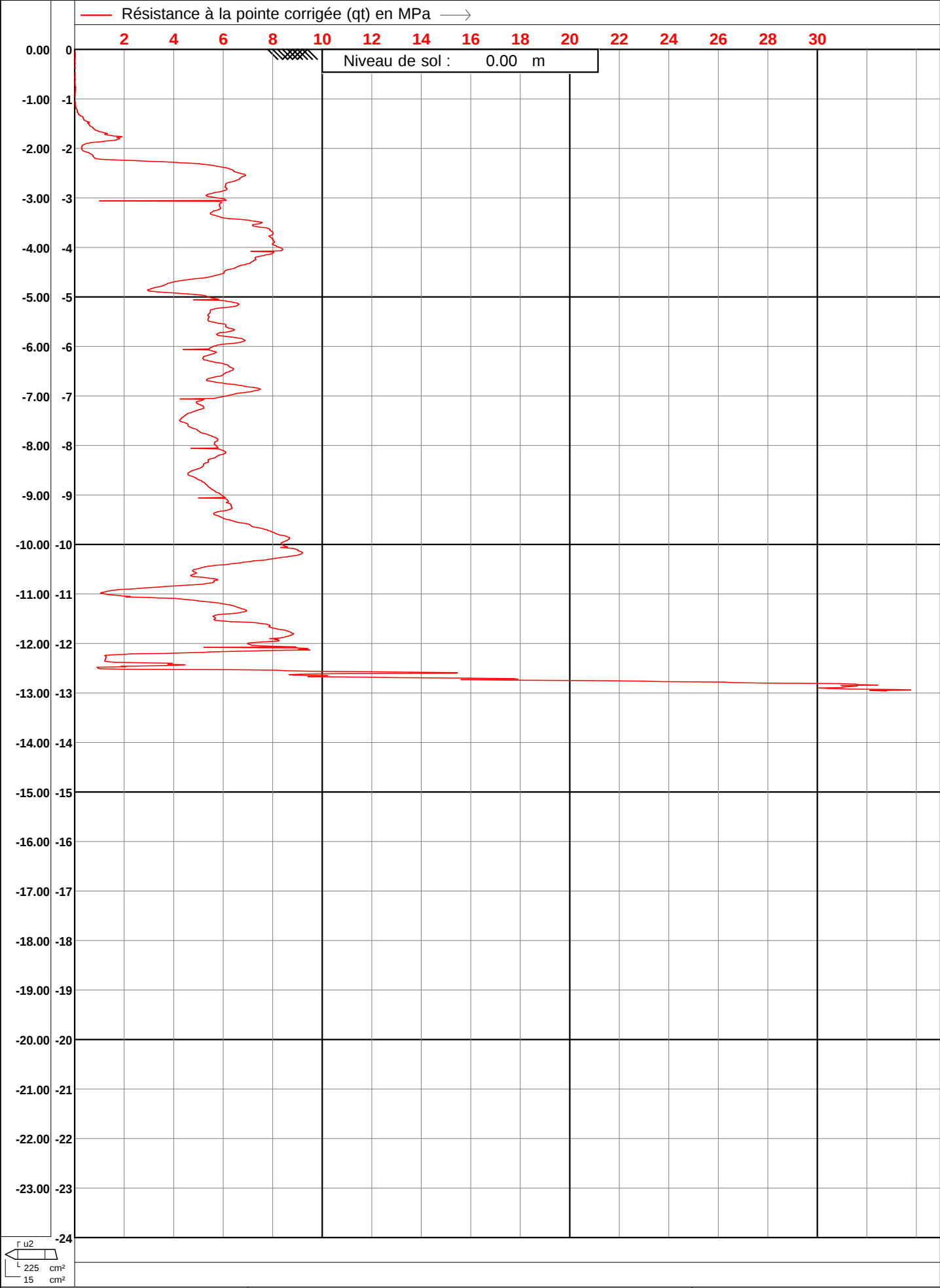
Projet : MARCEGAGLIA

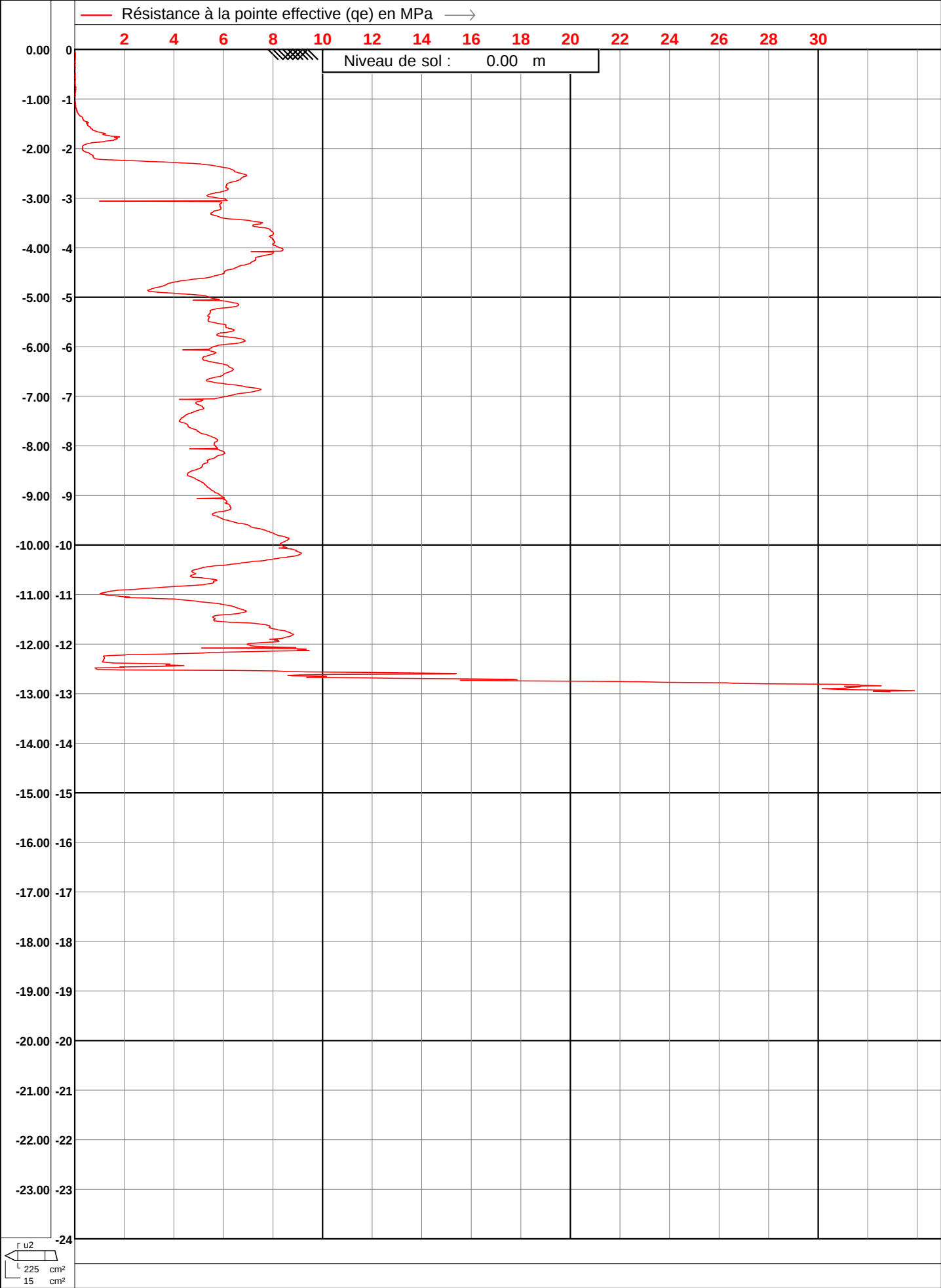
Nom du site :

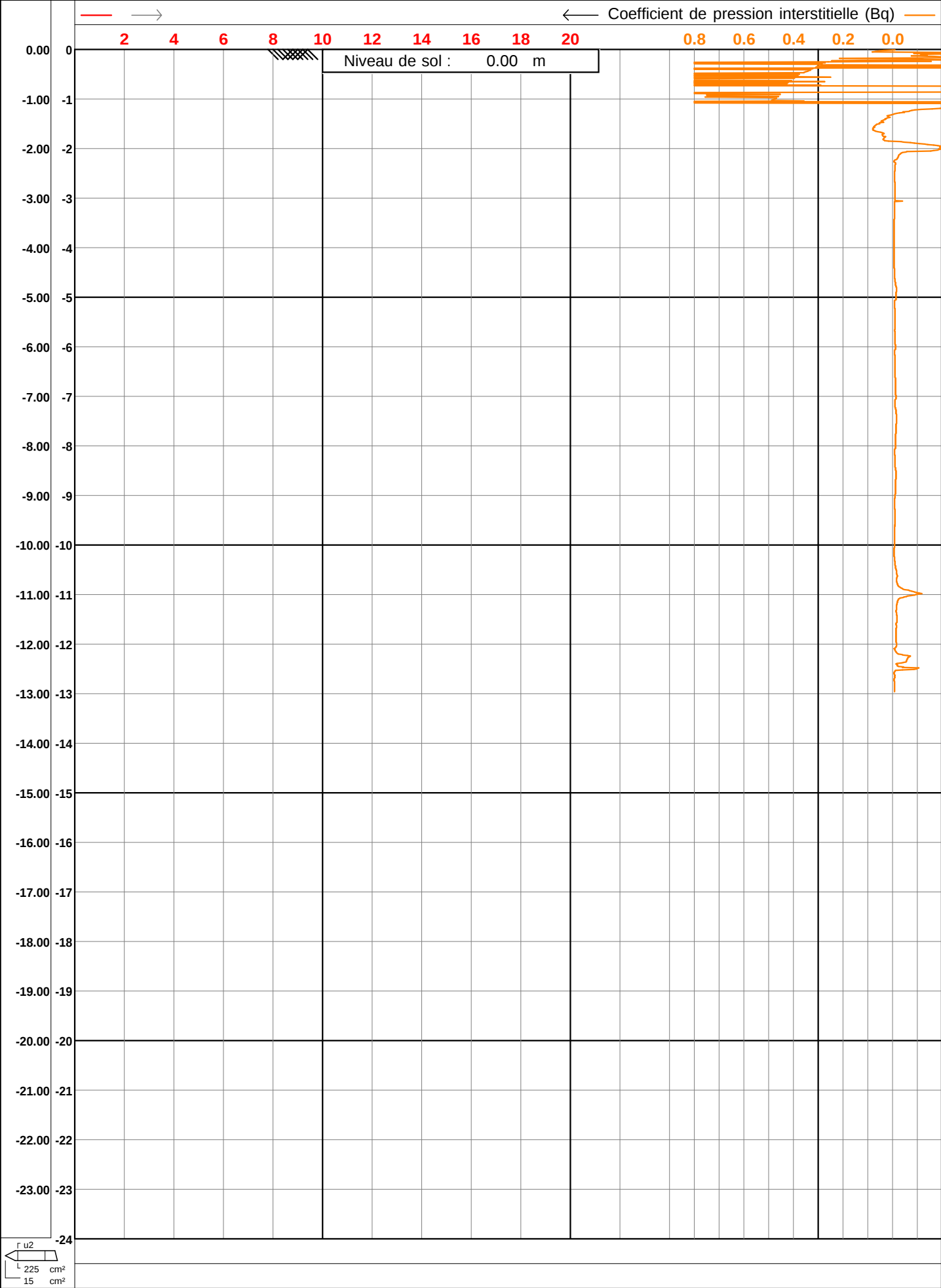
Date : 28-7-2025
No. de cône : DP15CFPTXY.71119
No. de projet : D25-0089
No. d'essai : CTPU 3 6/6









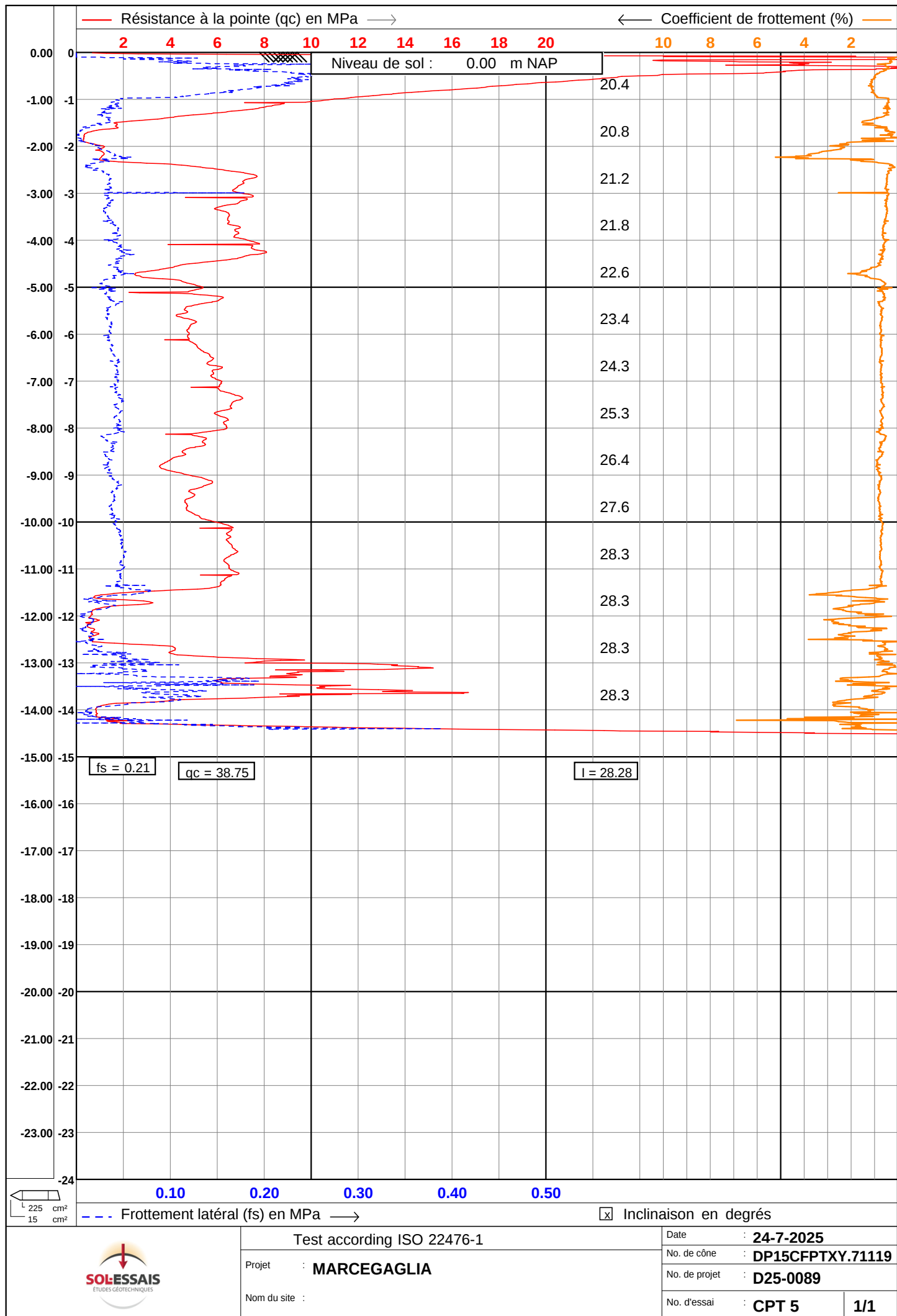


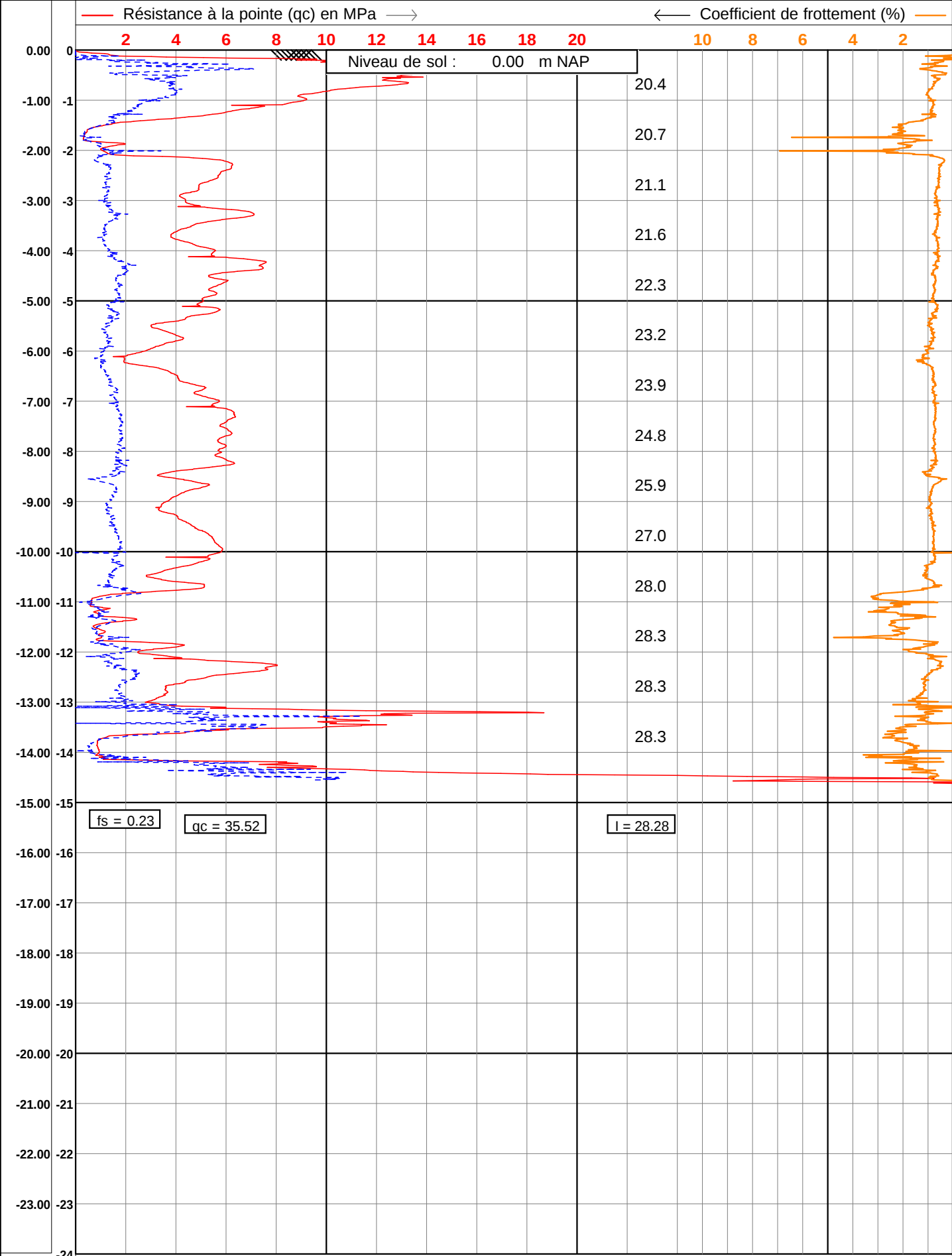
Test according ISO 22476-1

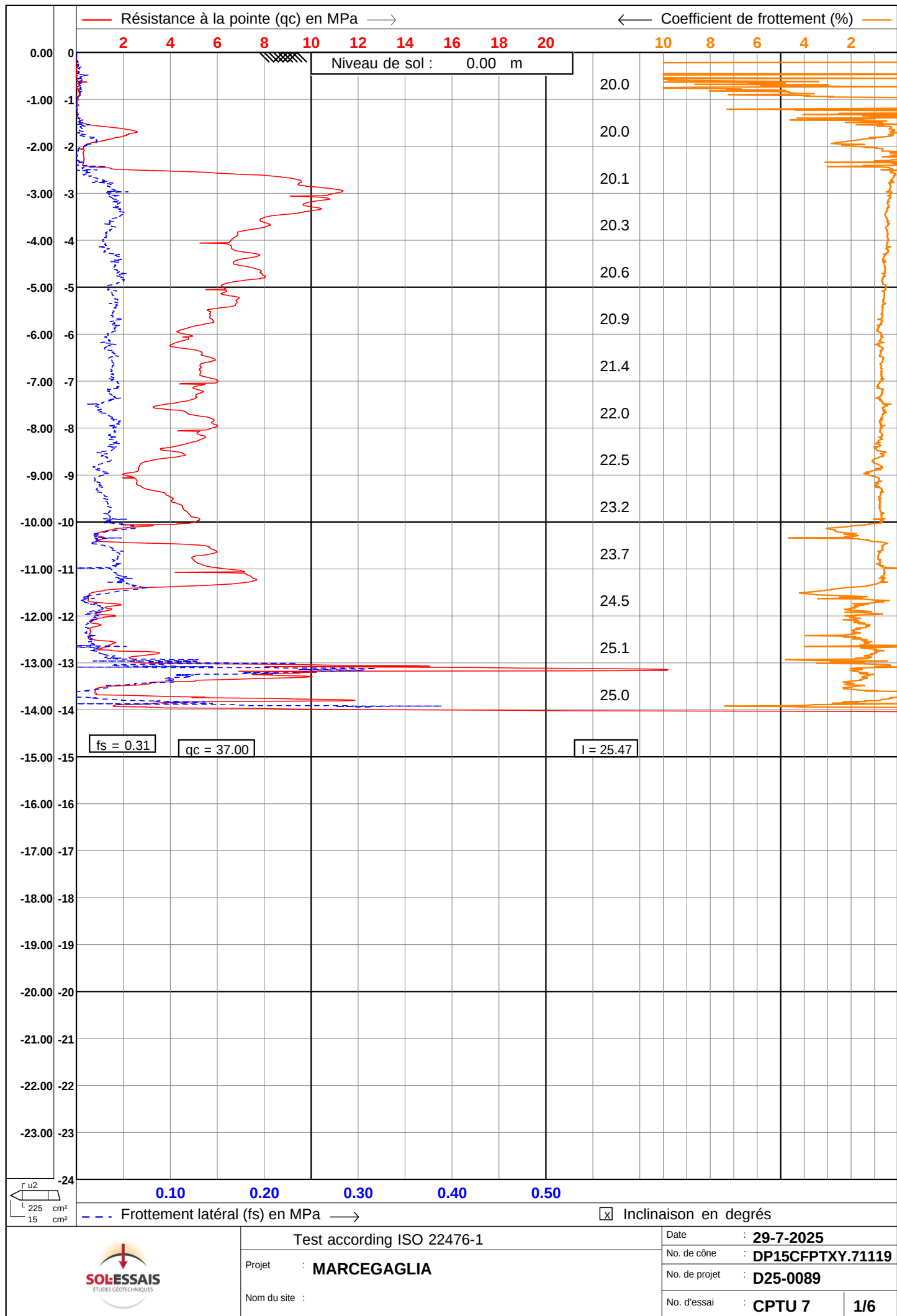
Projet : MARCEGAGLIA

Nom du site :

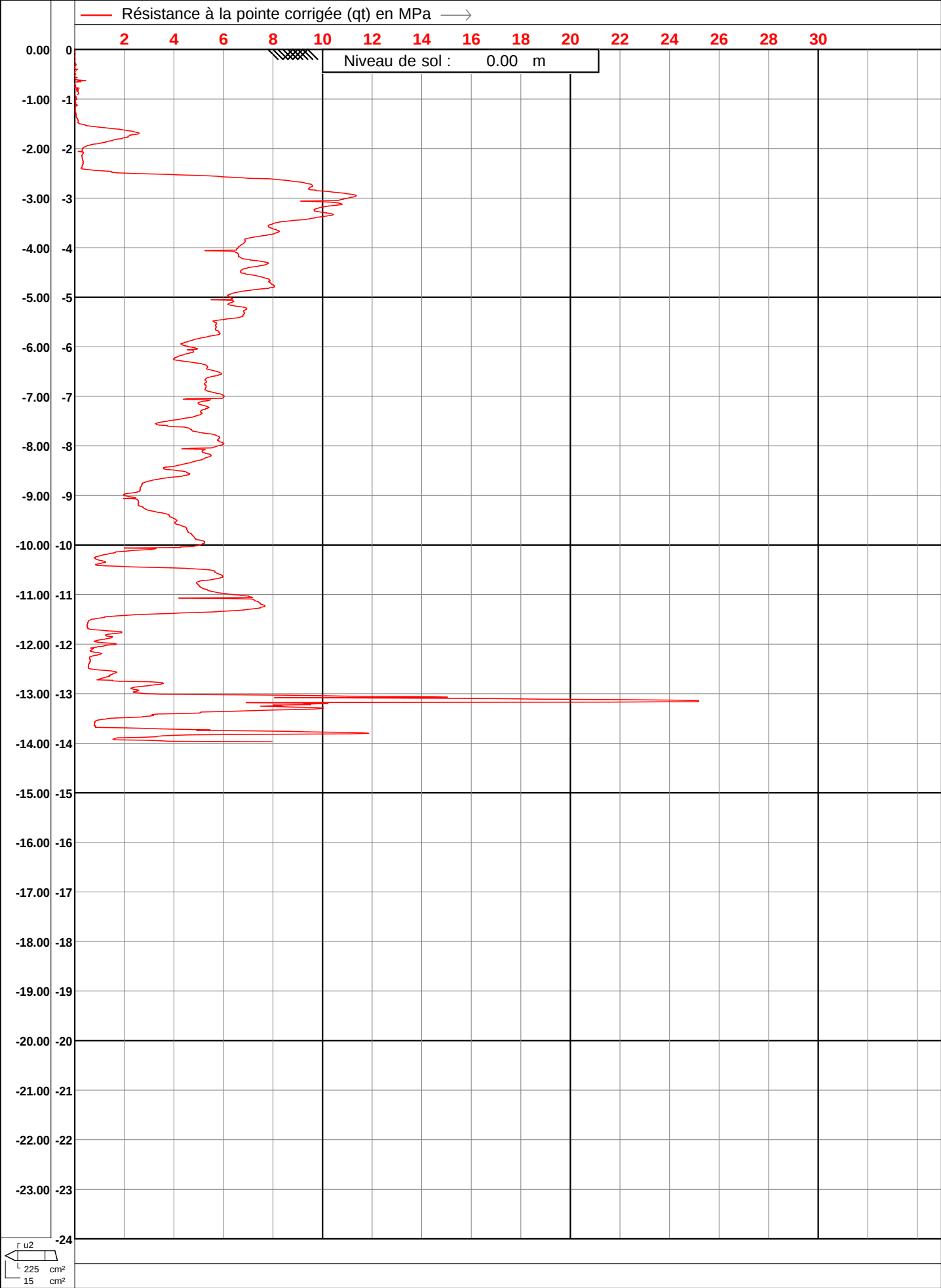
Date : 28-7-2025
No. de cône : DP15CFPTXY.71119
No. de projet : D25-0089
No. d'essai : CPTU 4 6/6

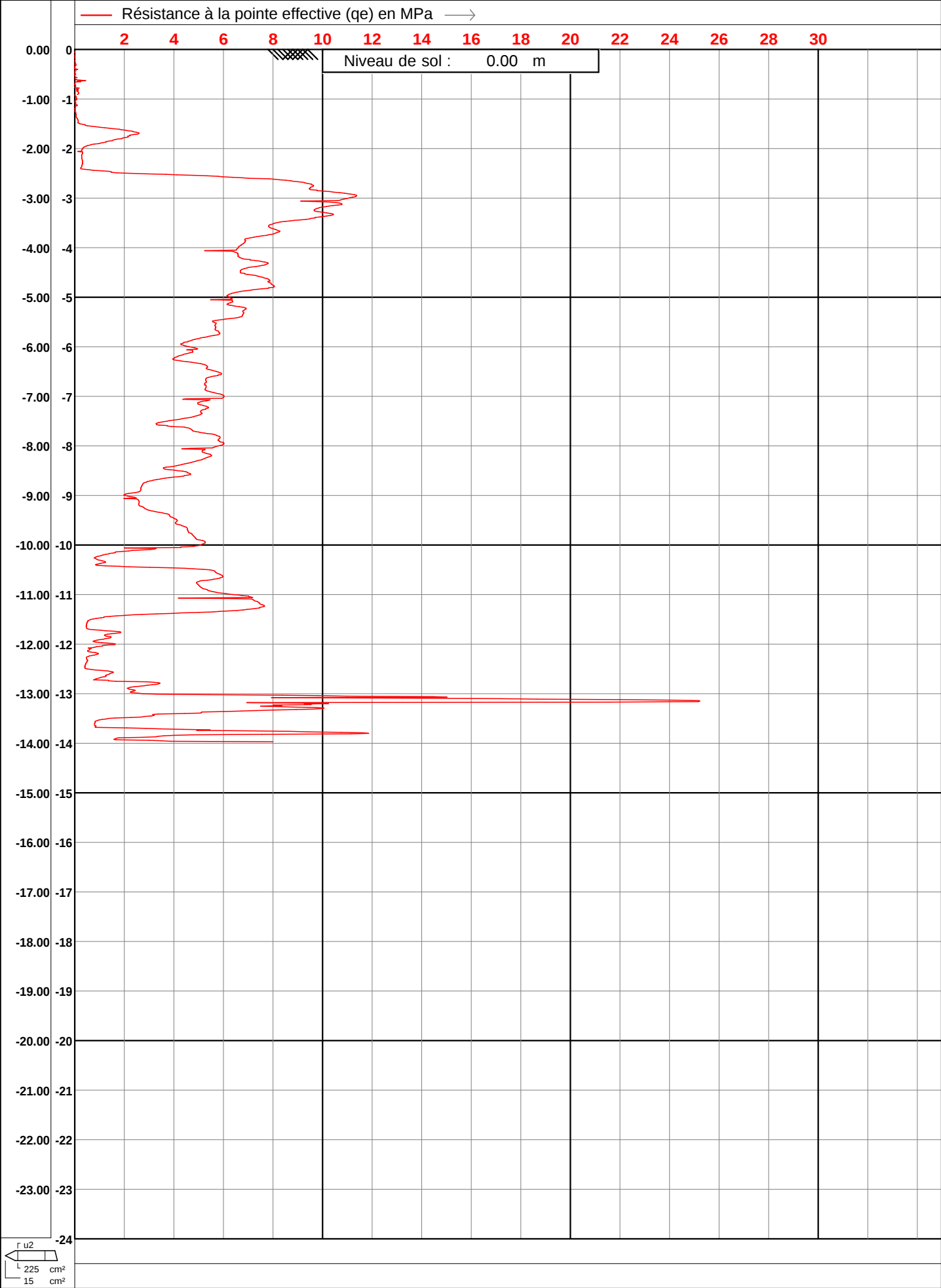


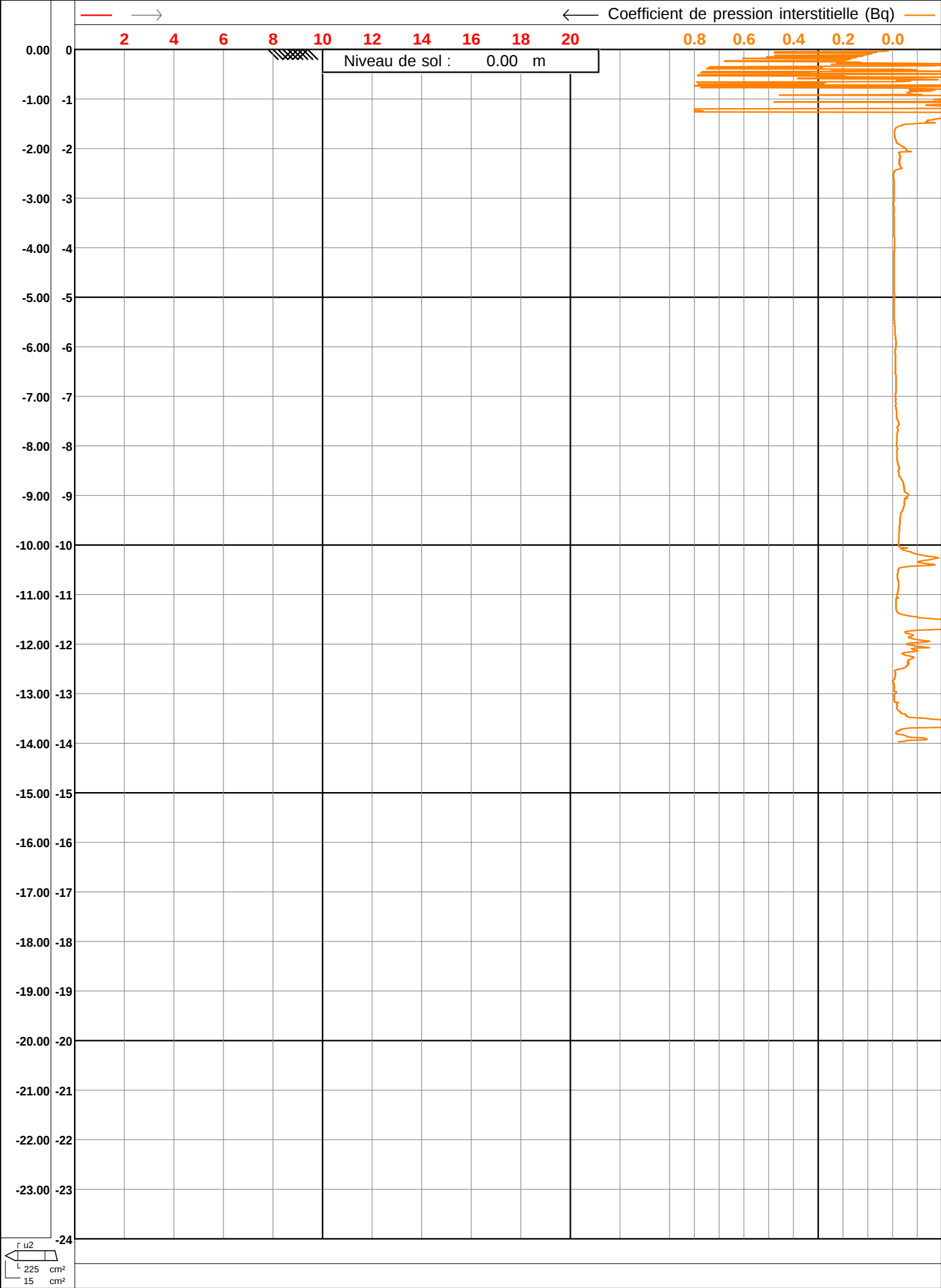












Test according ISO 22476-1

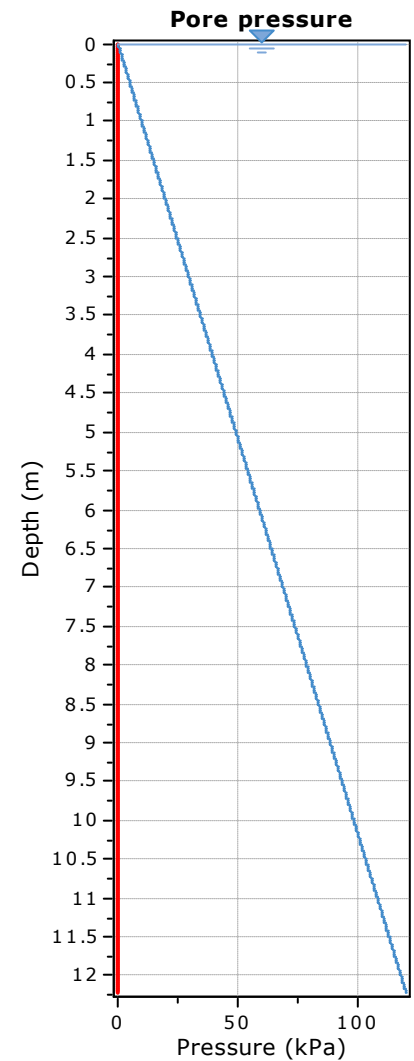
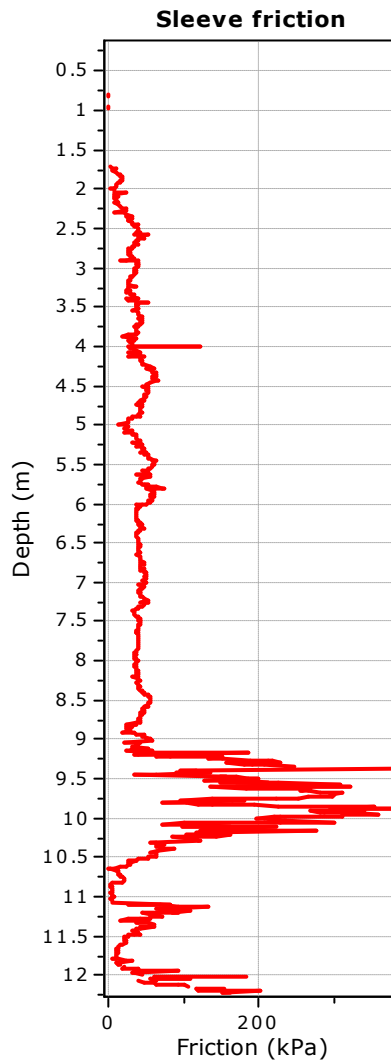
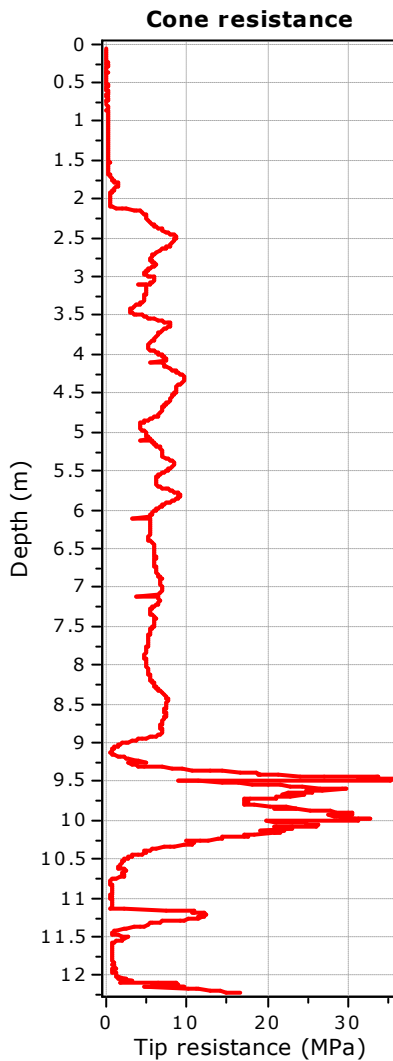
Projet : MARCEGAGLIA

Nom du site :

Date : 29-7-2025
No. de cône : DP15CFPTXY.71119
No. de projet : D25-0089
No. d'essai : CPTU 7 6/6

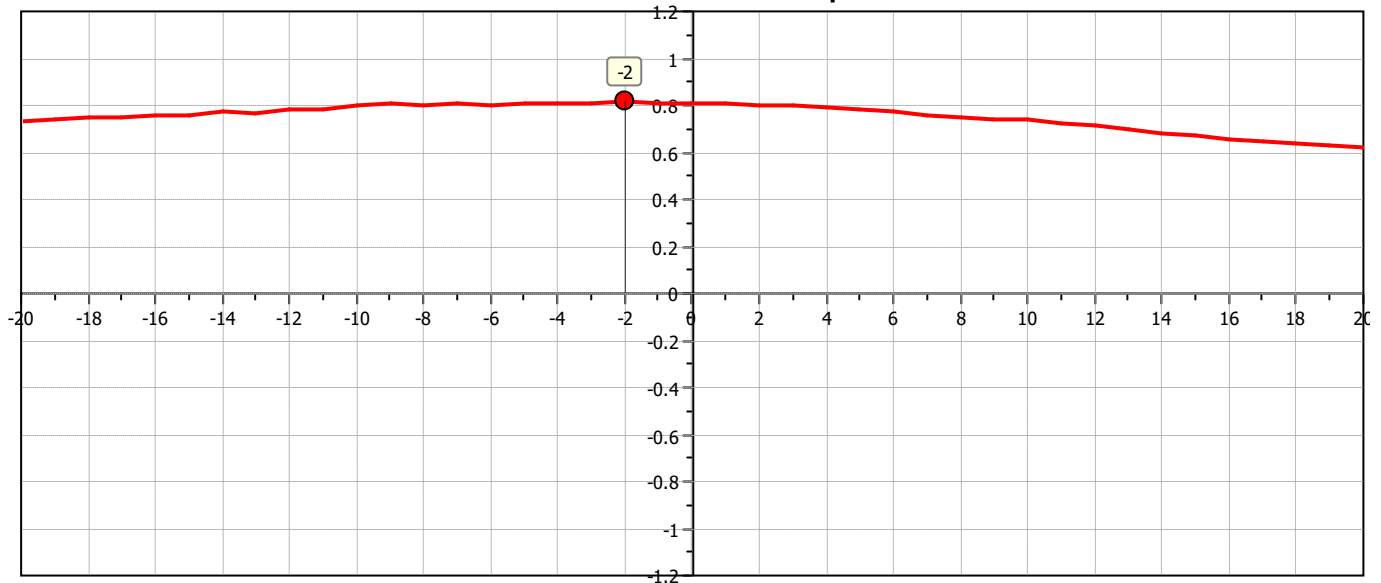
Project:

Location:



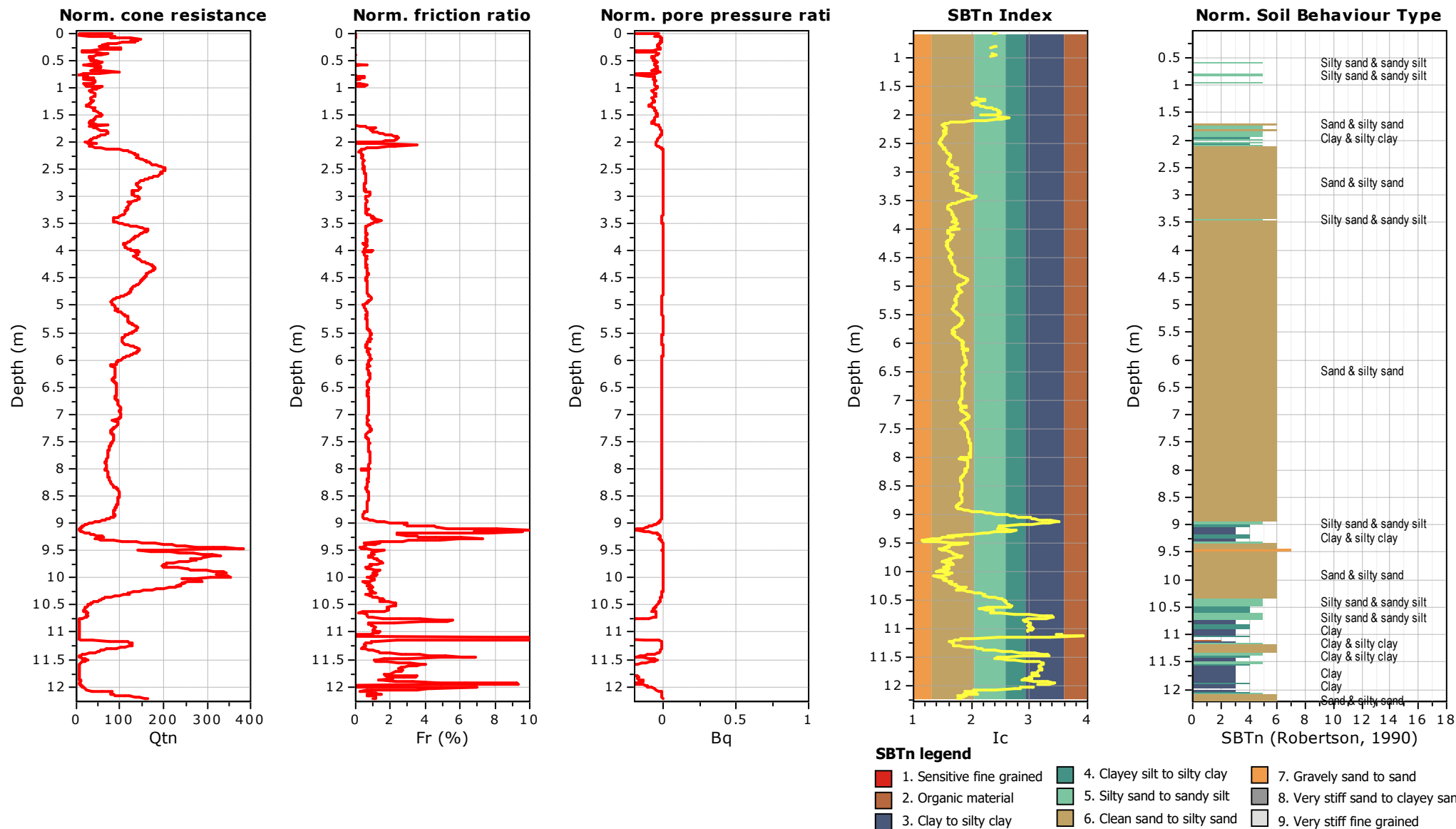
The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

Cross correlation between q_c & f_s



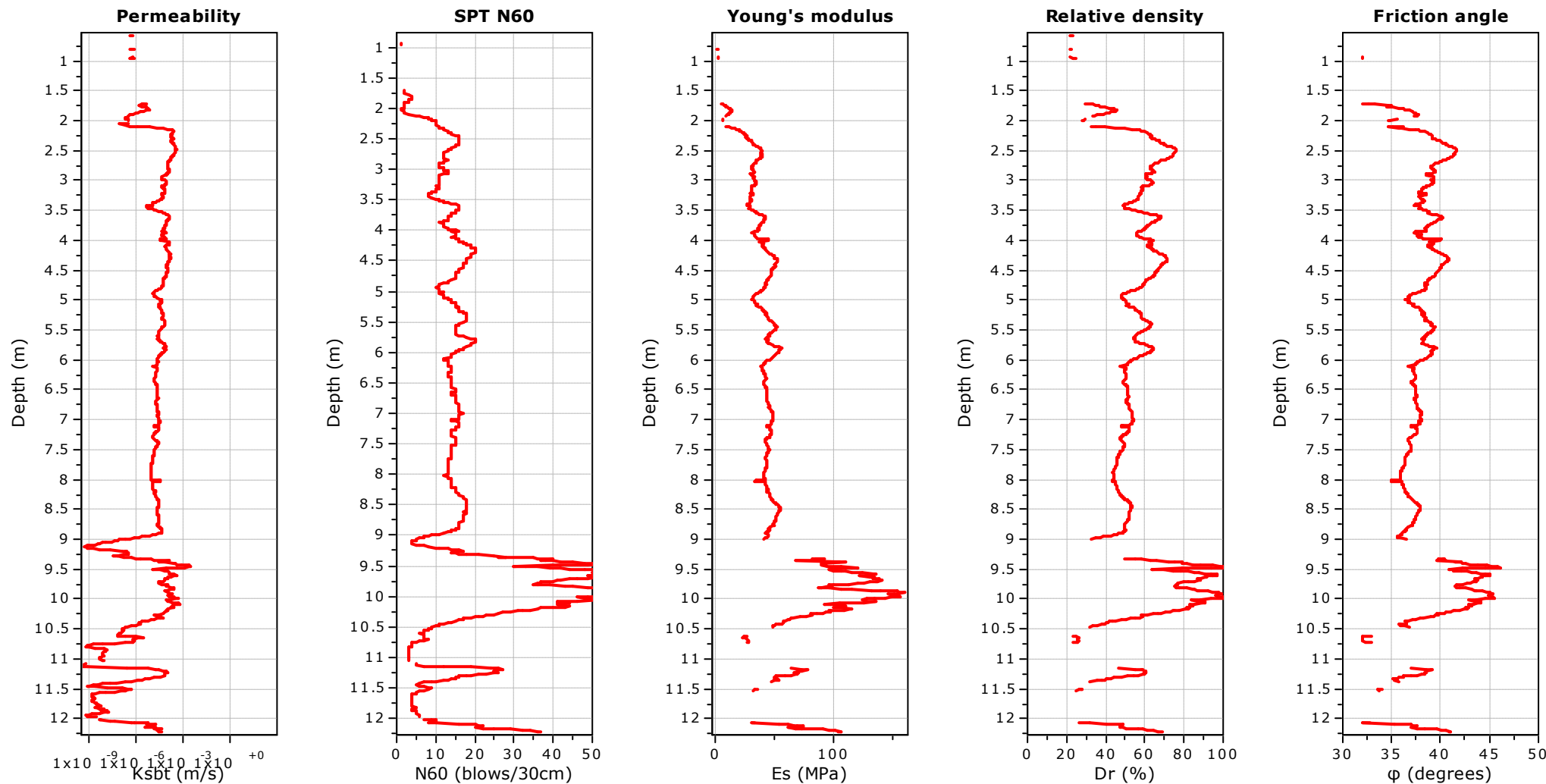
Project:

Location:



Project:

Location:



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N₆₀: Based on I_c and q_t

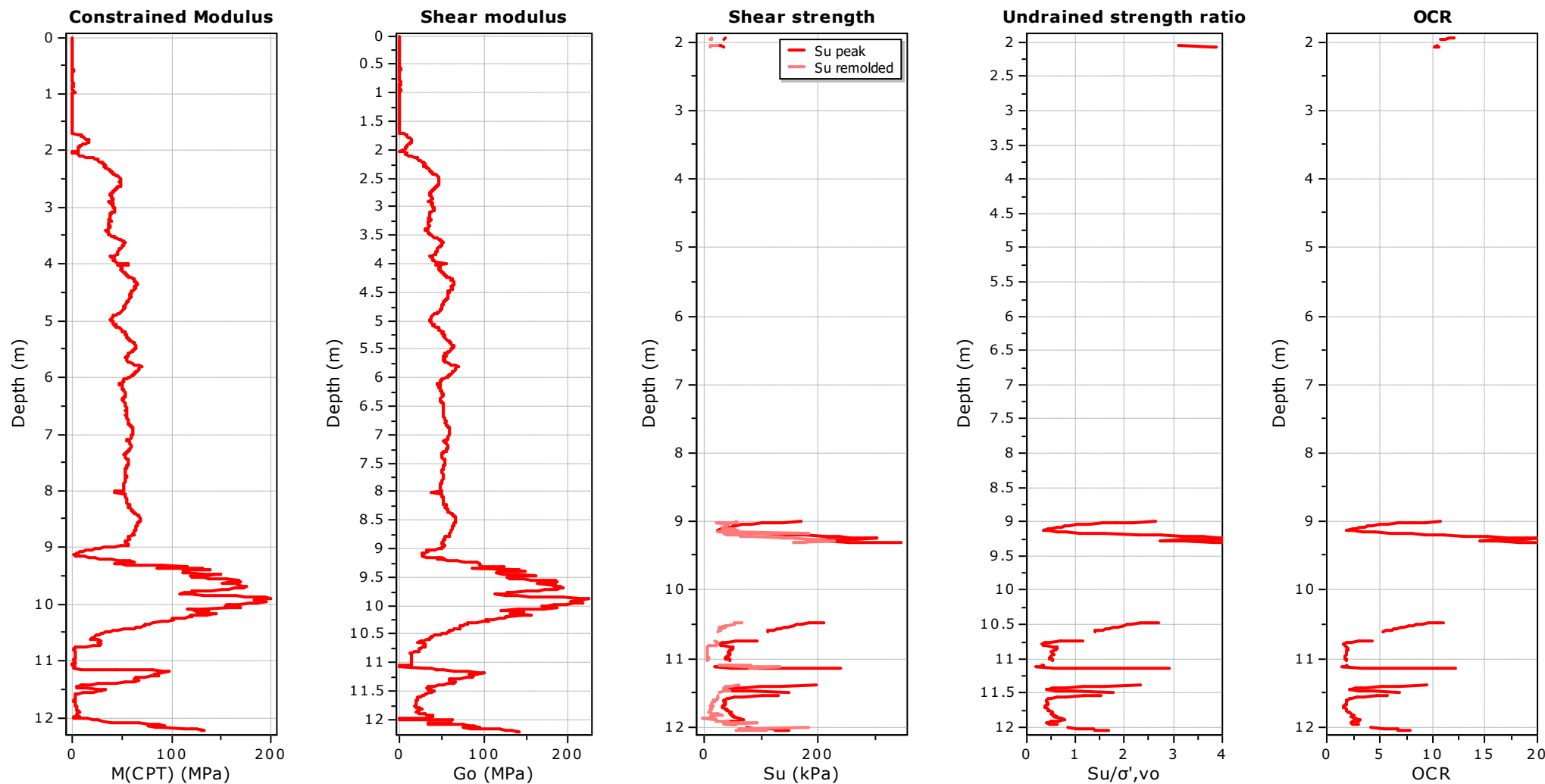
Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr}: 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

Project:

Location:



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{in} (Robertson, 2009)

Go: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

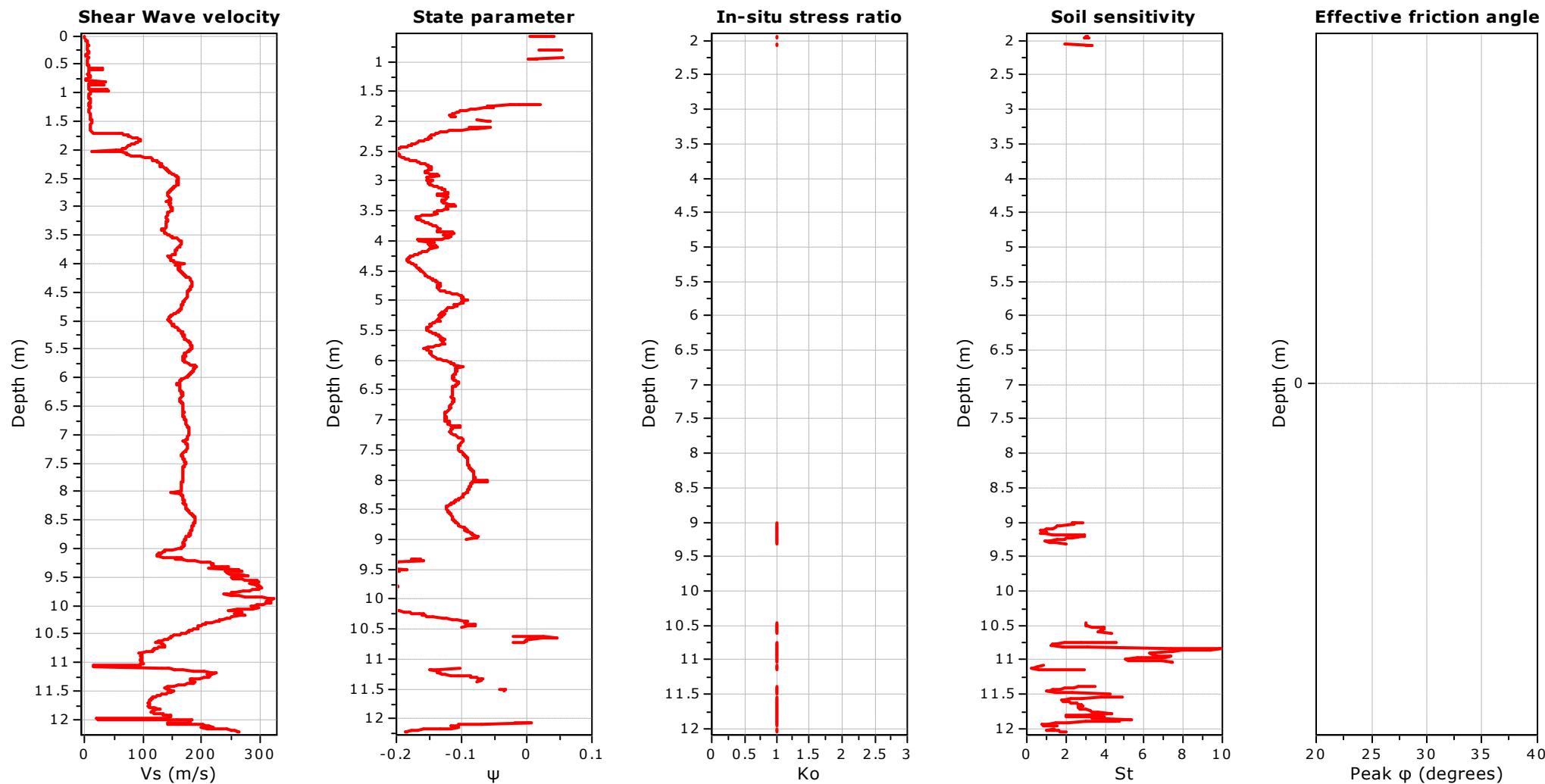
Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : Auto

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

—●— Flat Dilatometer Test data

Project:

Location:

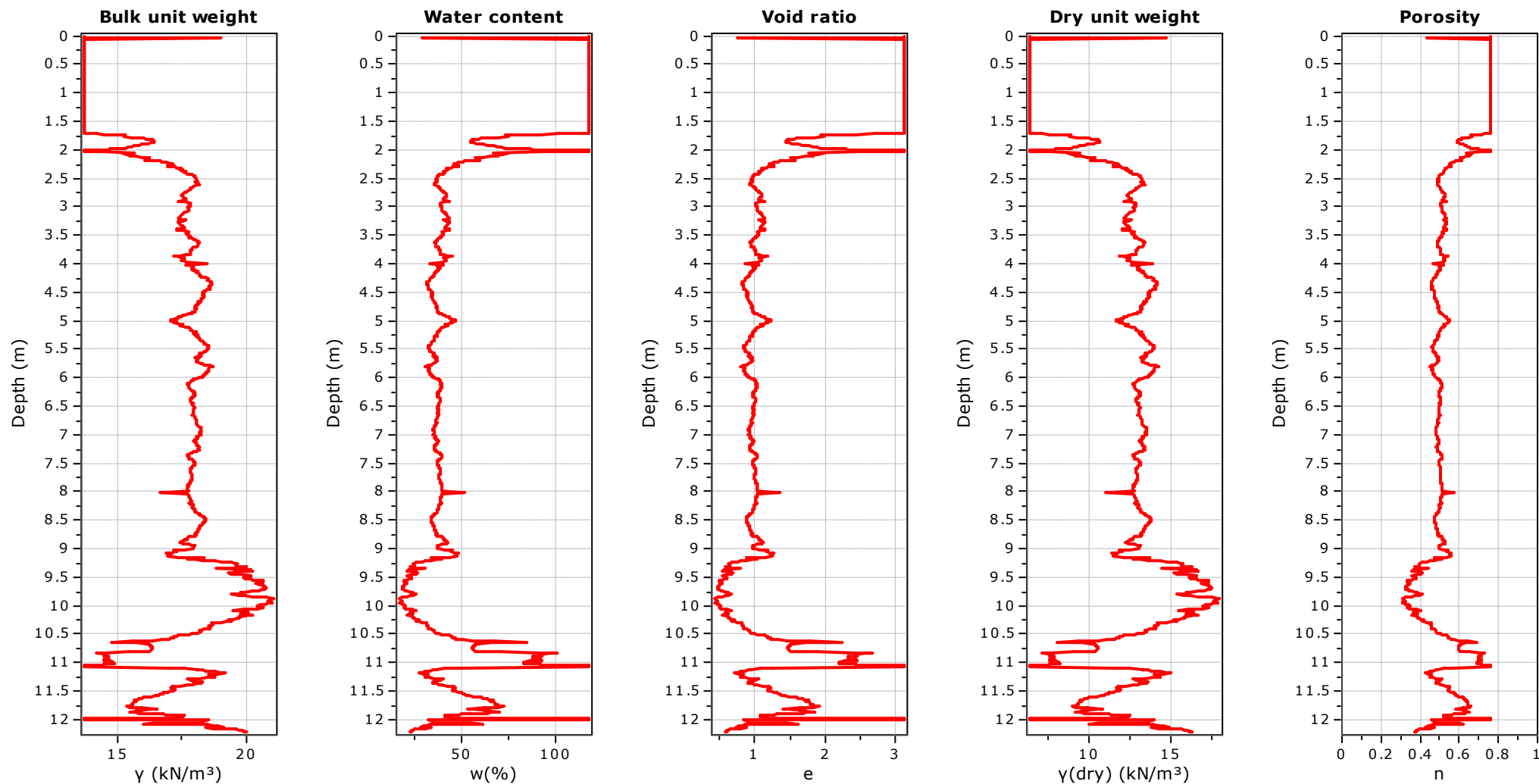


Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

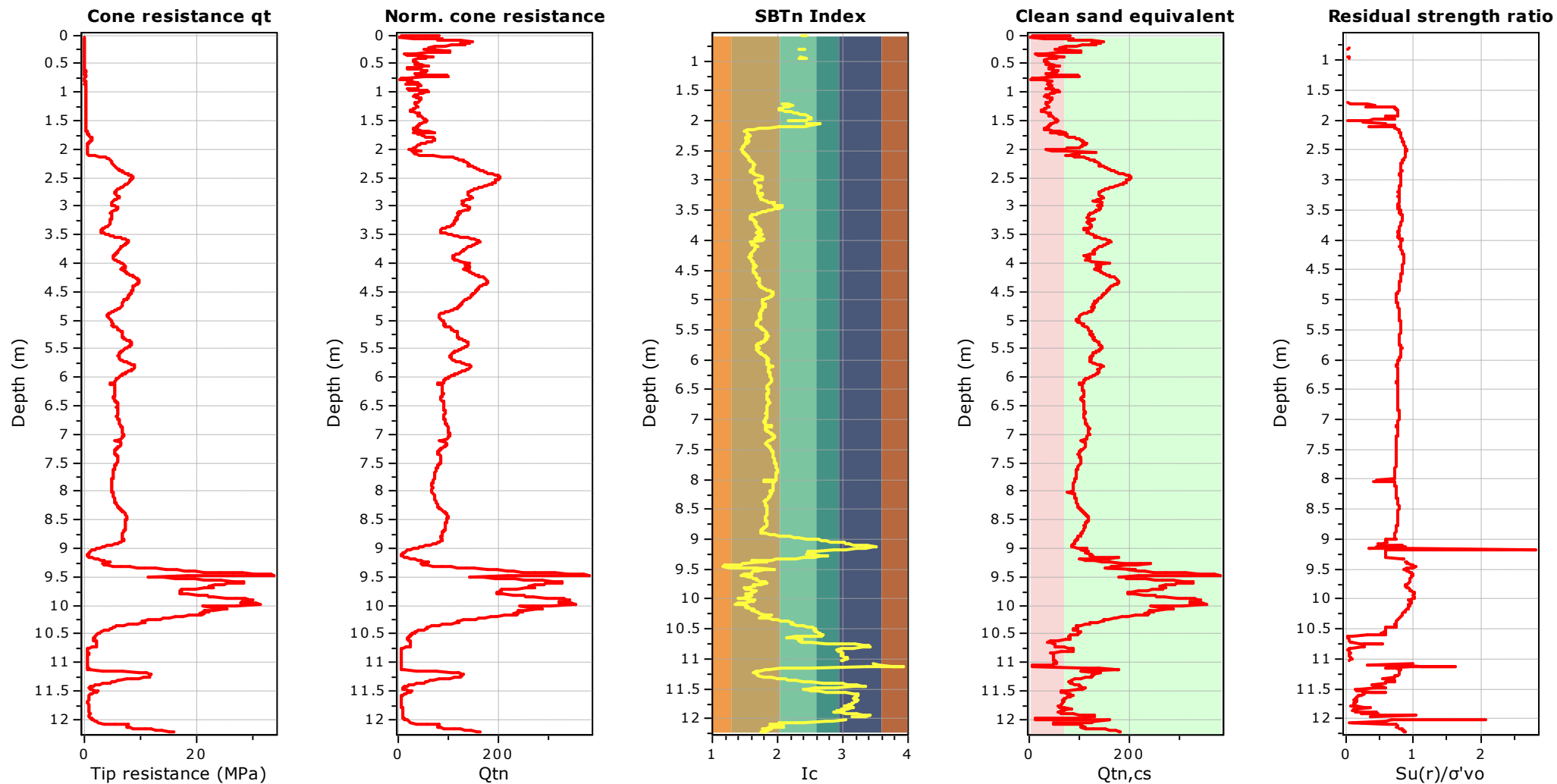
Project:

Location:



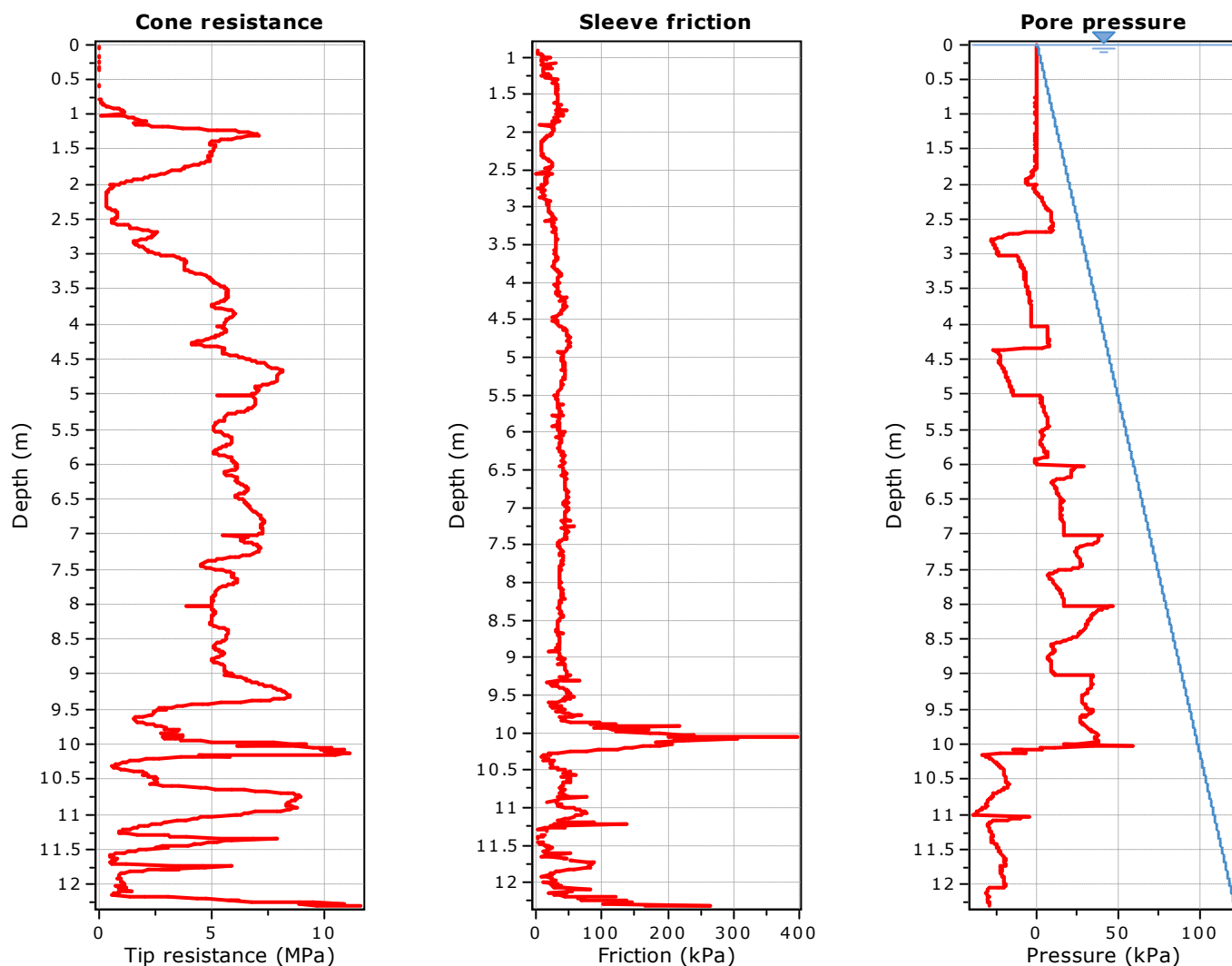
Project:

Location:



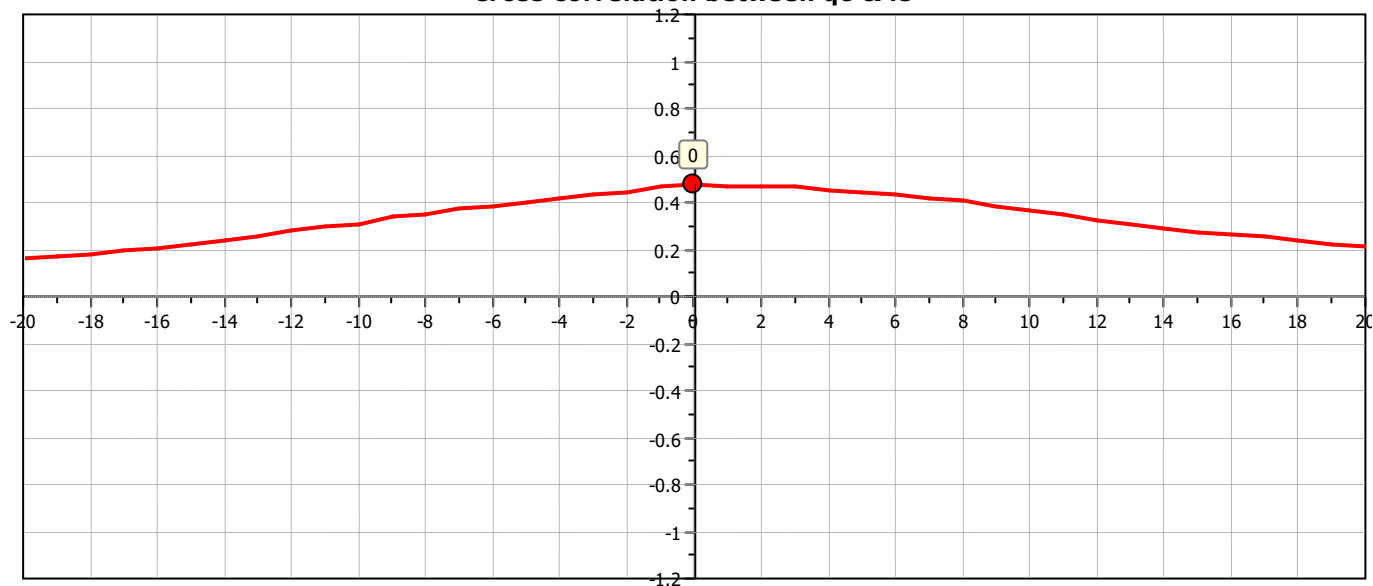
Project:

Location:

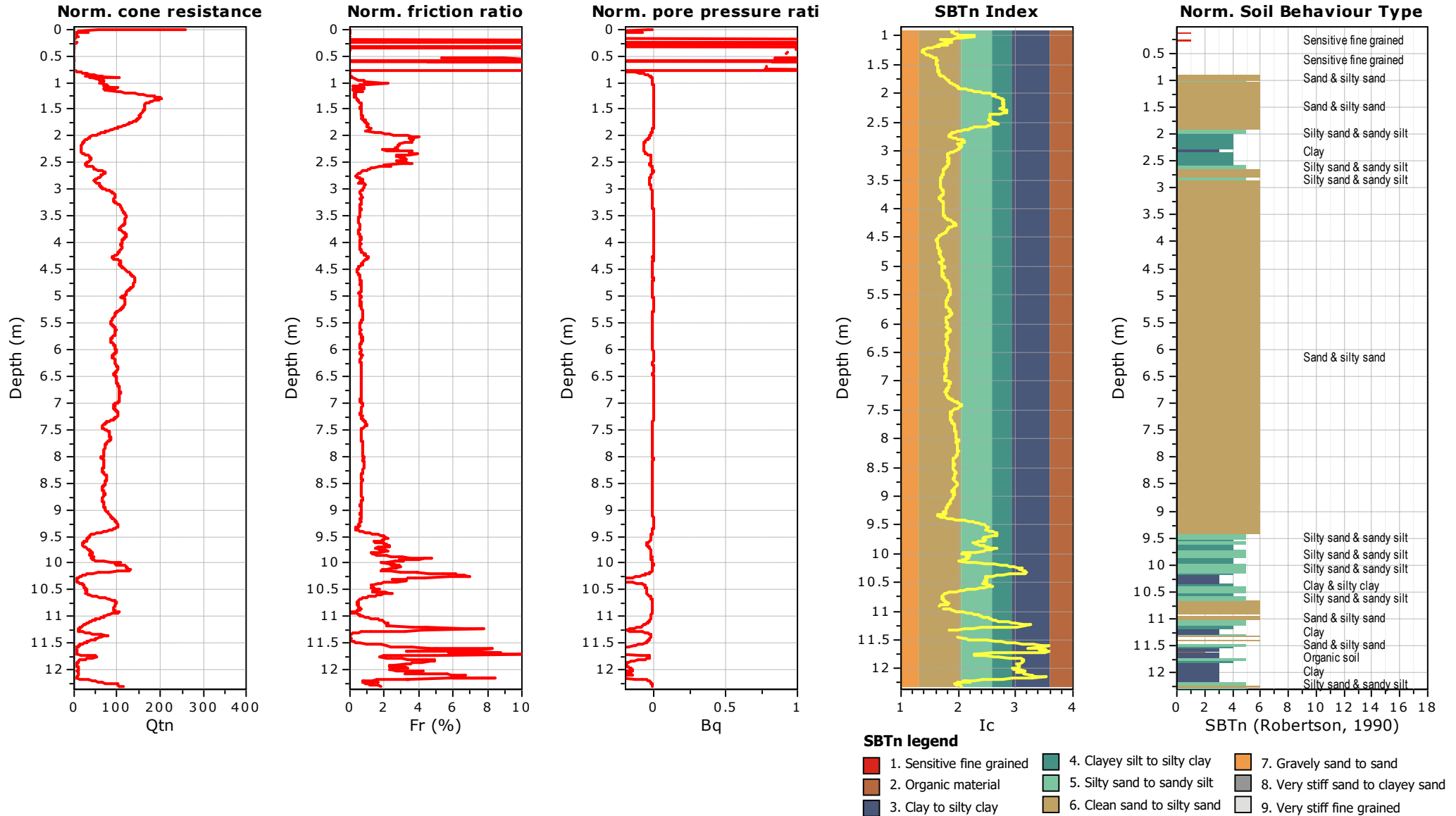


The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

Cross correlation between q_c & f_s

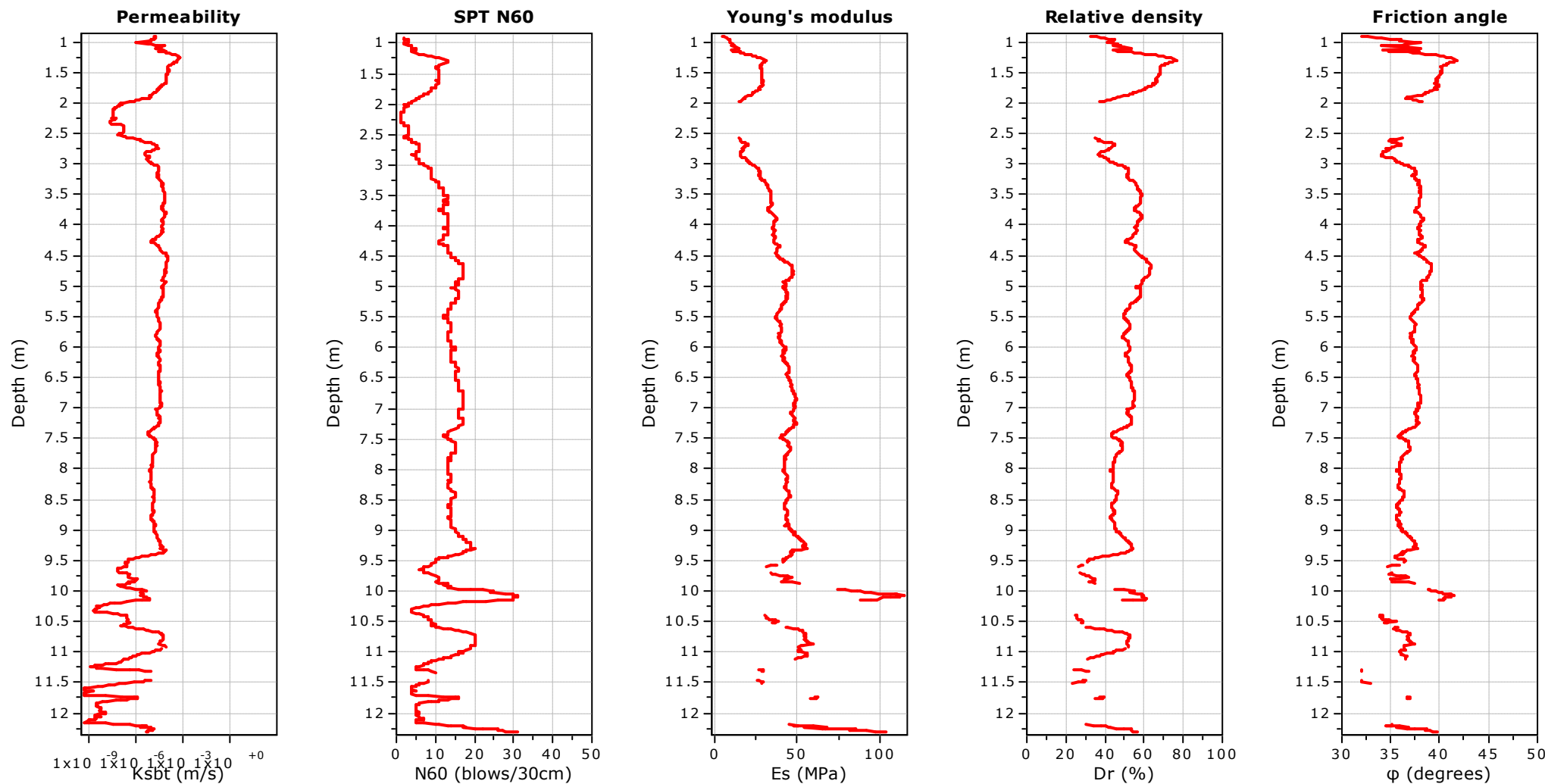


Project:
Location:



Project:

Location:



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

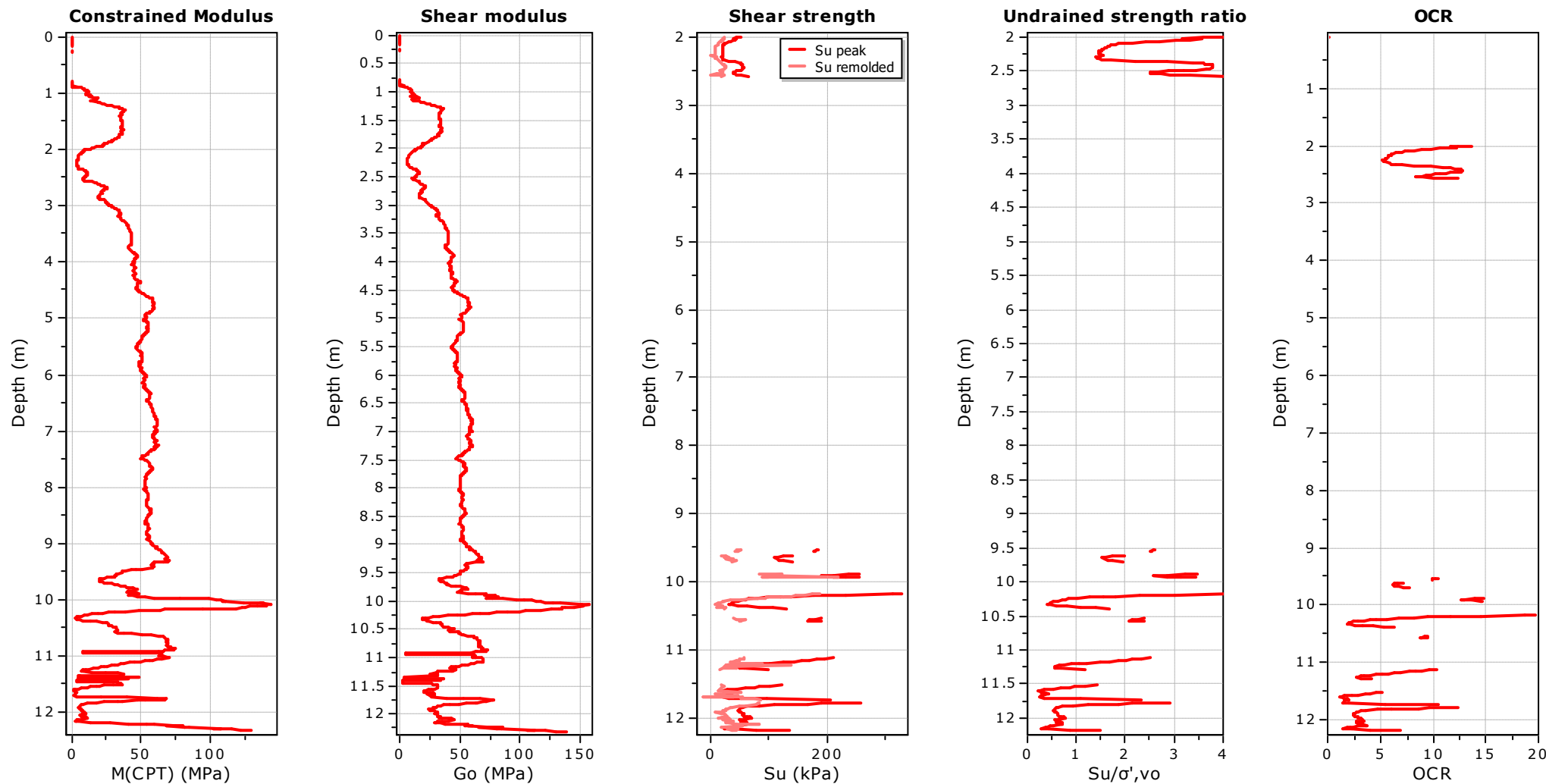
Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

Project:

Location:



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)

Go: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

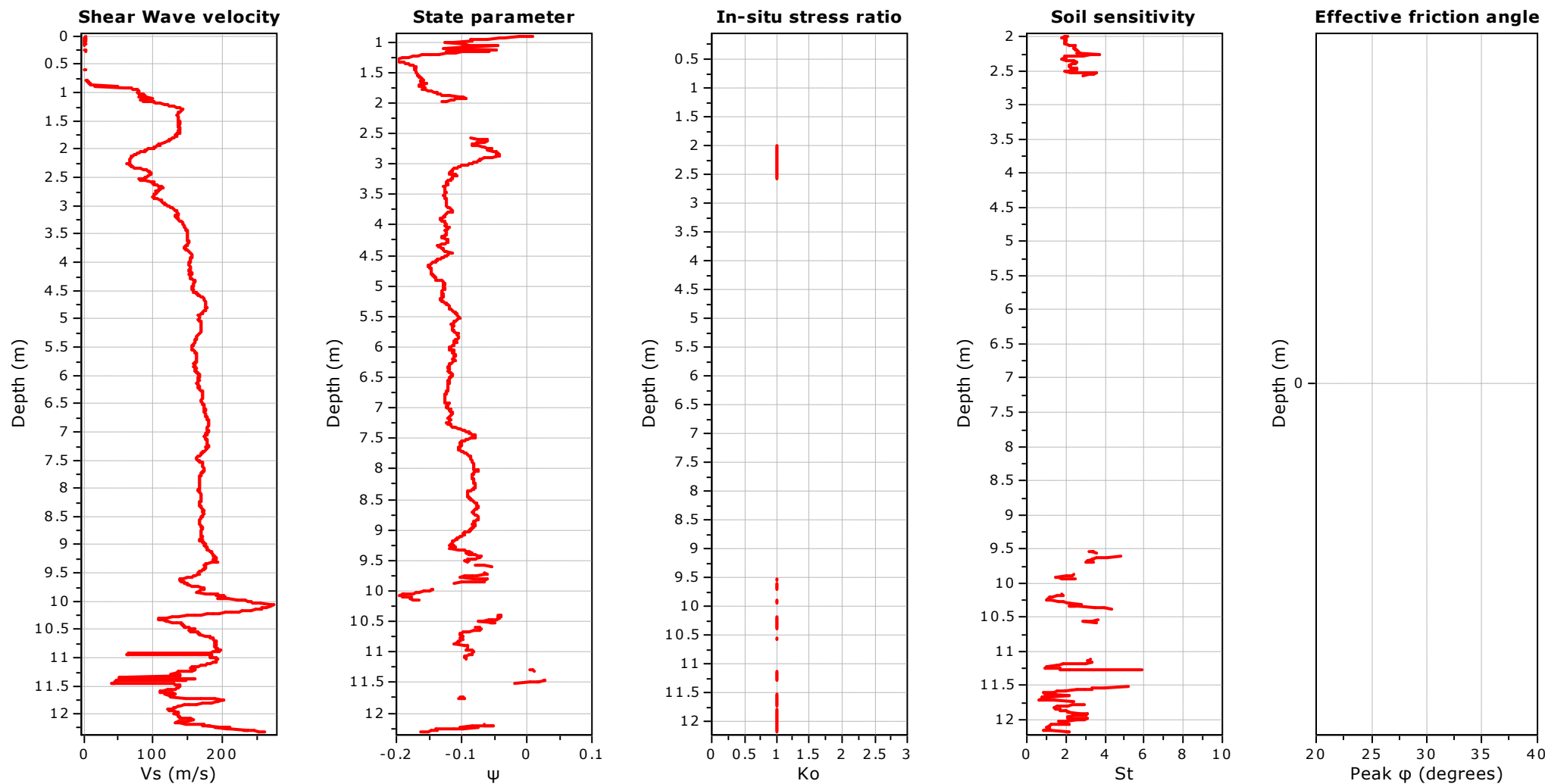
Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : Auto

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

—●— Flat Dilatometer Test data

Project:

Location:

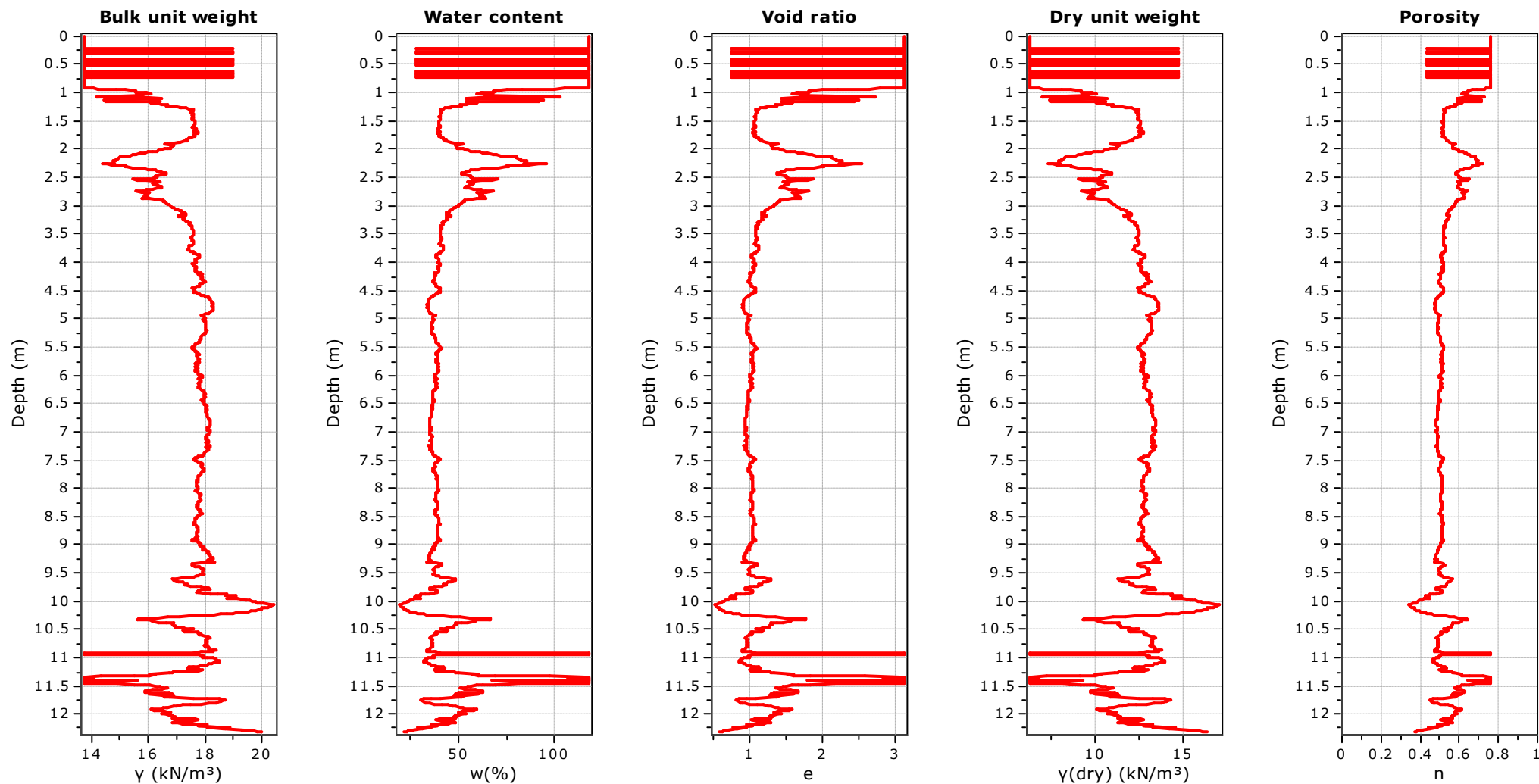


Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

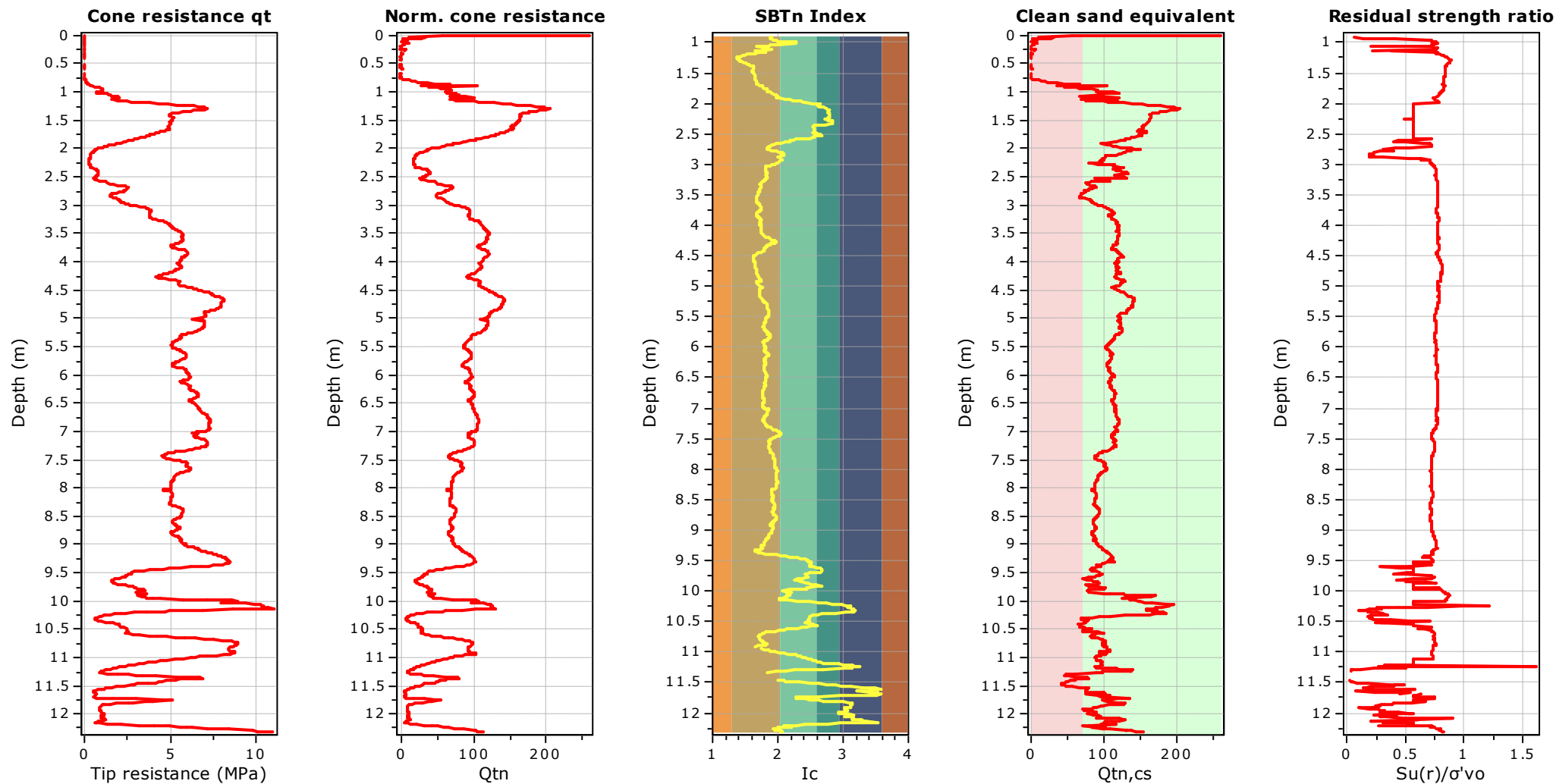
Project:

Location:



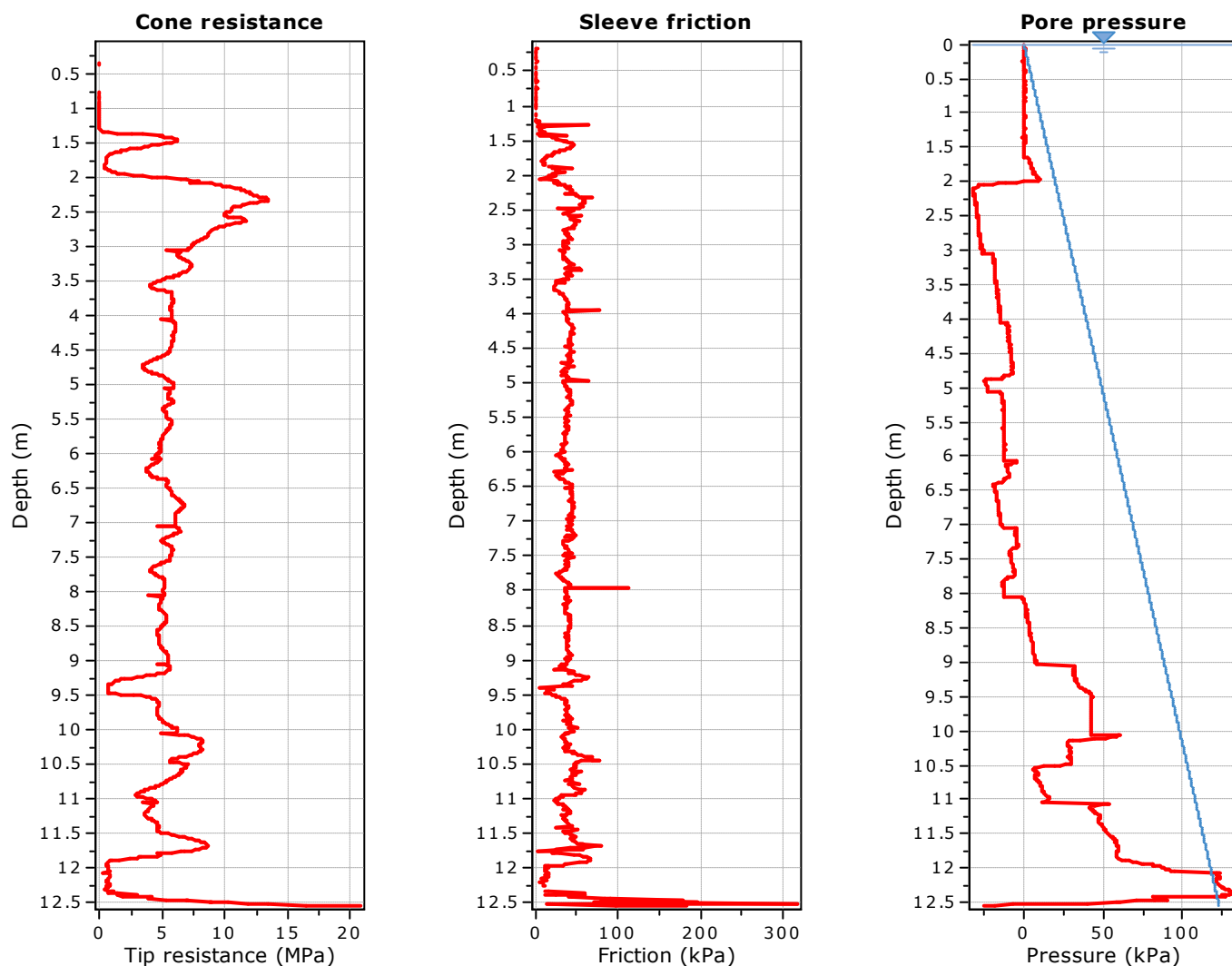
Project:

Location:



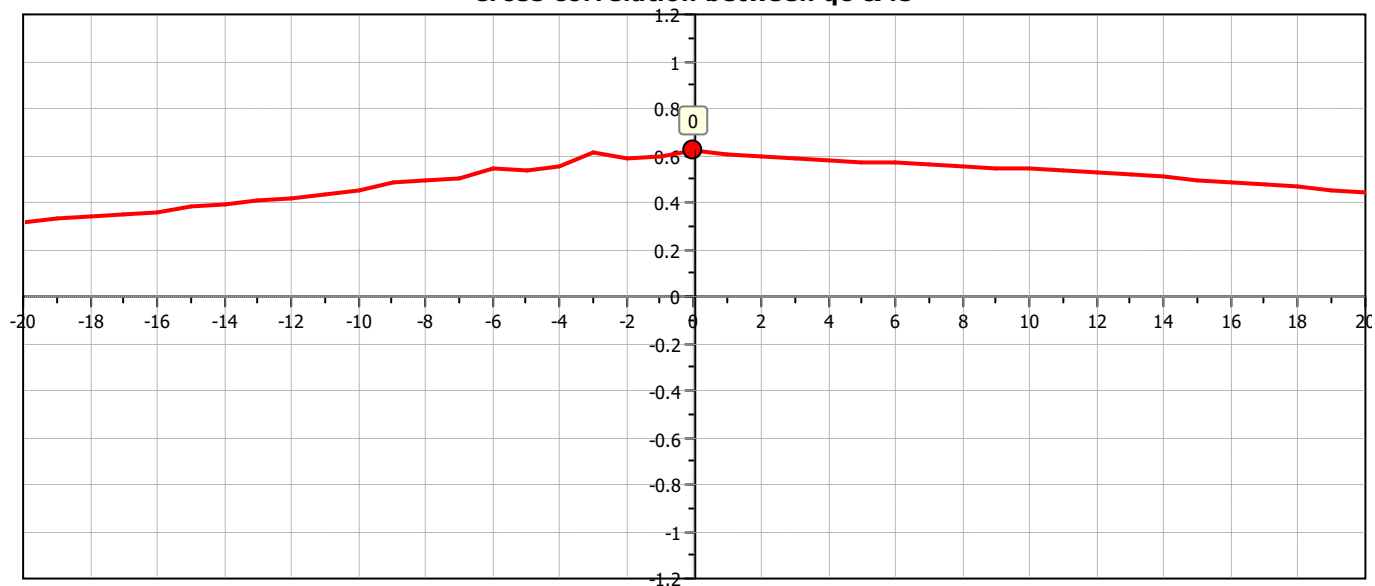
Project:

Location:



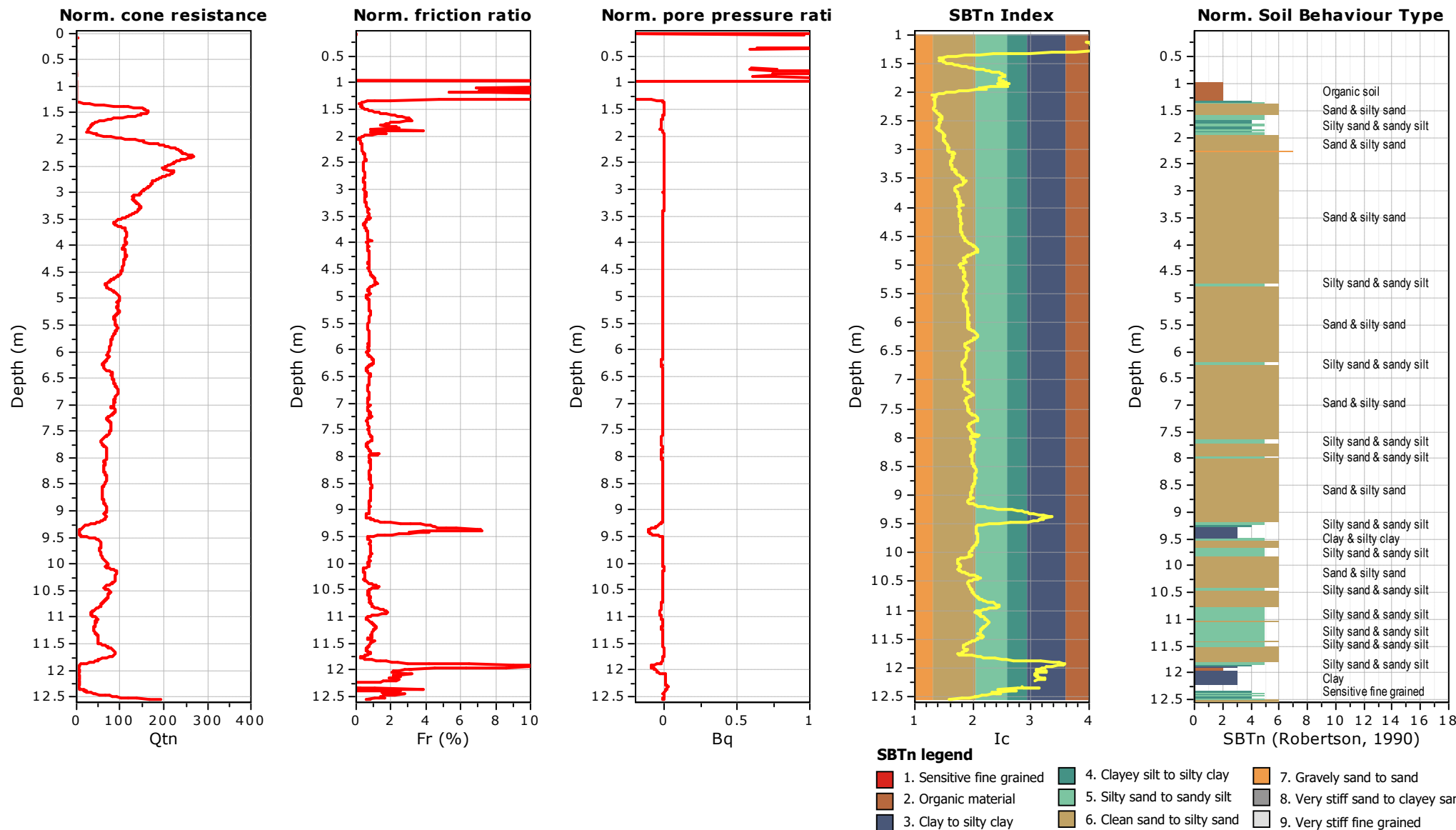
The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

Cross correlation between q_c & f_s



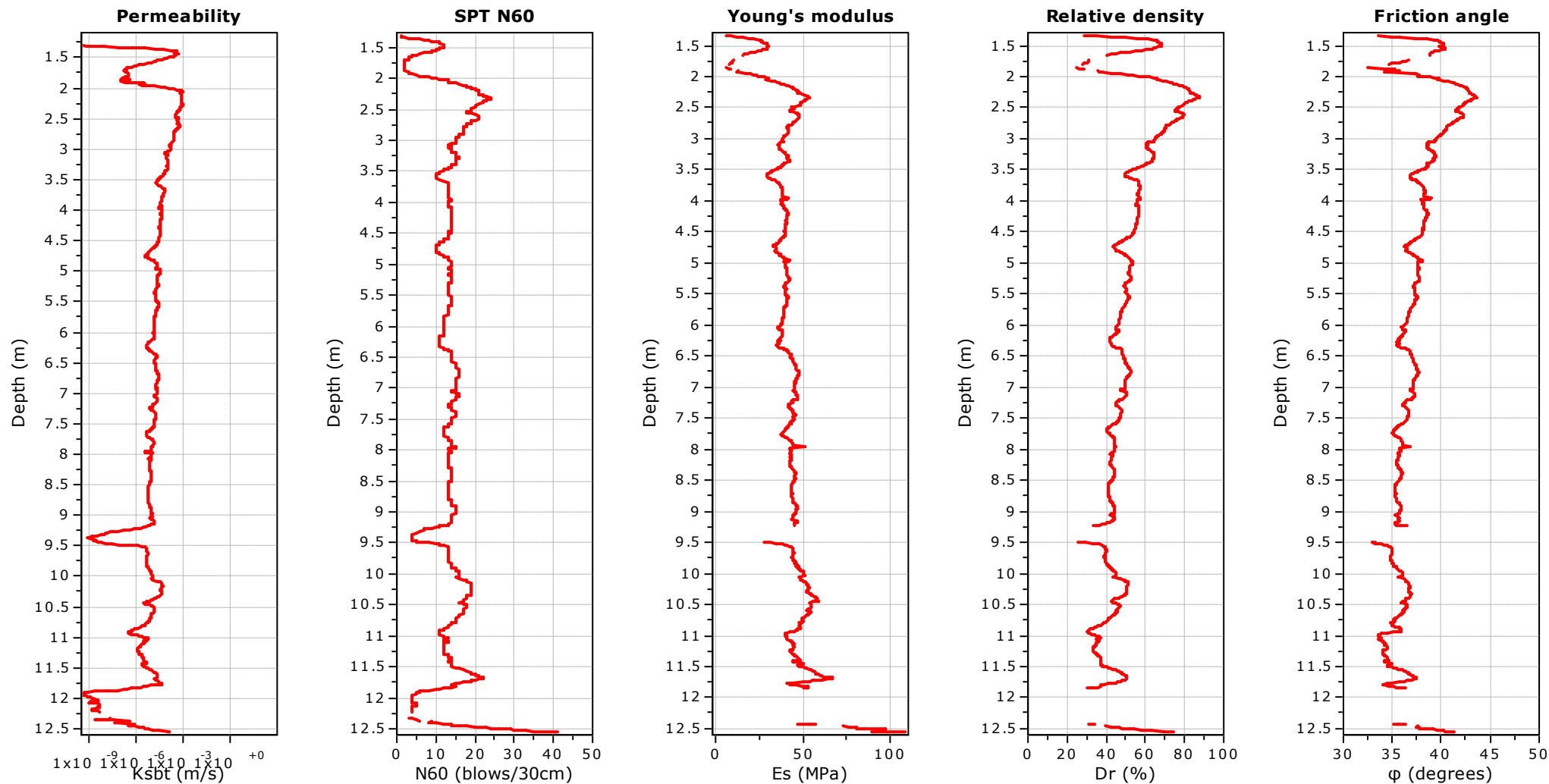
Project:

Location:



Project:

Location:



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

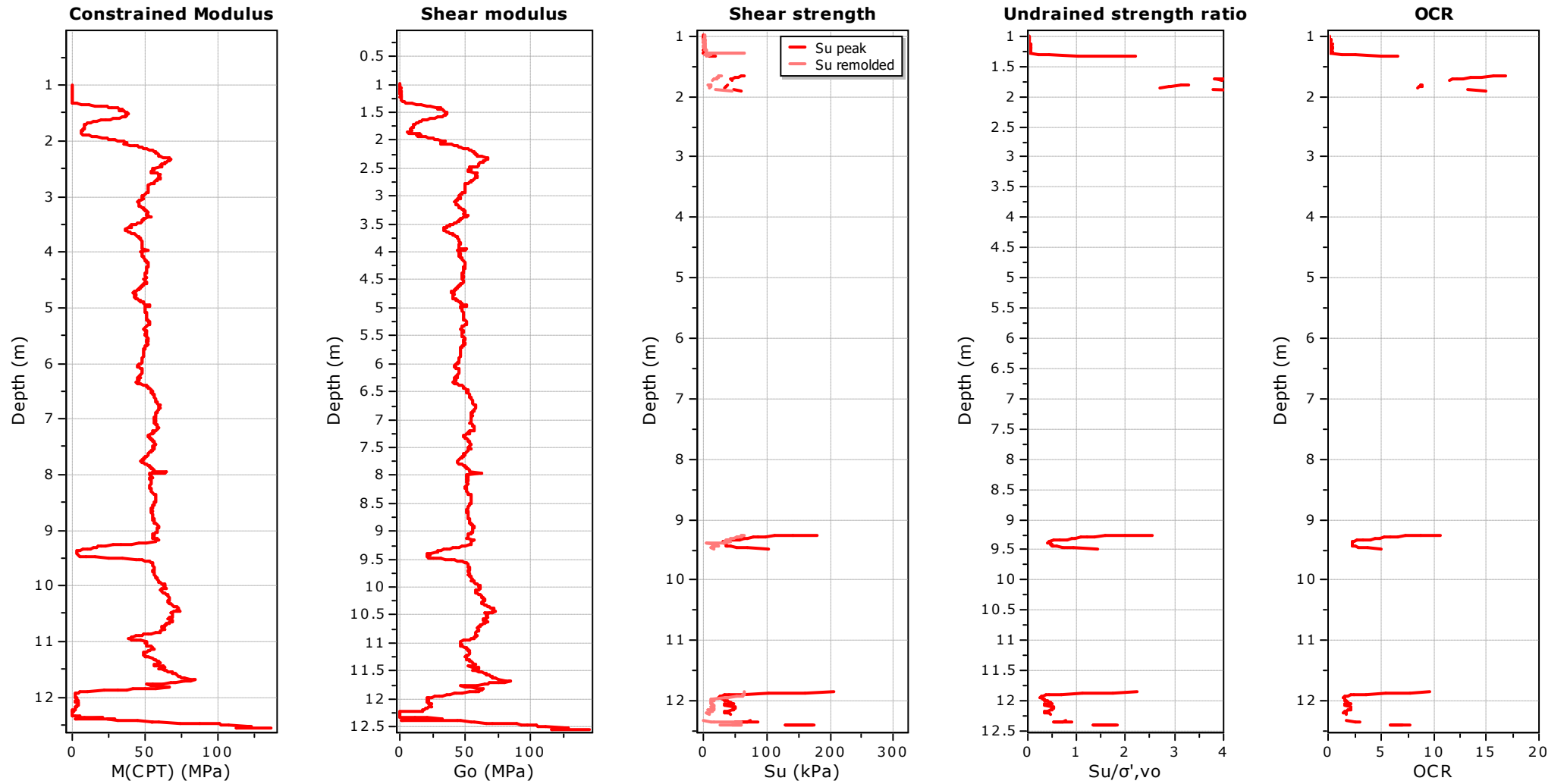
SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

Project:
Location:



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)

Go: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

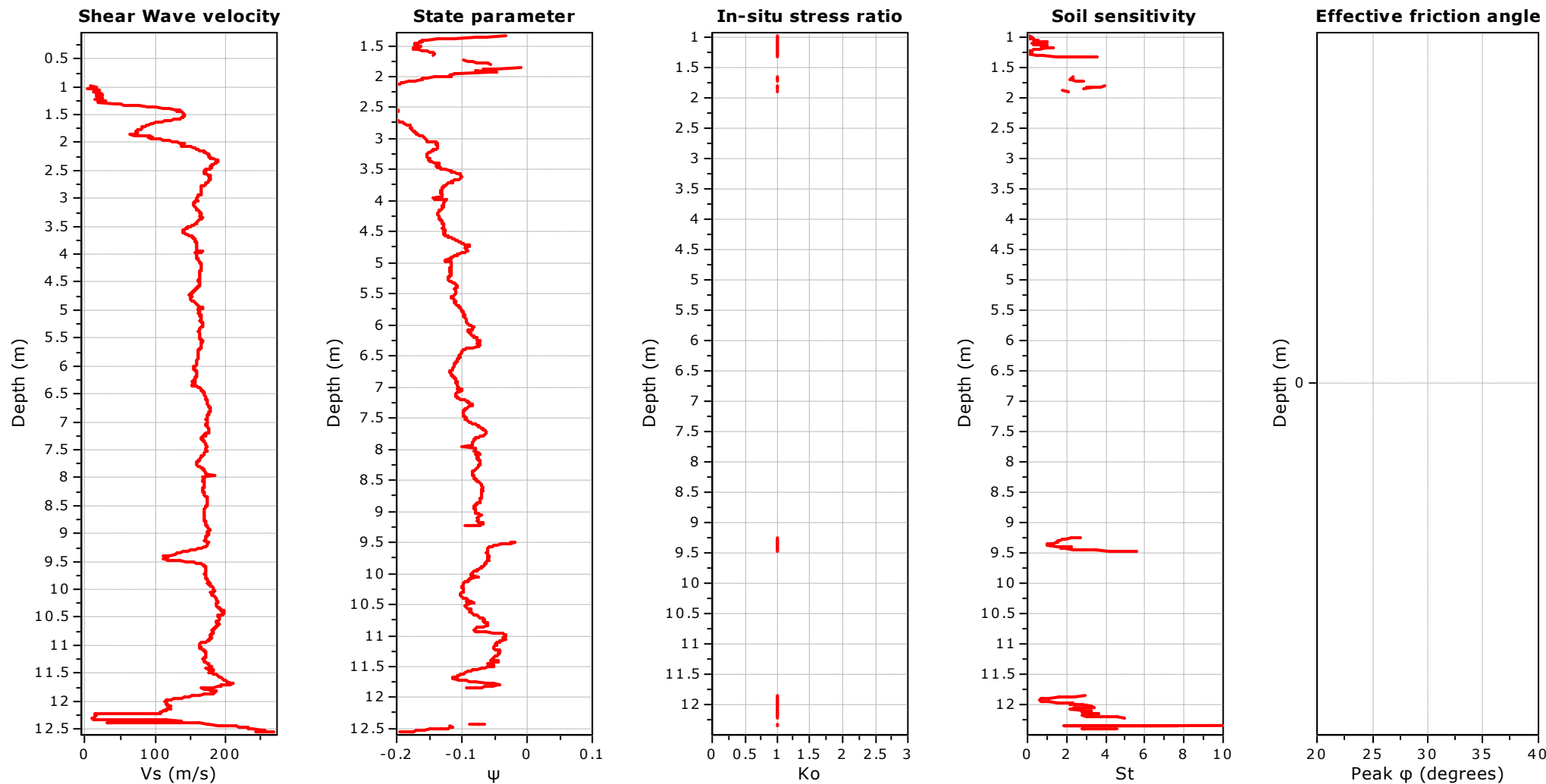
Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : Auto

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

—●— Flat Dilatometer Test data

Project:

Location:

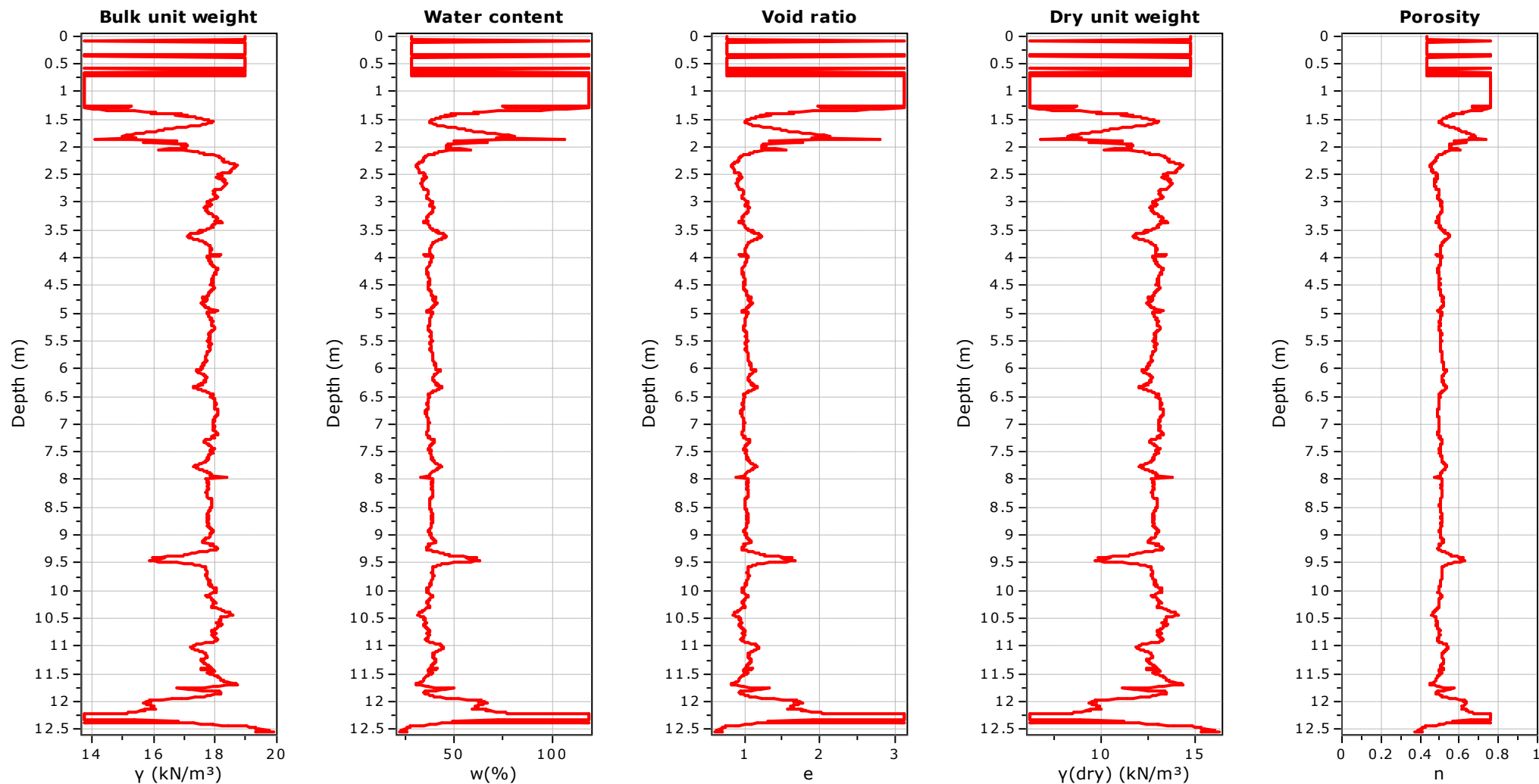


Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

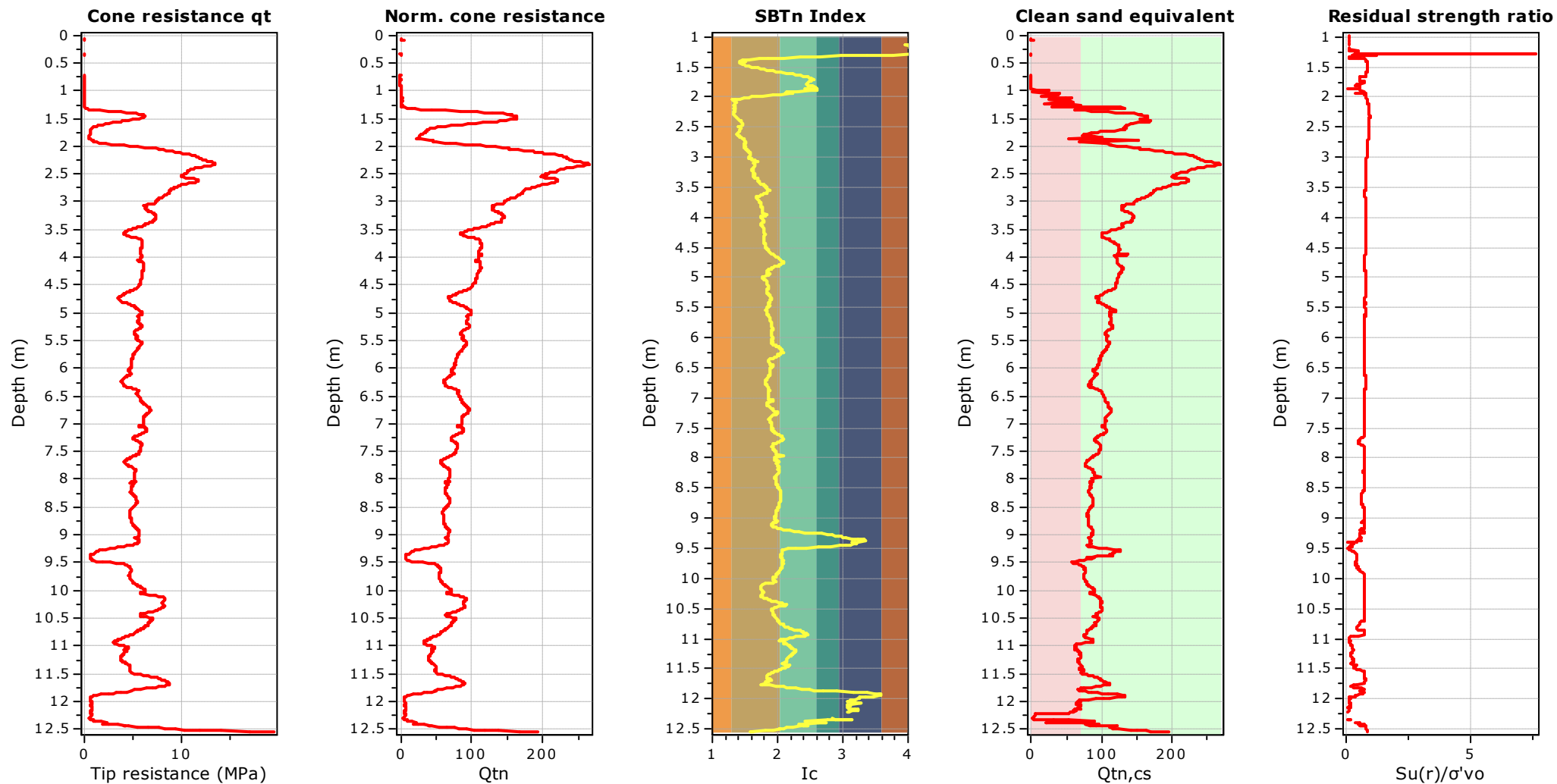
Project:

Location:



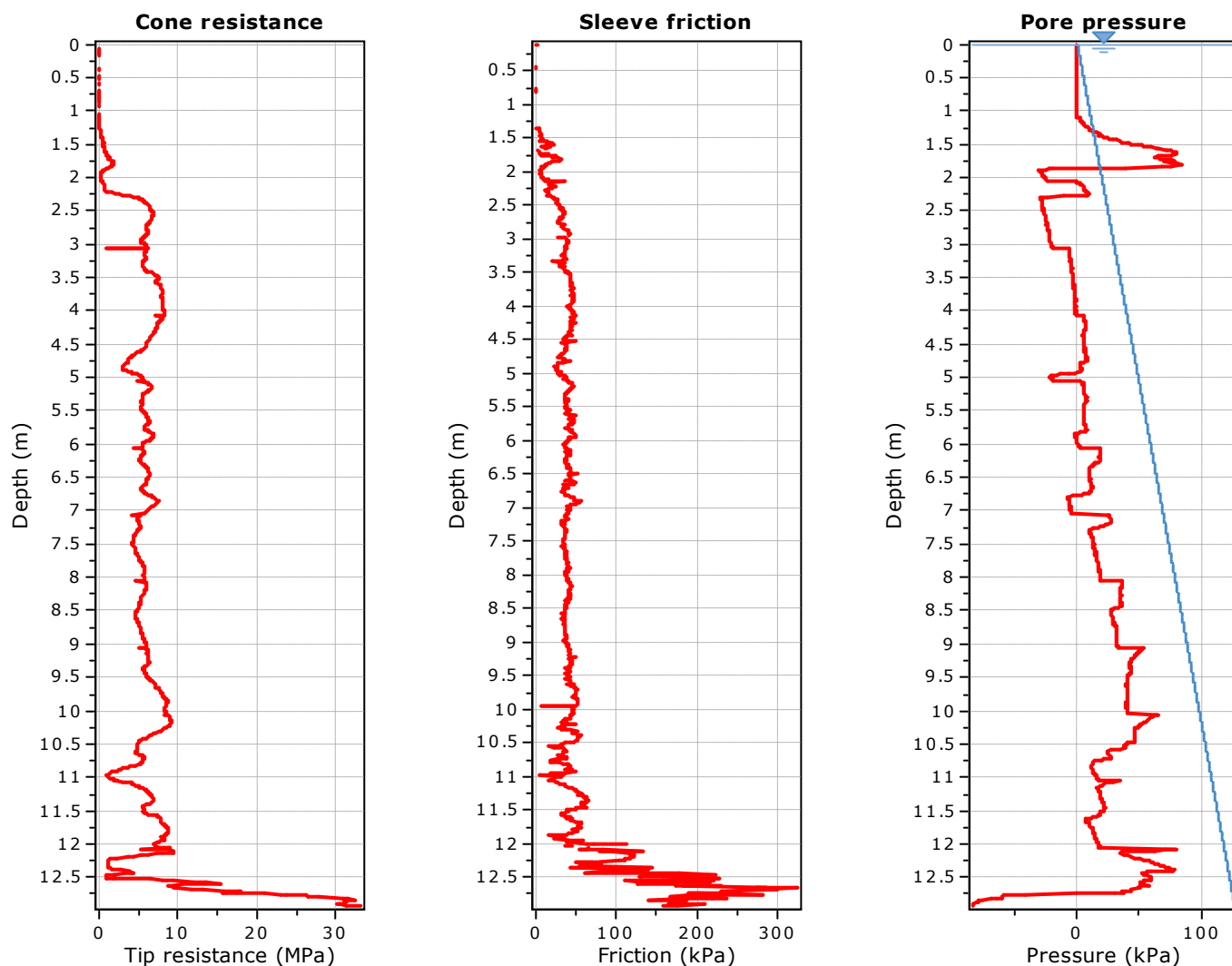
Project:

Location:



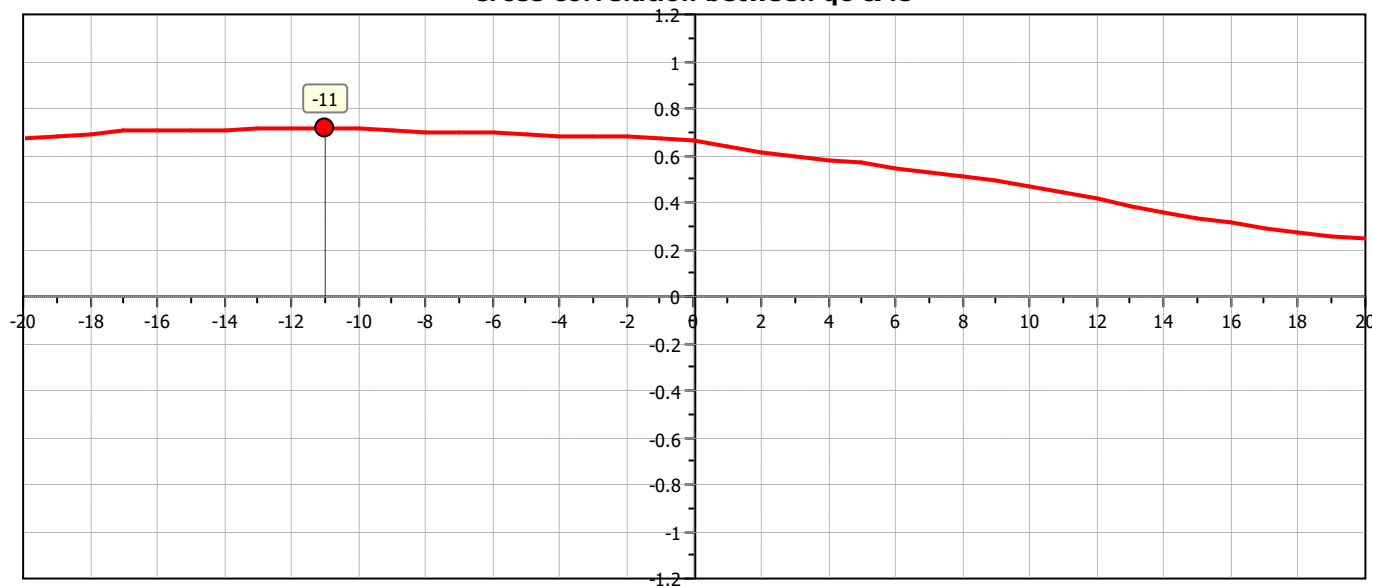
Project:

Location:

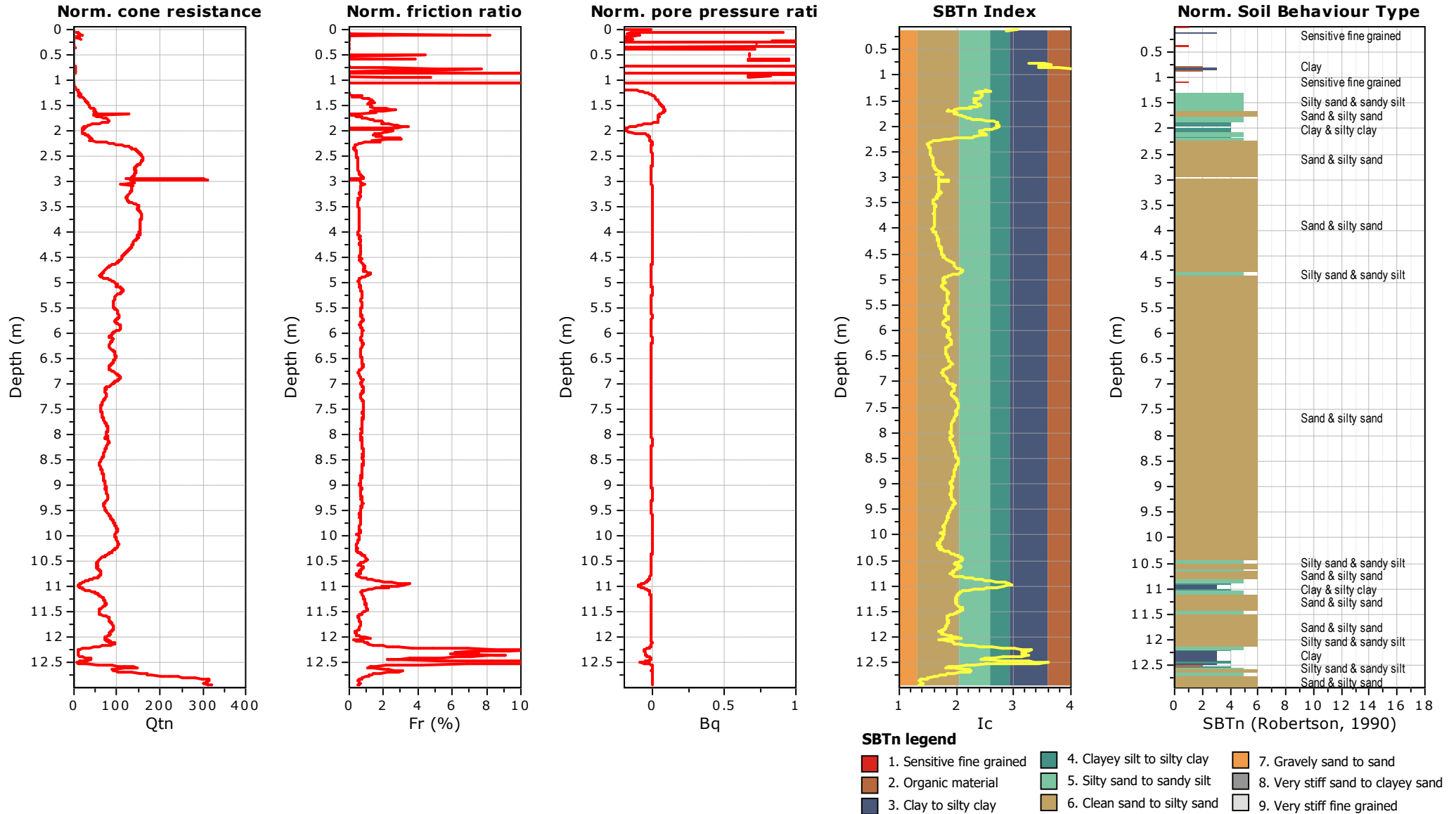


The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

Cross correlation between q_c & f_s

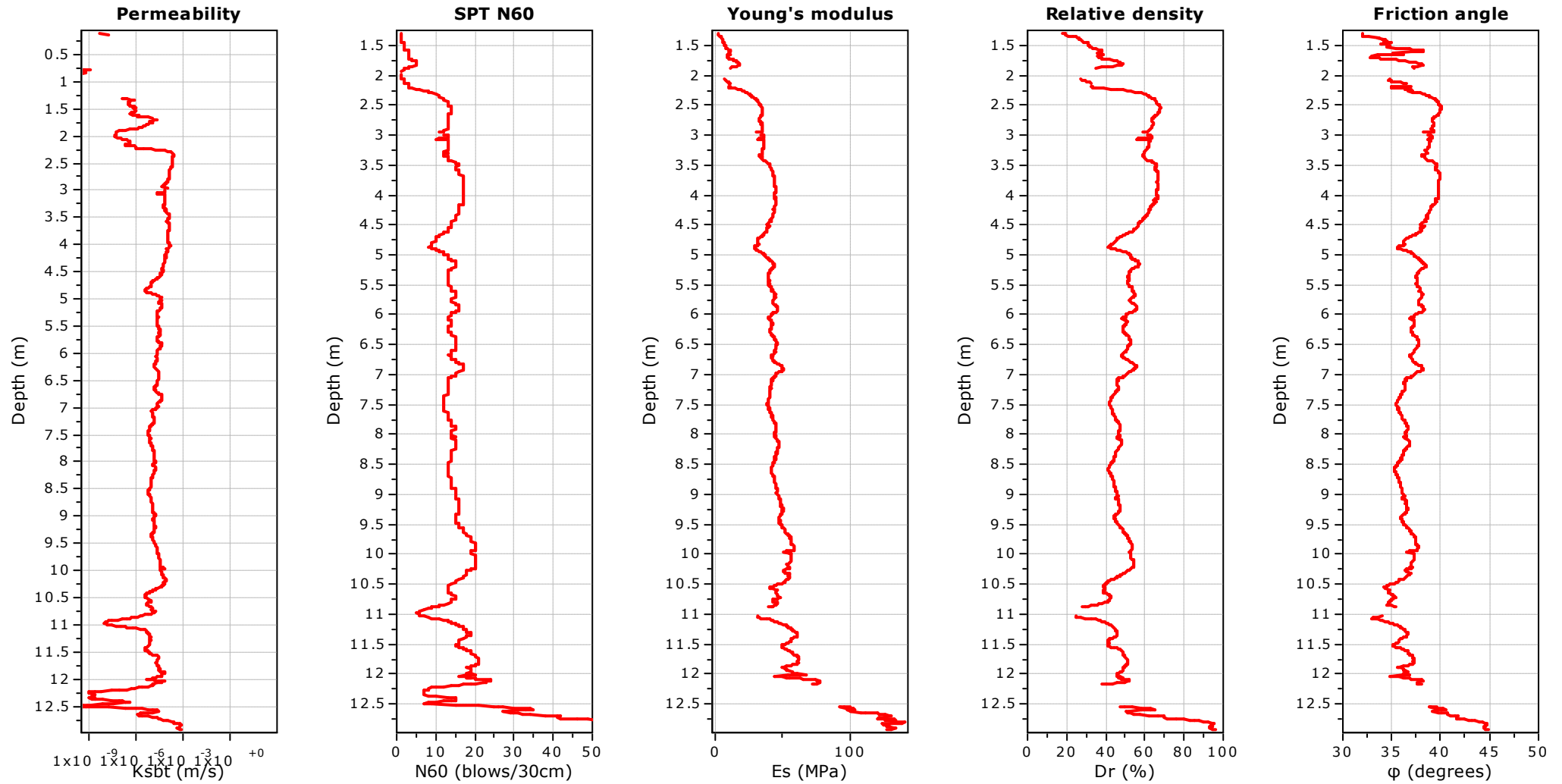


Project:
Location:



Project:

Location:



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

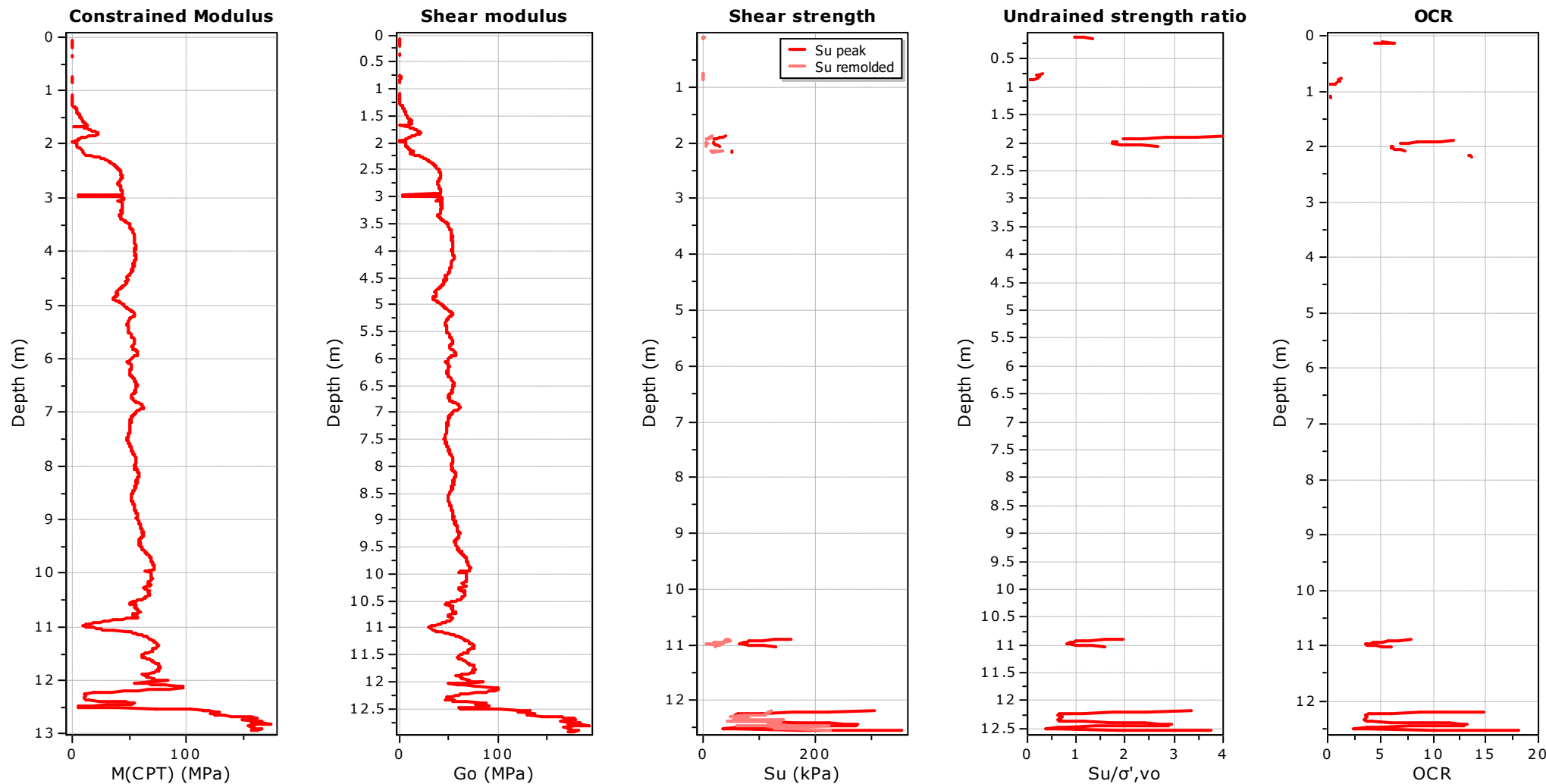
Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

Project:

Location:



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)

Go: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

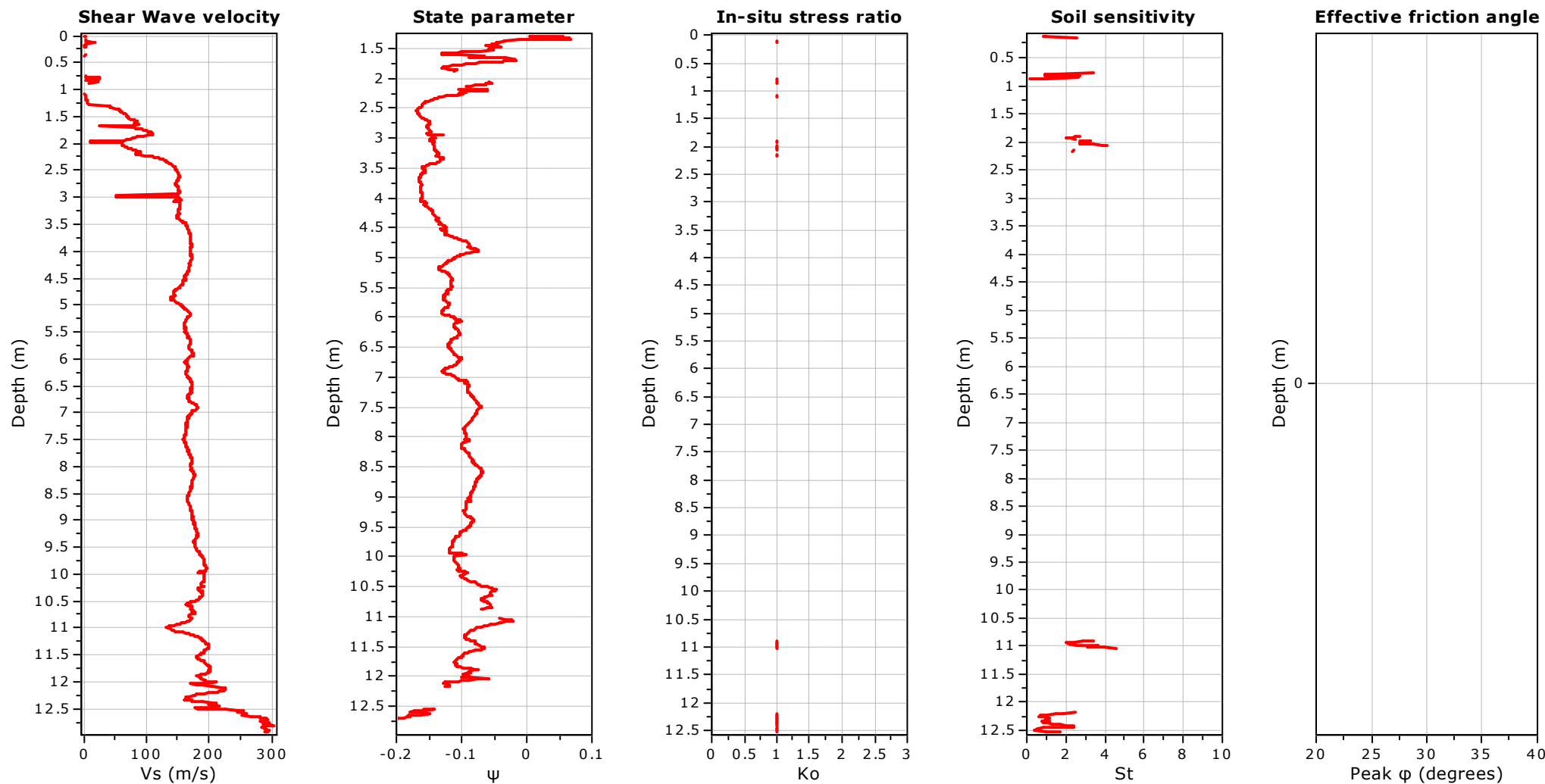
Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : Auto

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

—●— Flat Dilatometer Test data

Project:

Location:

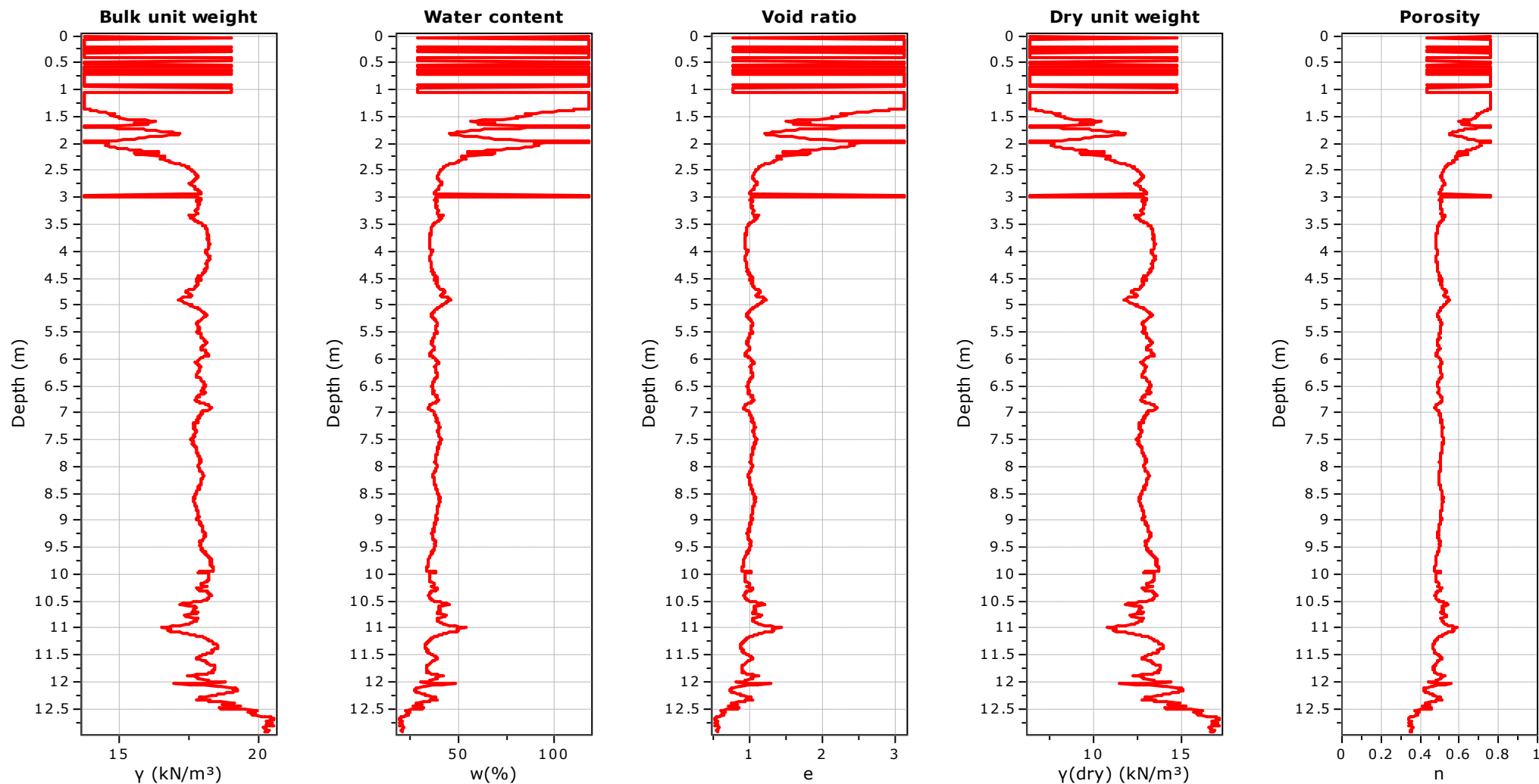


Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

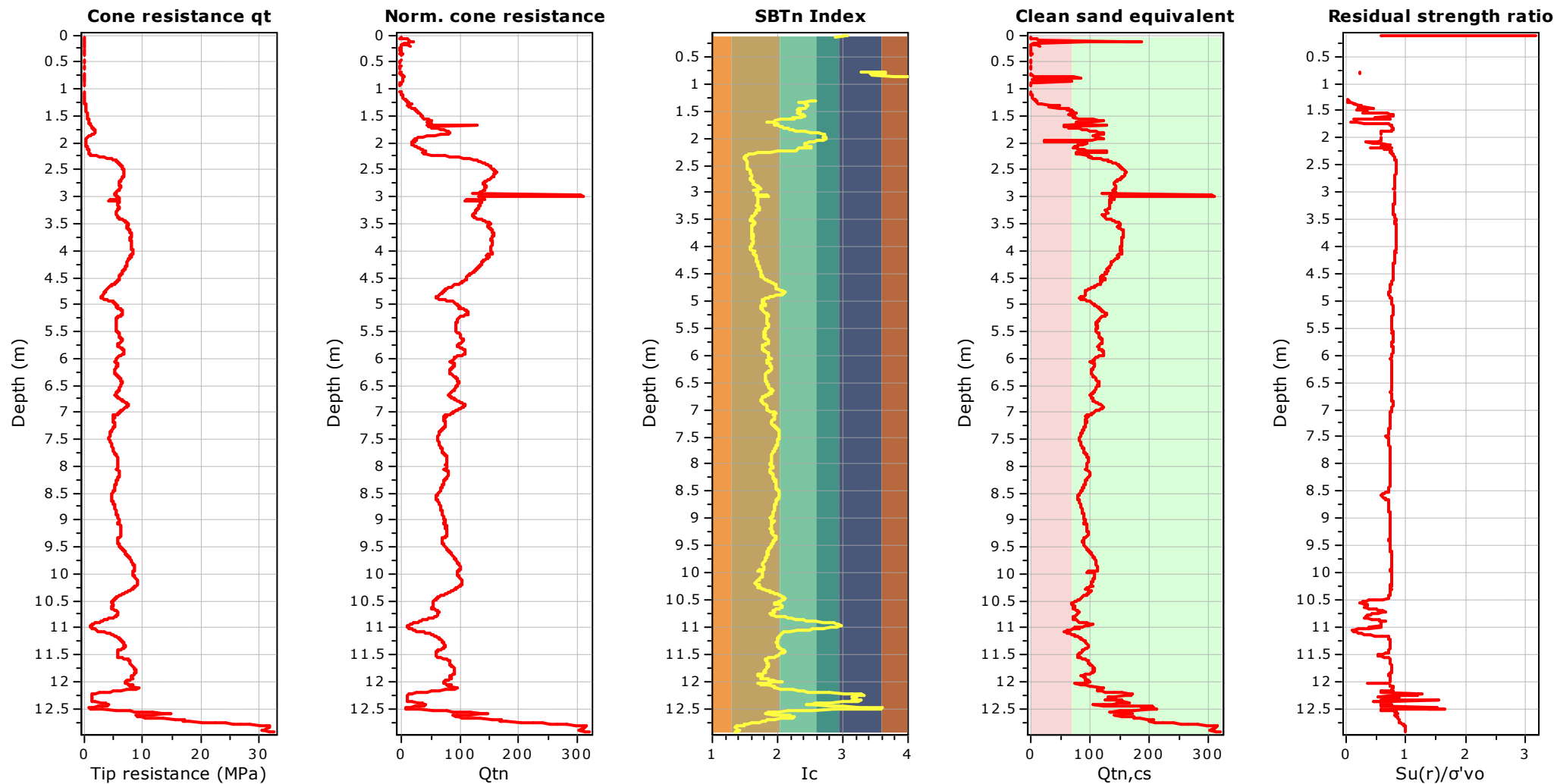
Project:

Location:



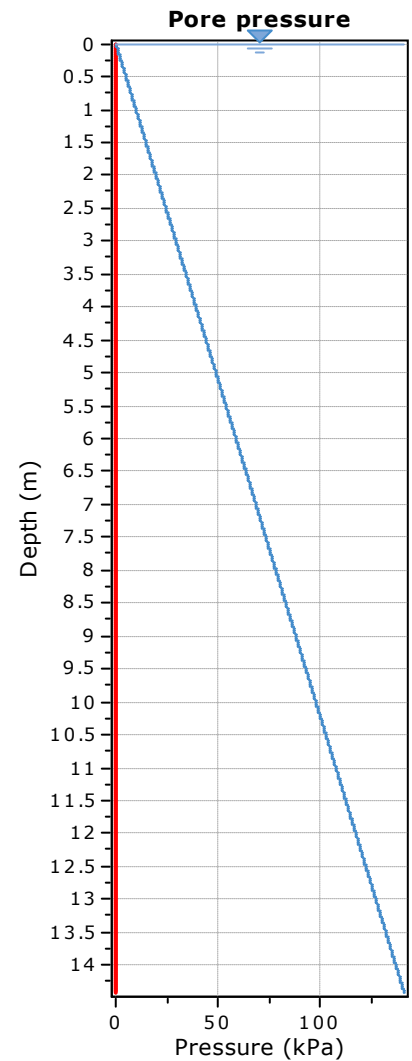
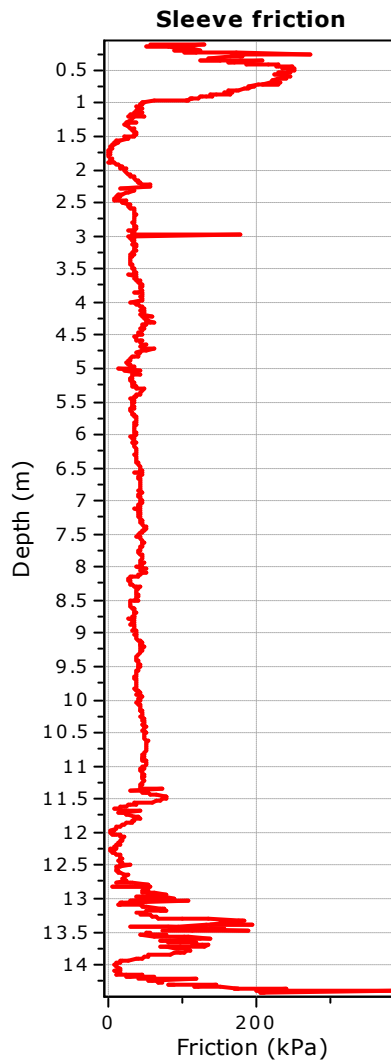
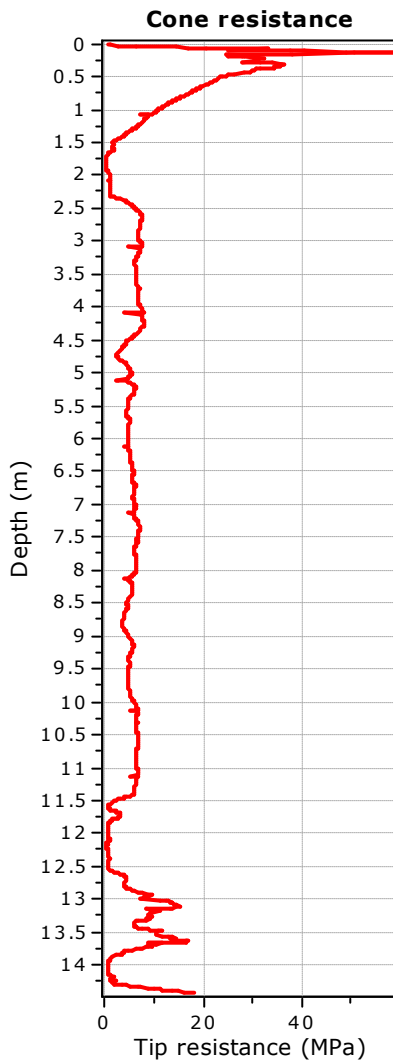
Project:

Location:



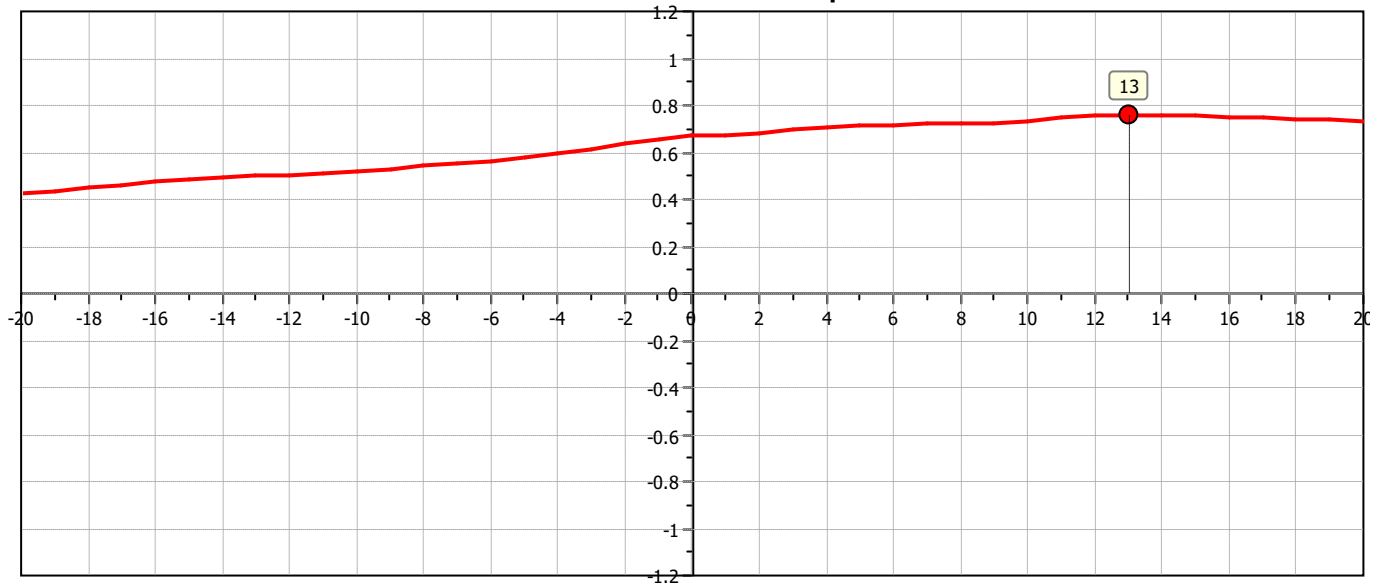
Project:

Location:



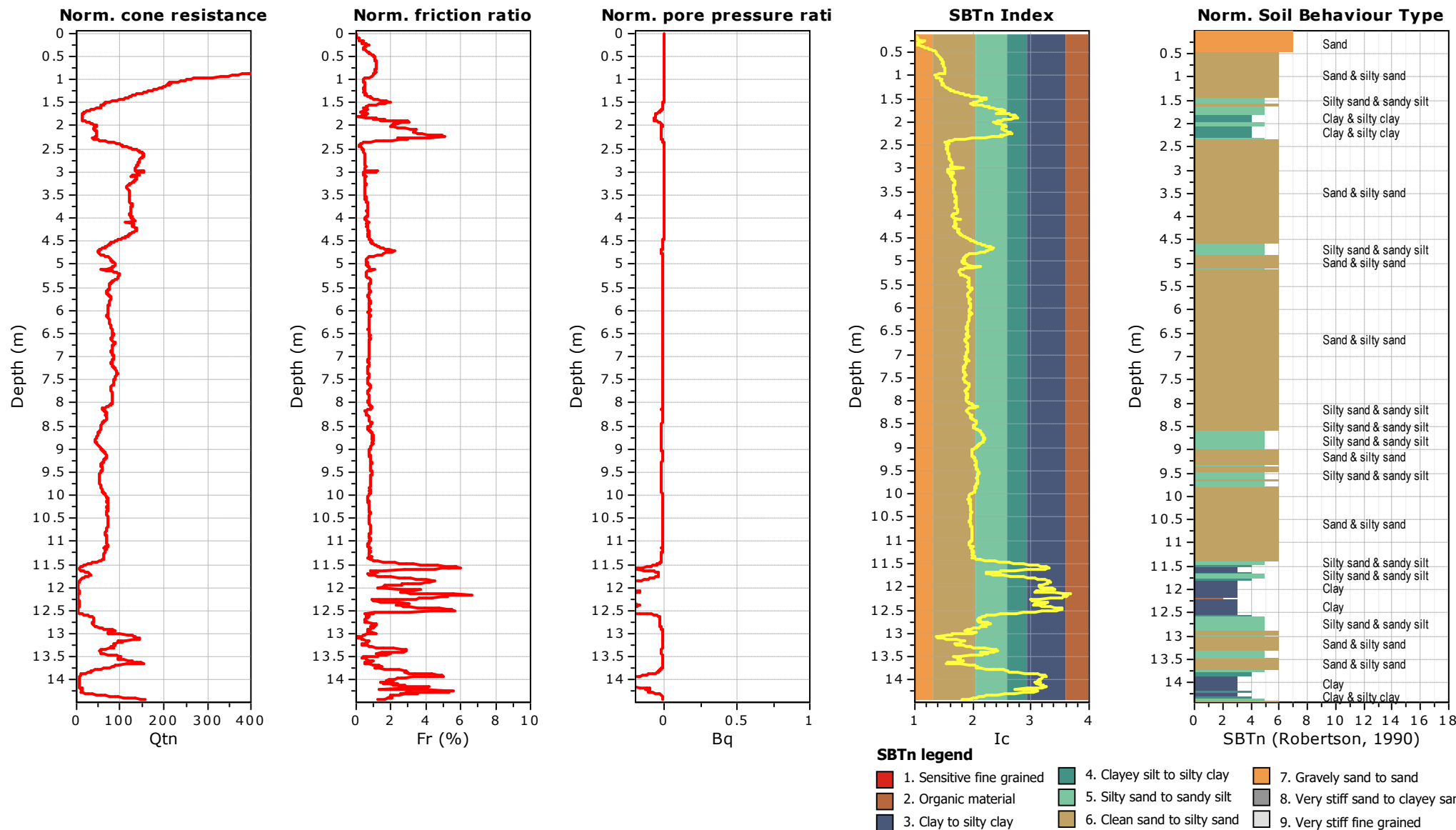
The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

Cross correlation between q_c & f_s



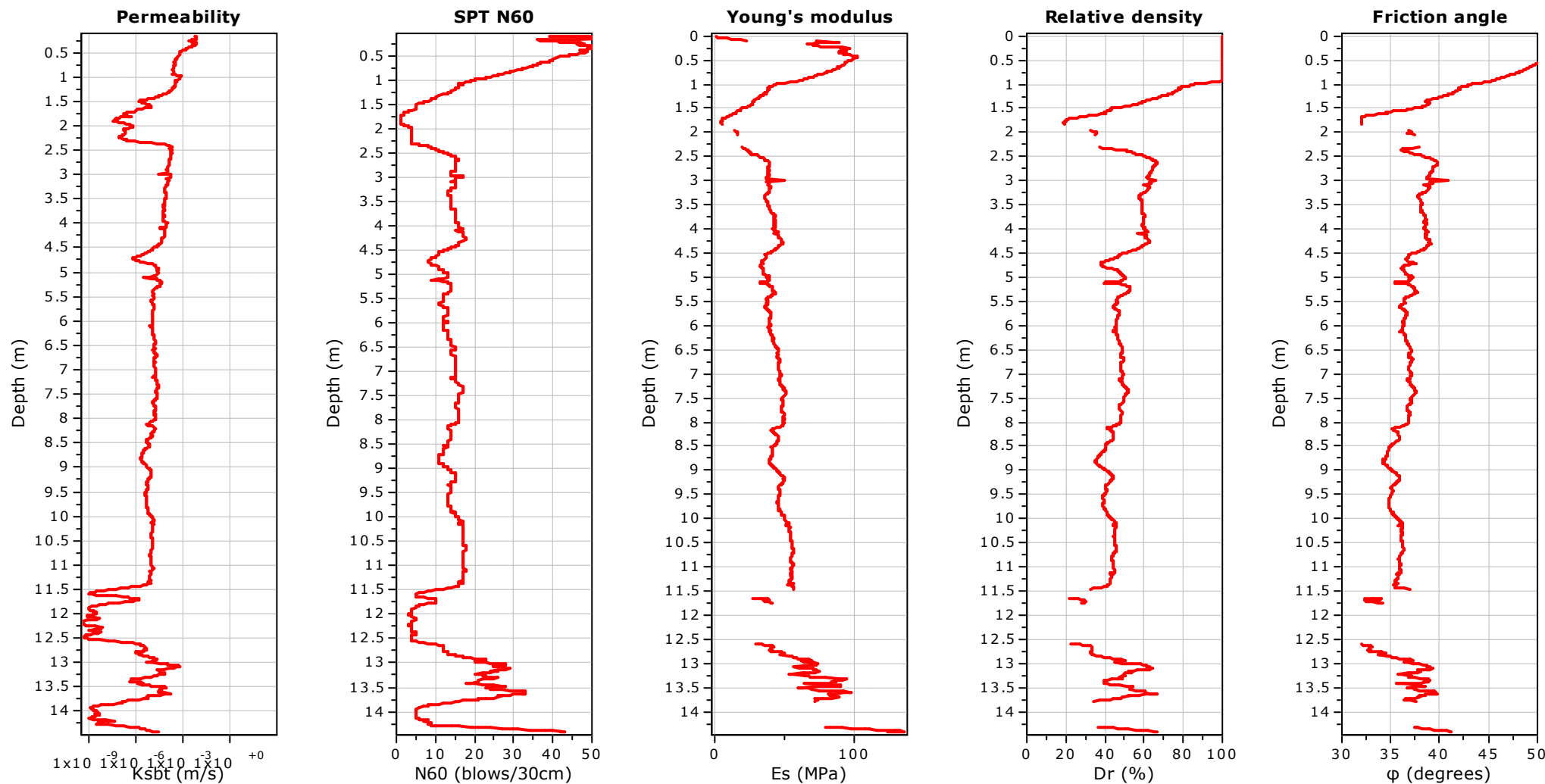
Project:

Location:



Project:

Location:



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

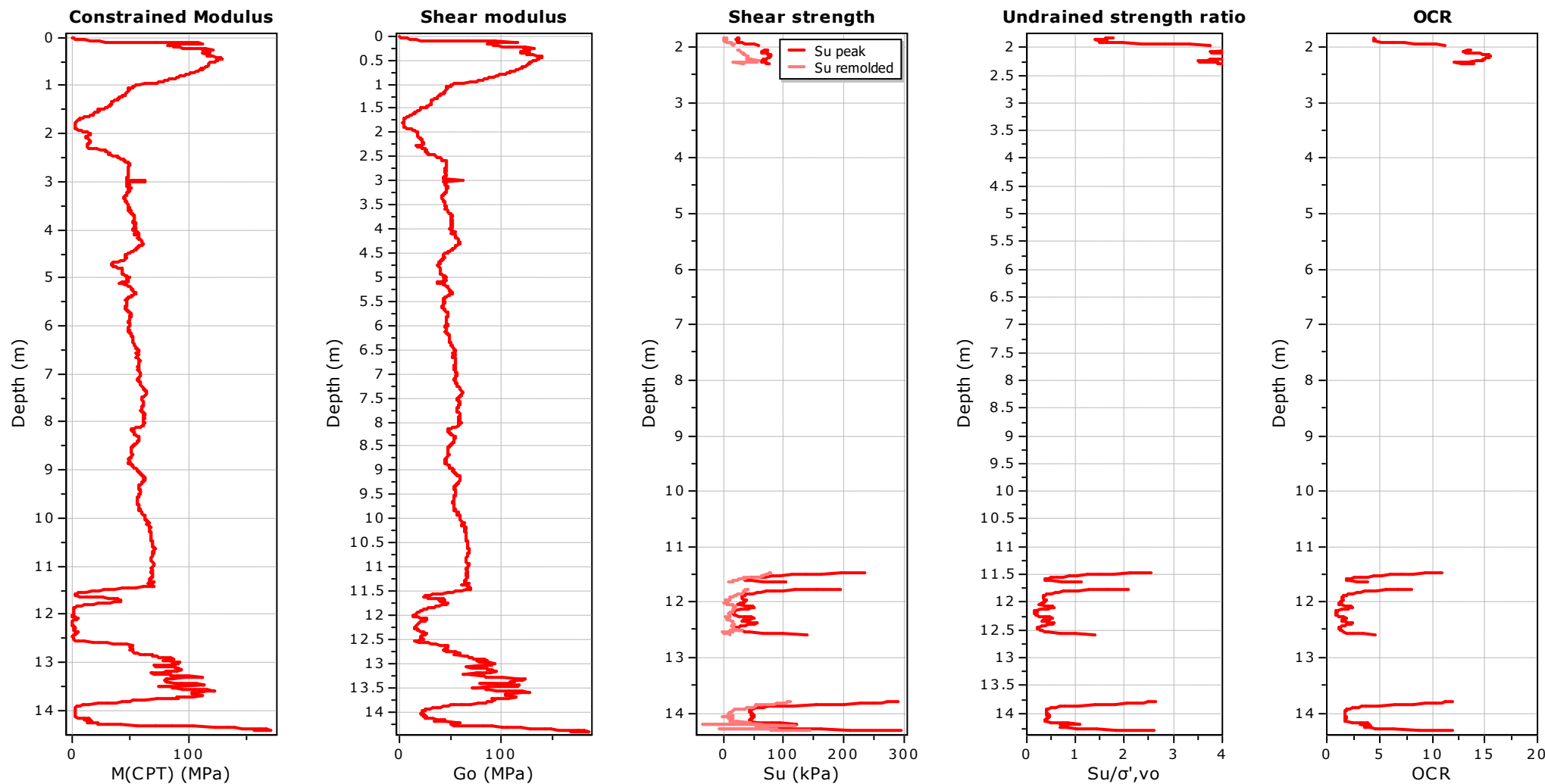
Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

Project:

Location:



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{in} (Robertson, 2009)

G_0 : Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

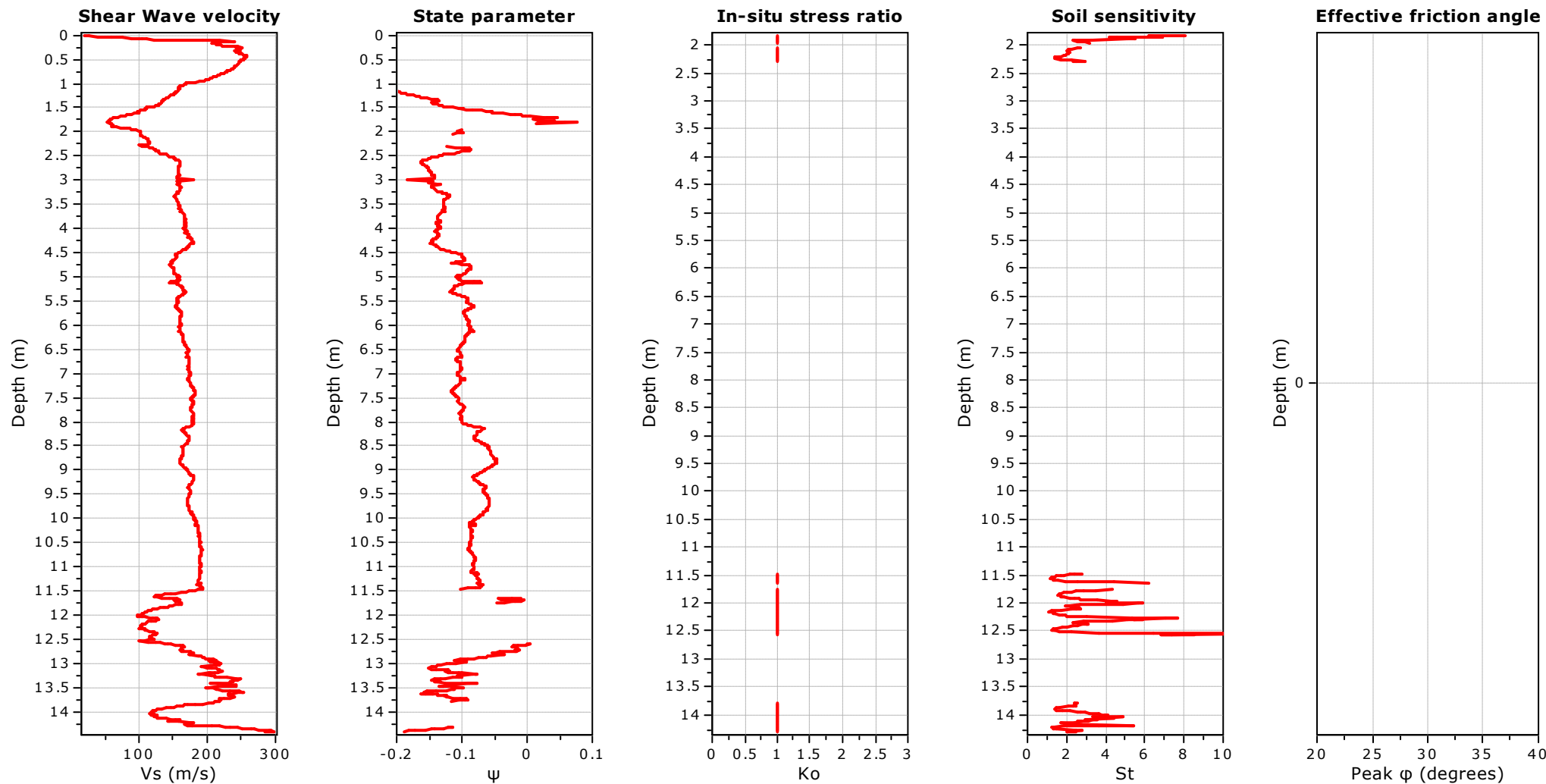
Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : Auto

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

—●— Flat Dilatometer Test data

Project:

Location:

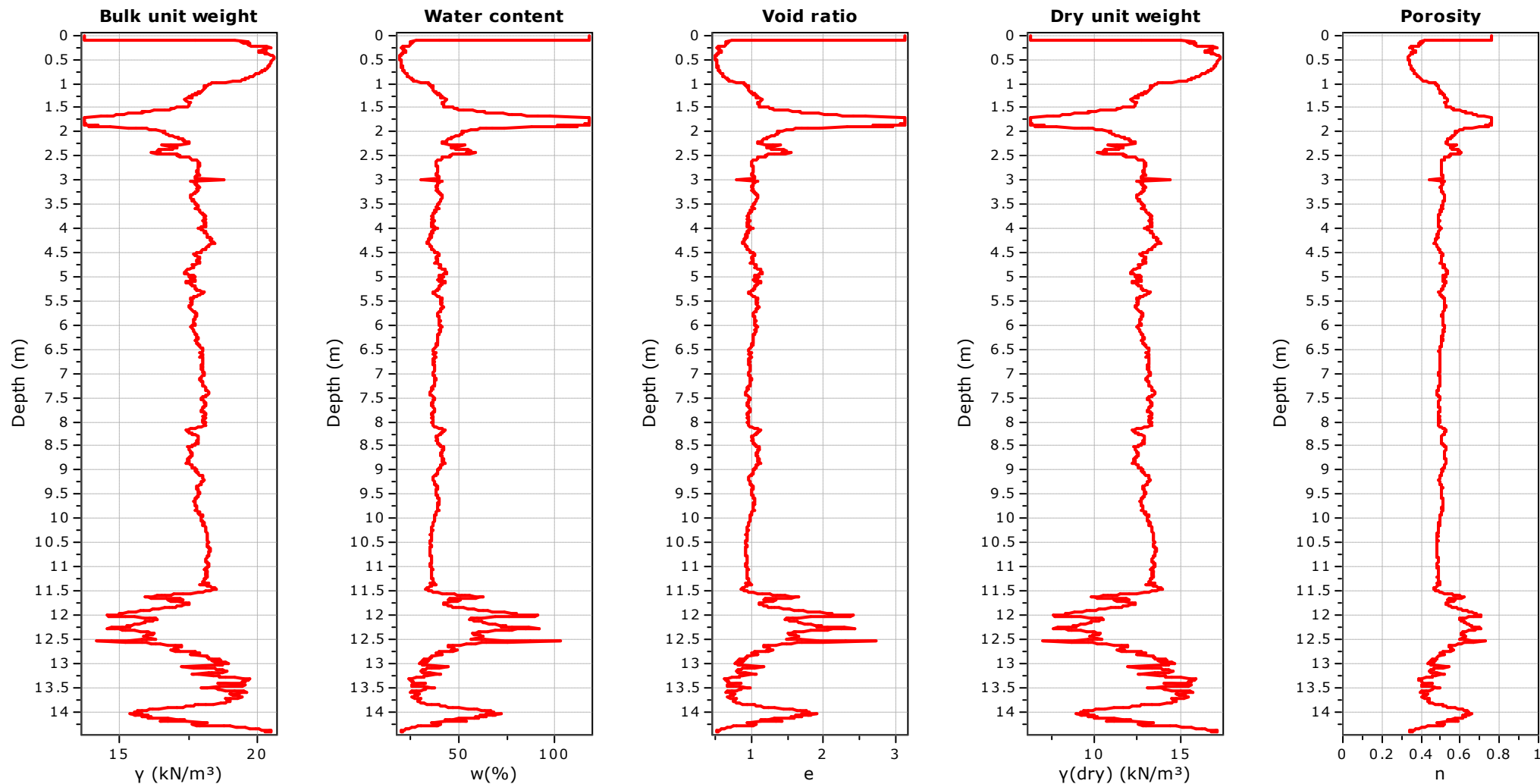


Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

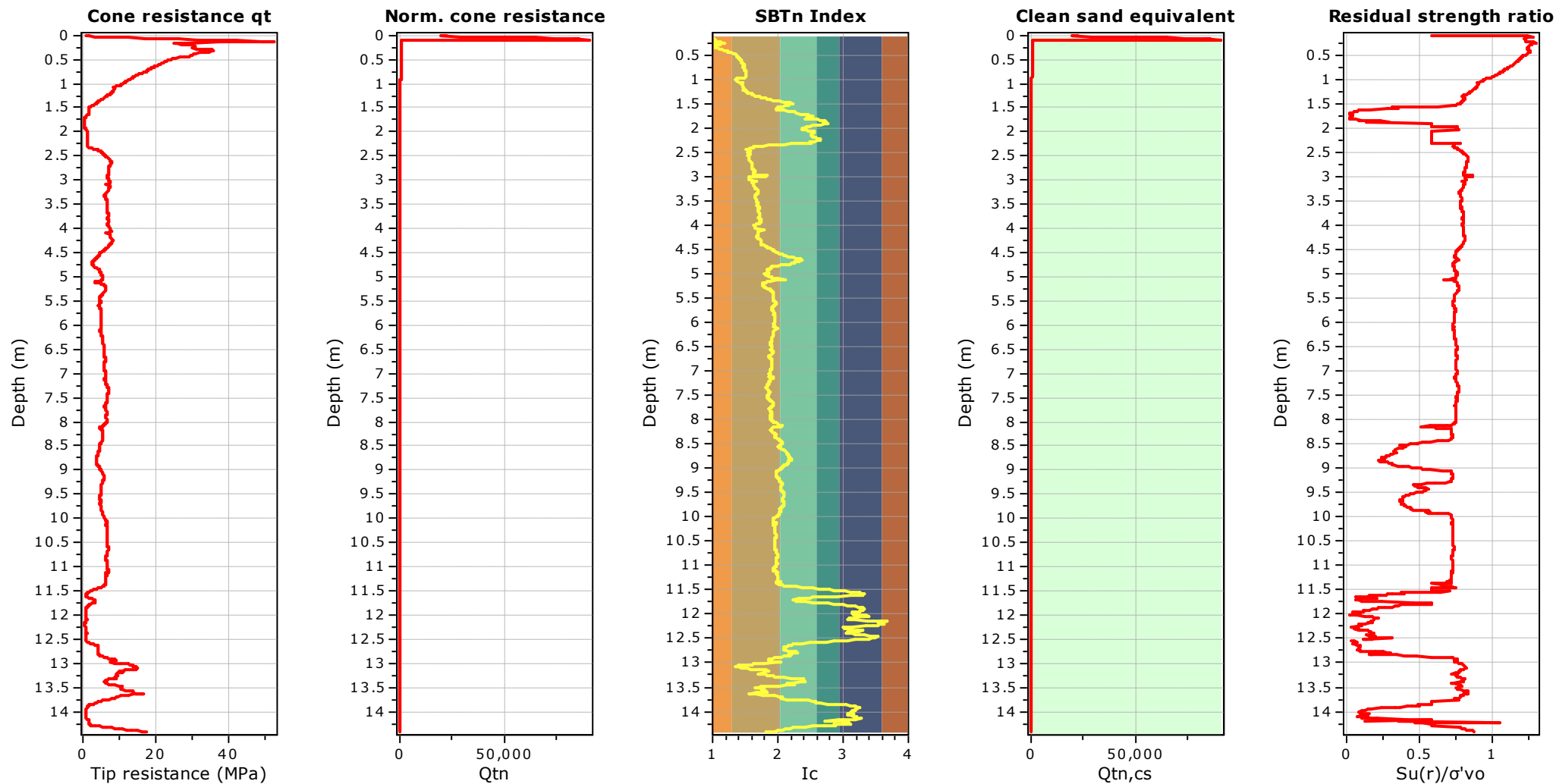
Project:

Location:



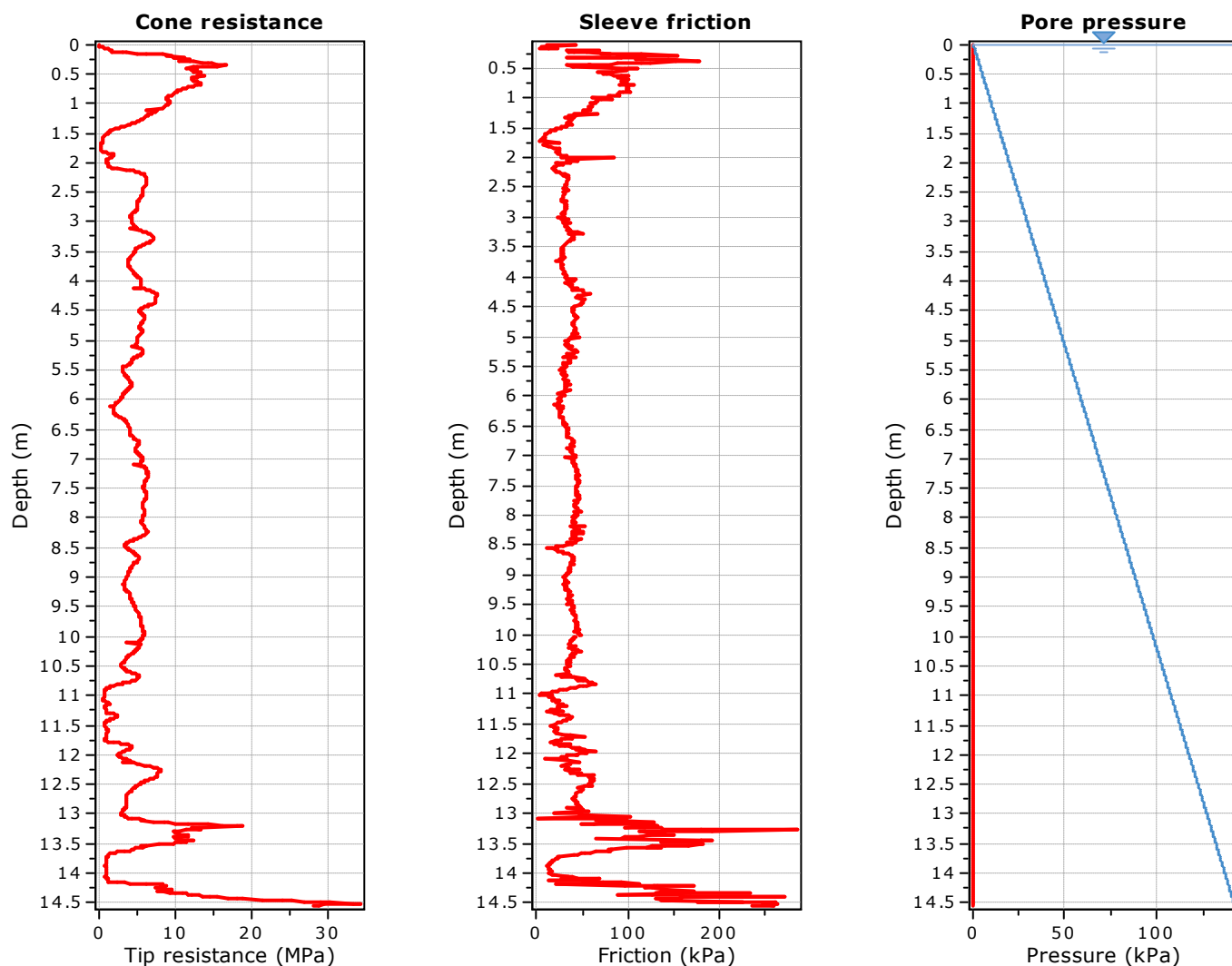
Project:

Location:



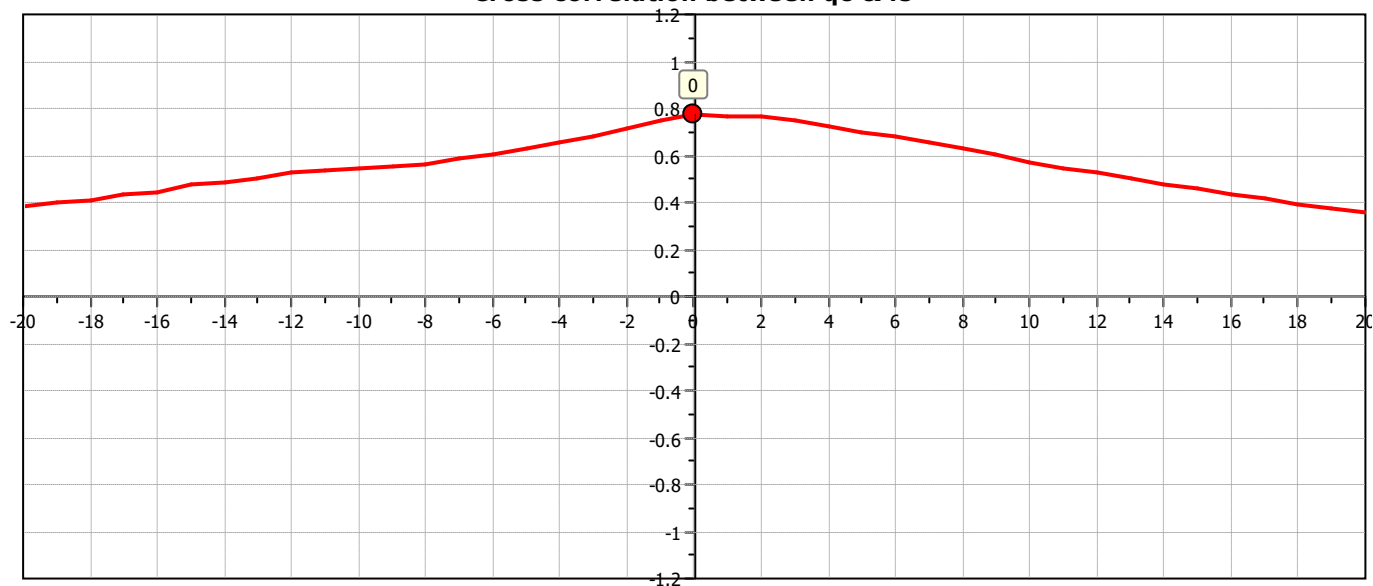
Project:

Location:



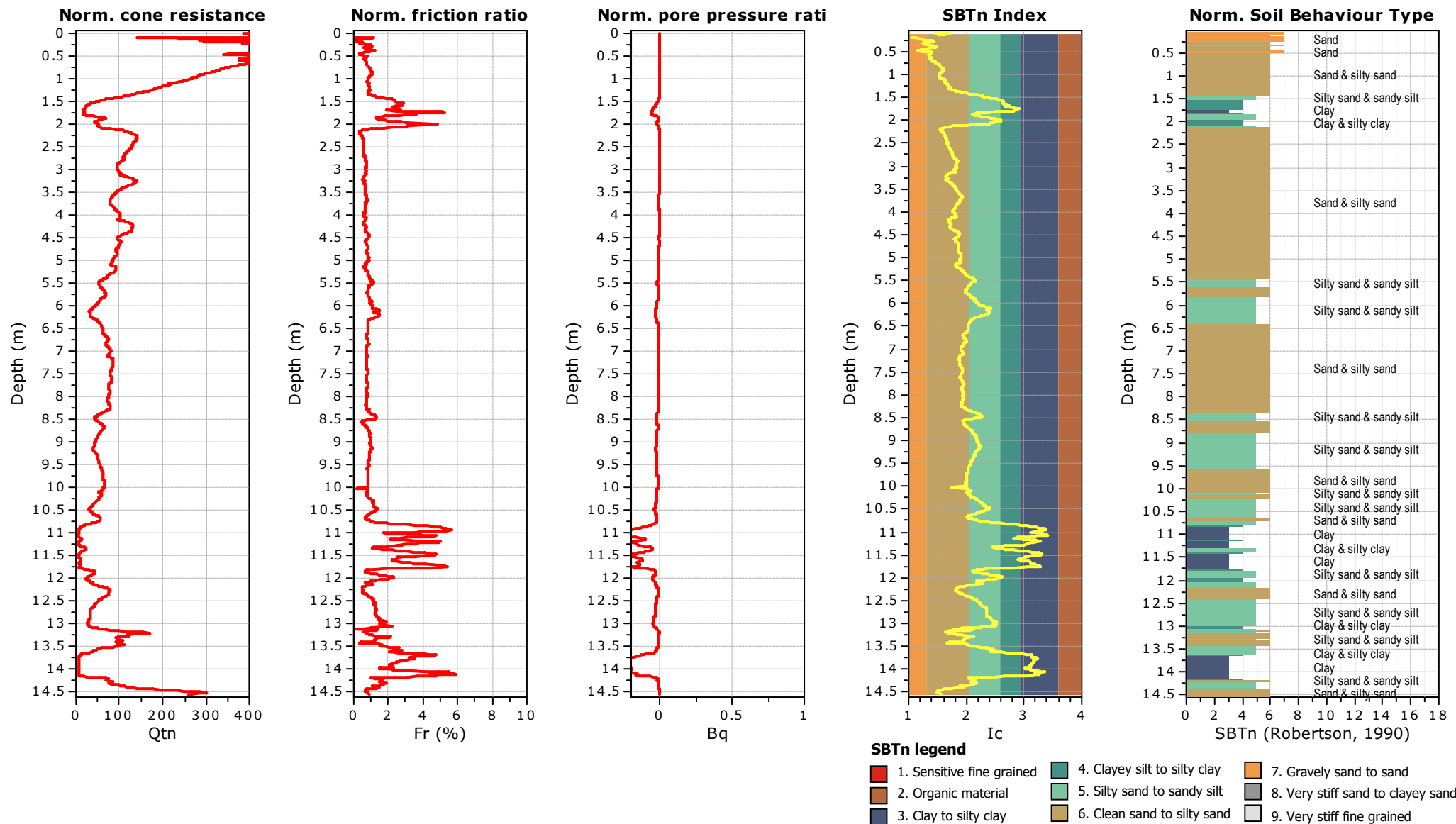
The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

Cross correlation between q_c & f_s



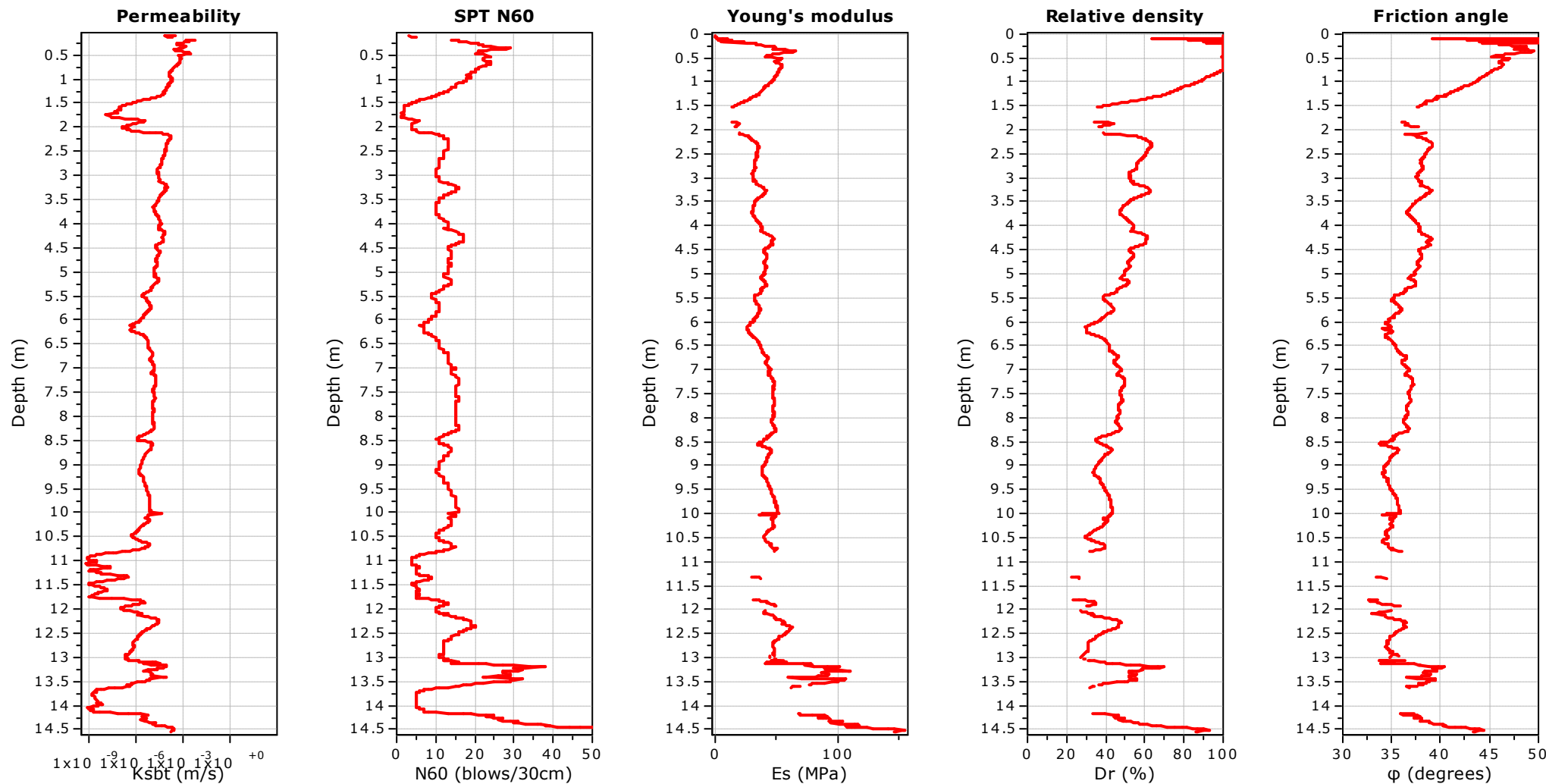
Project:

Location:



Project:

Location:



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

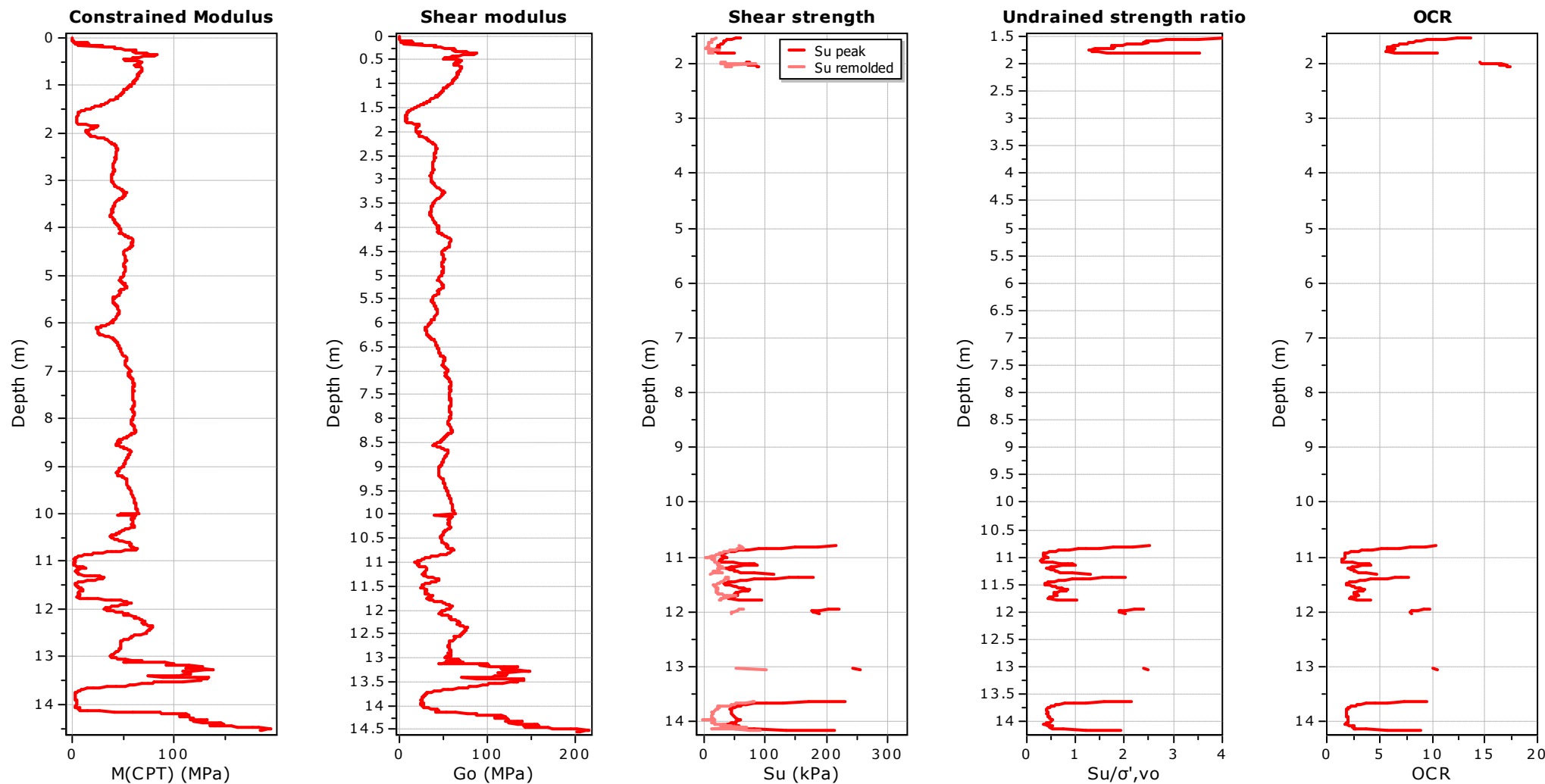
Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

Project:

Location:



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)

Go: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

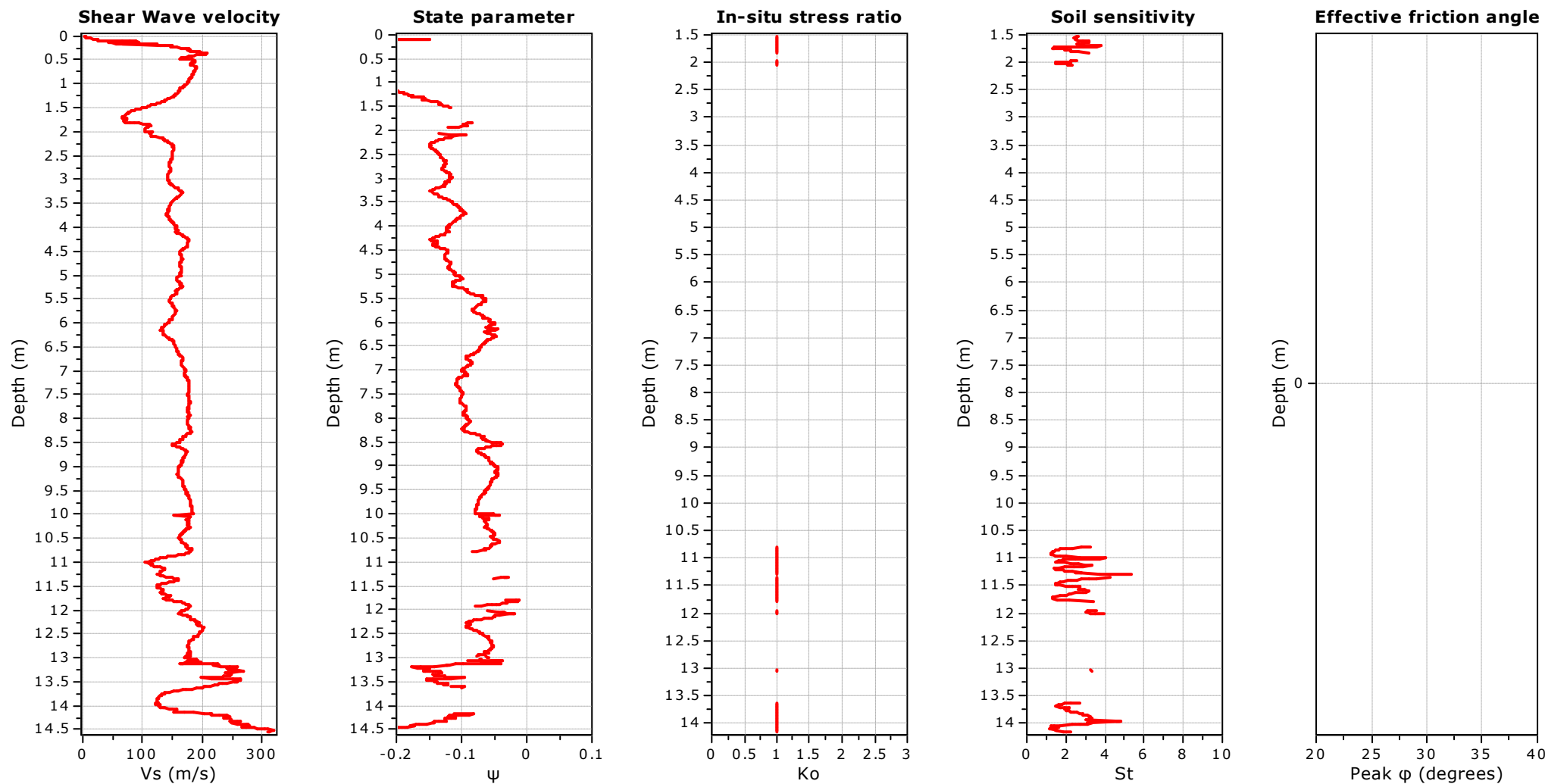
Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : Auto

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

—●— Flat Dilatometer Test data

Project:

Location:

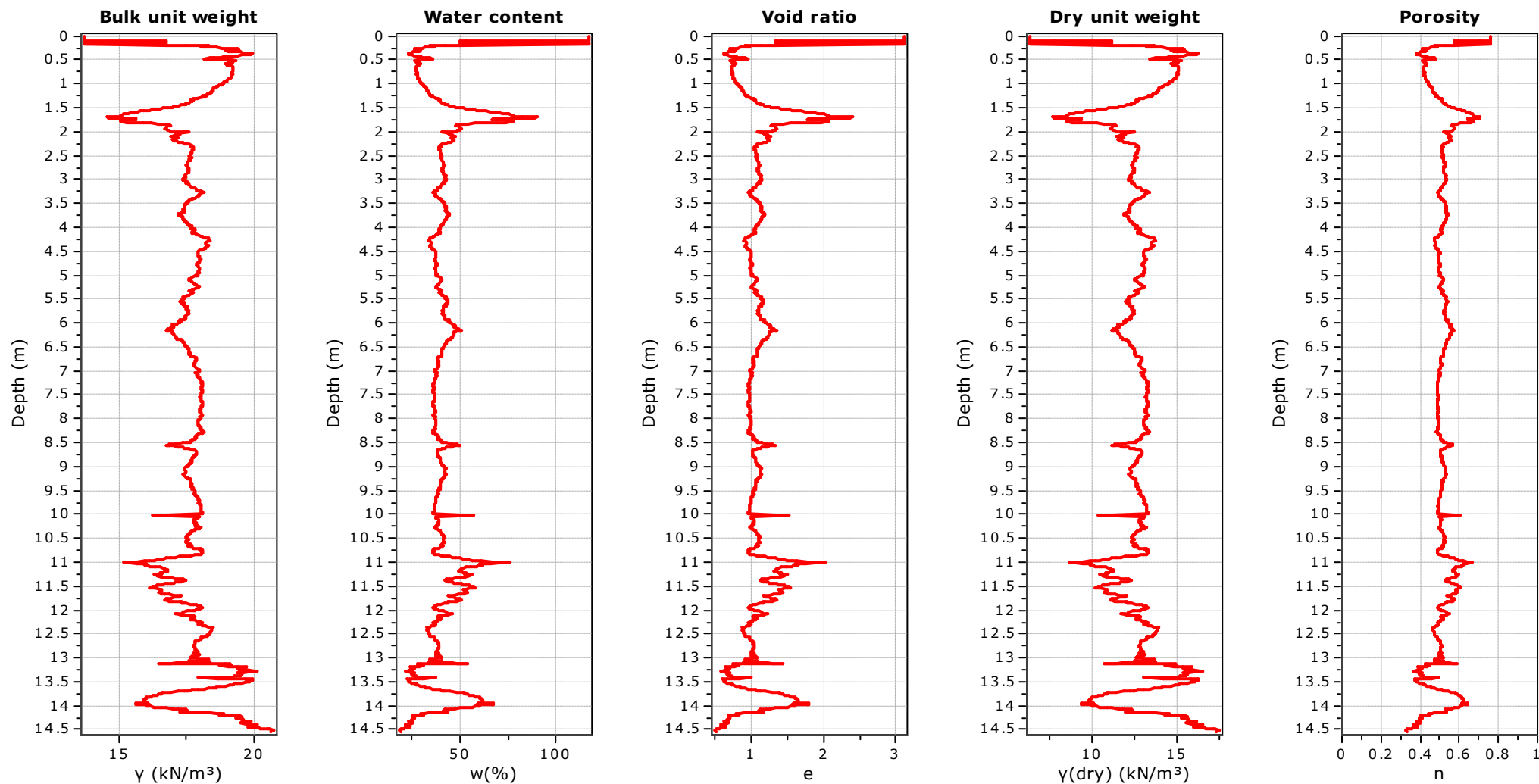


Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

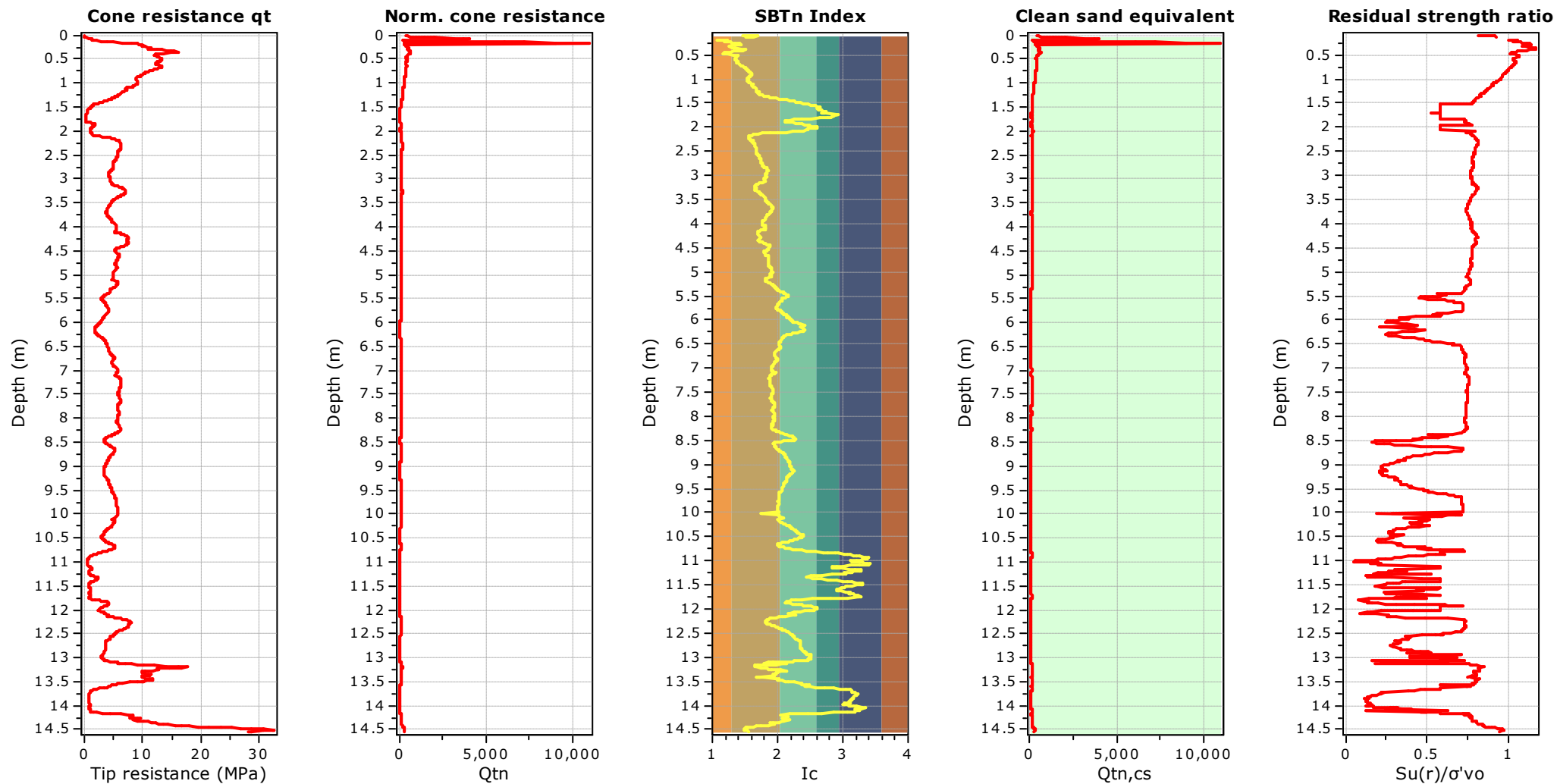
Project:

Location:



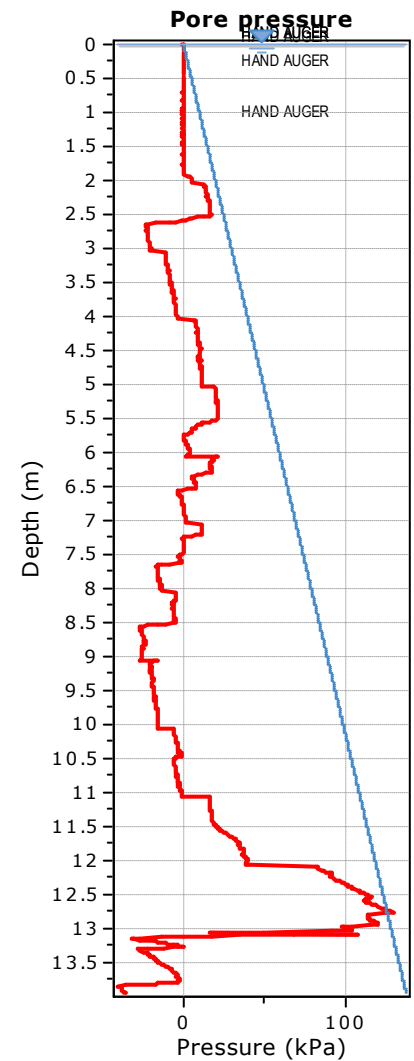
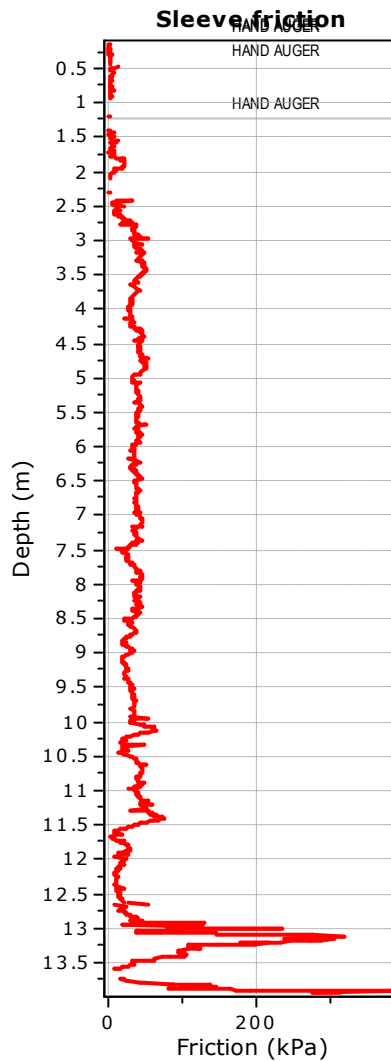
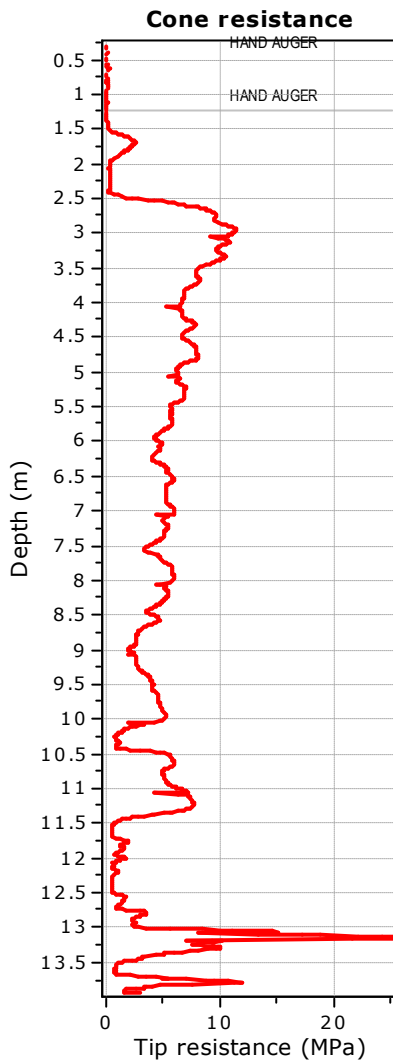
Project:

Location:



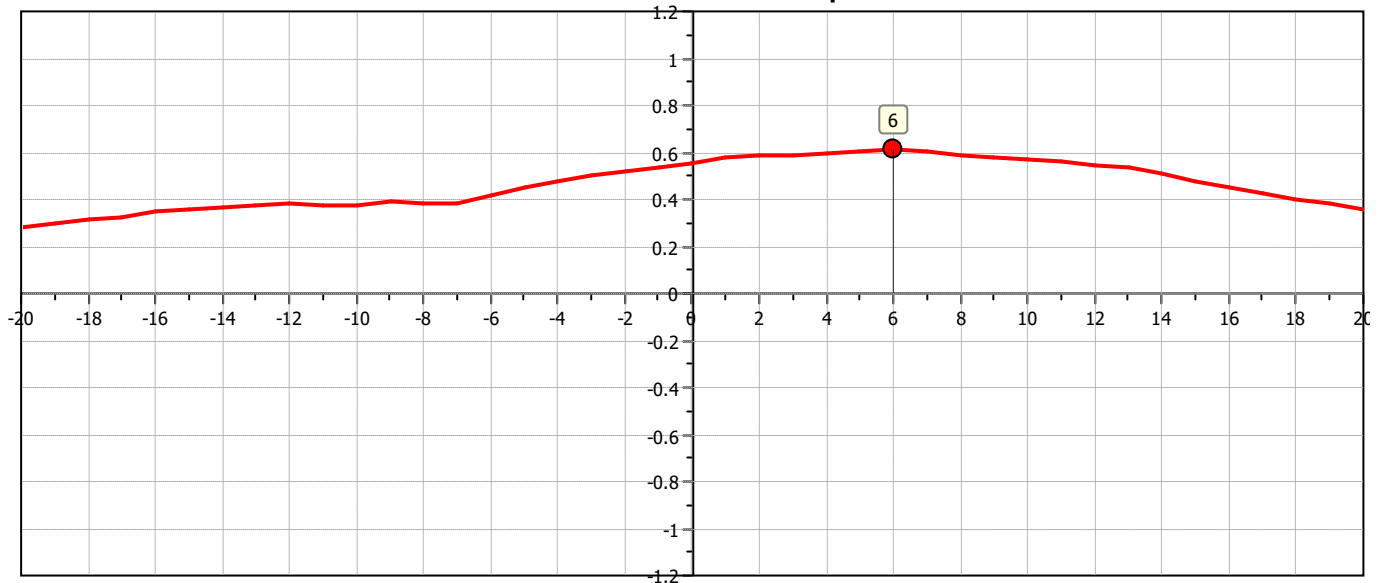
Project:

Location:

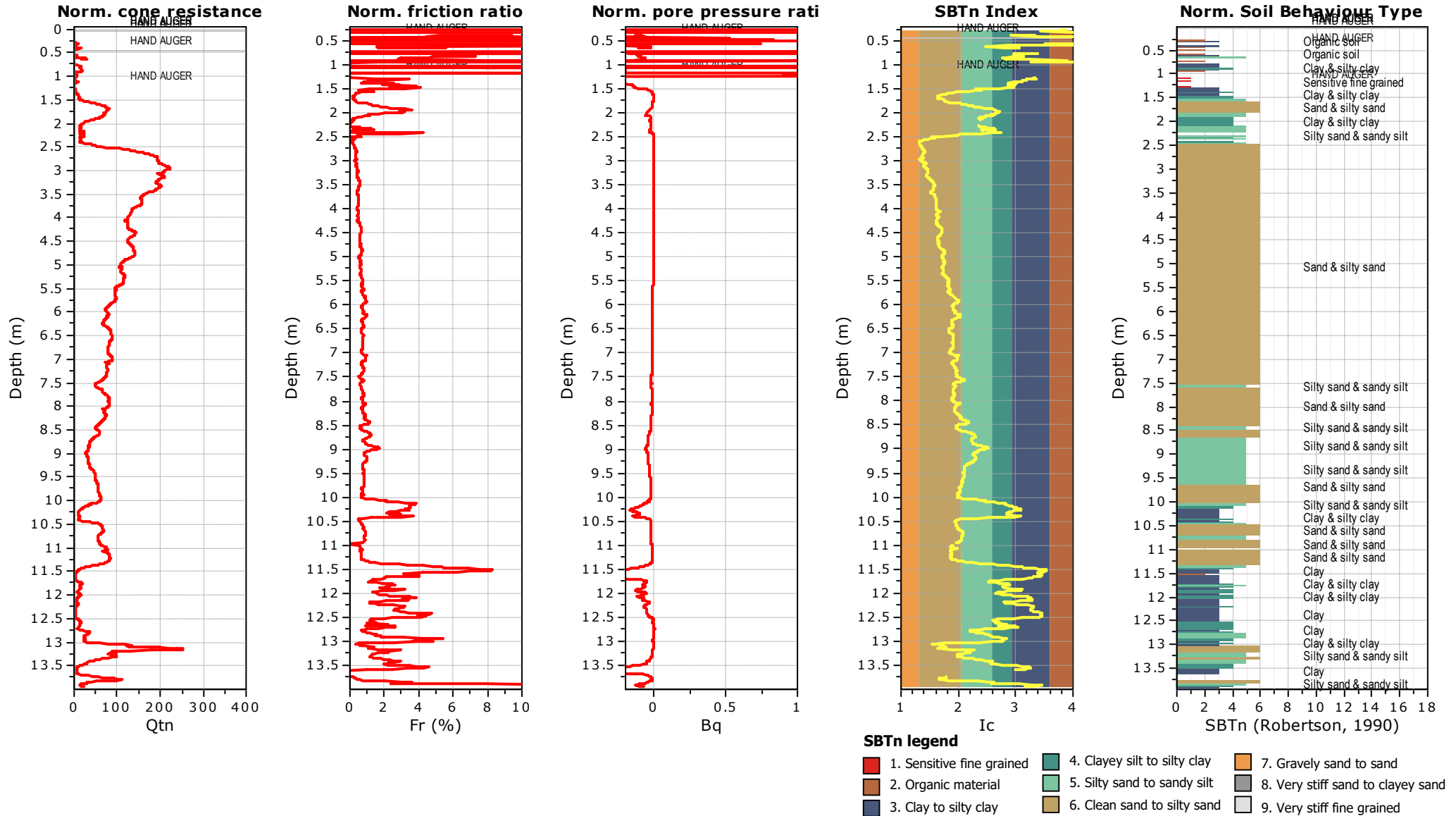


The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

Cross correlation between q_c & f_s

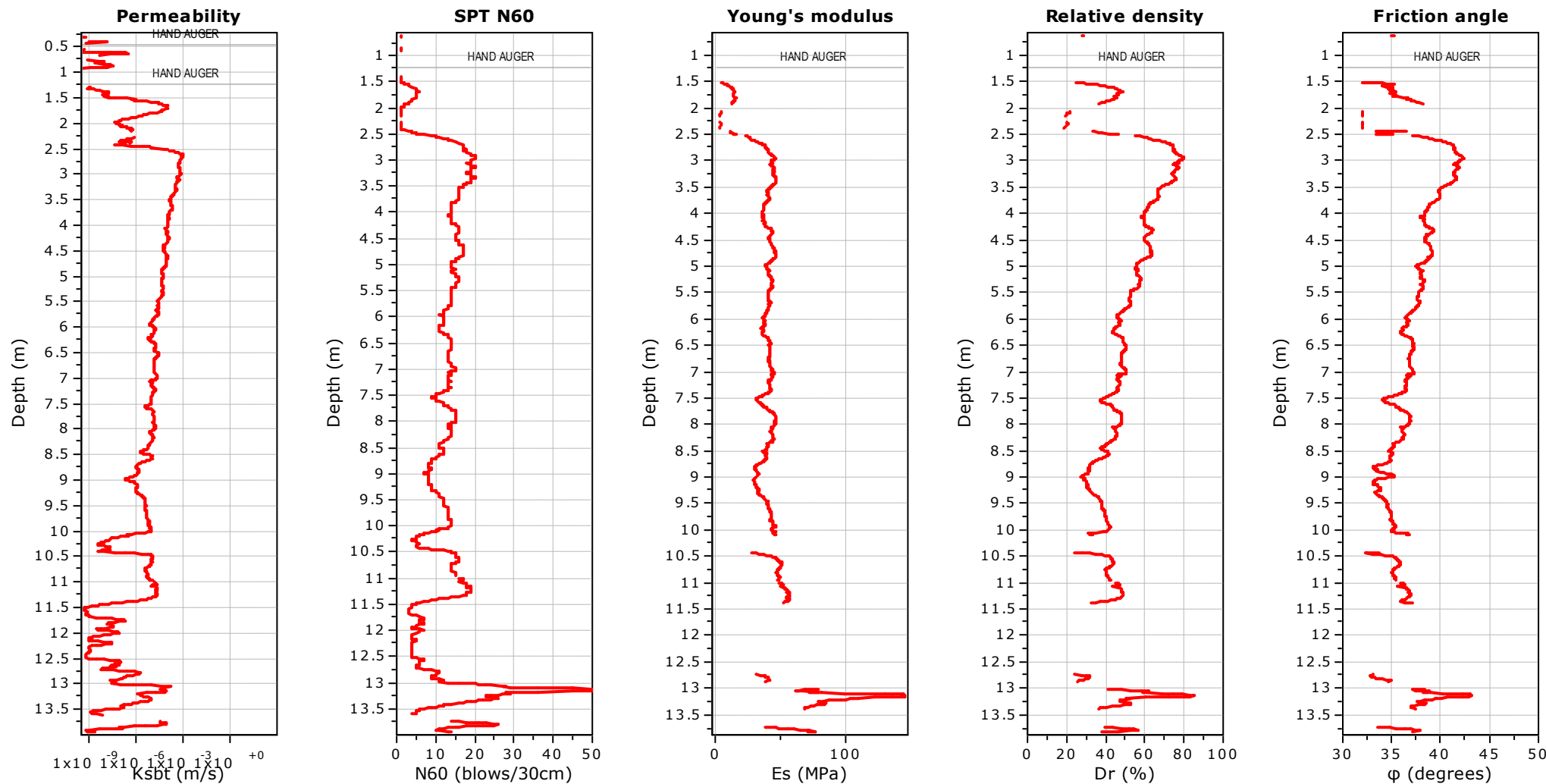


Project:
Location:



Project:

Location:



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

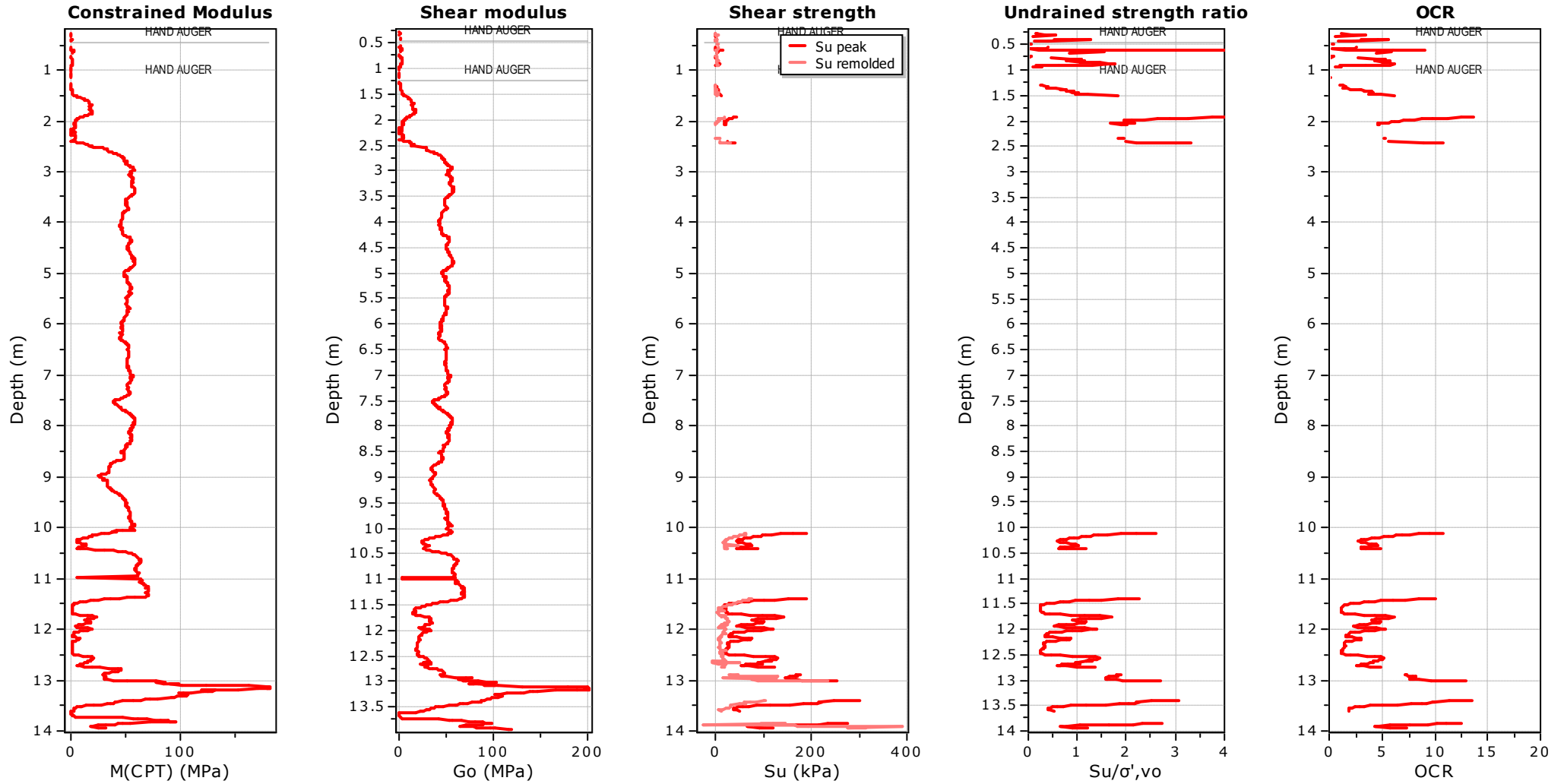
SPT N₆₀: Based on I_c and q_t

Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr}: 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

Project:
Location:



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)

G_0 : Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

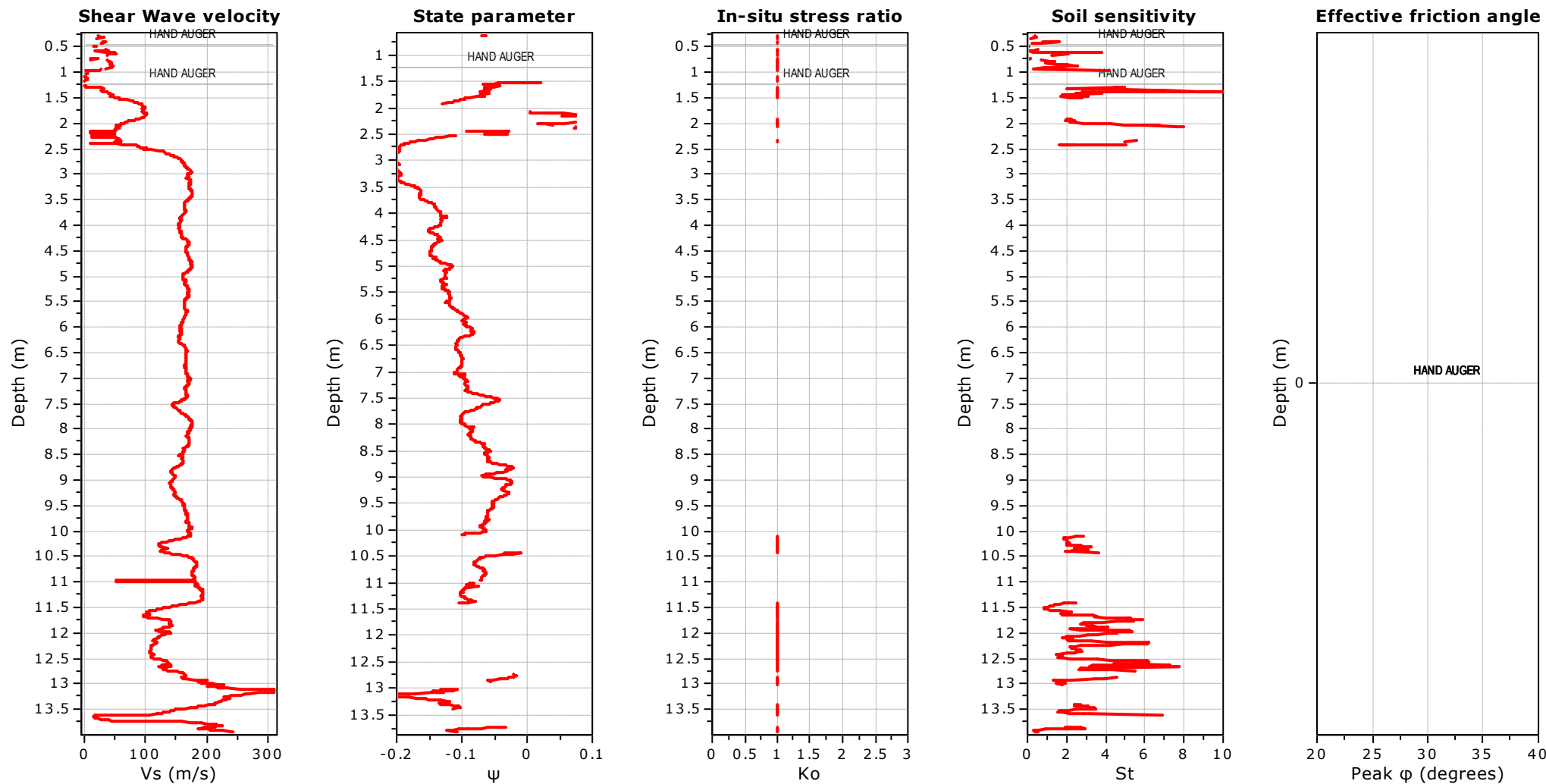
Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : Auto

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

—●— Flat Dilatometer Test data

Project:

Location:

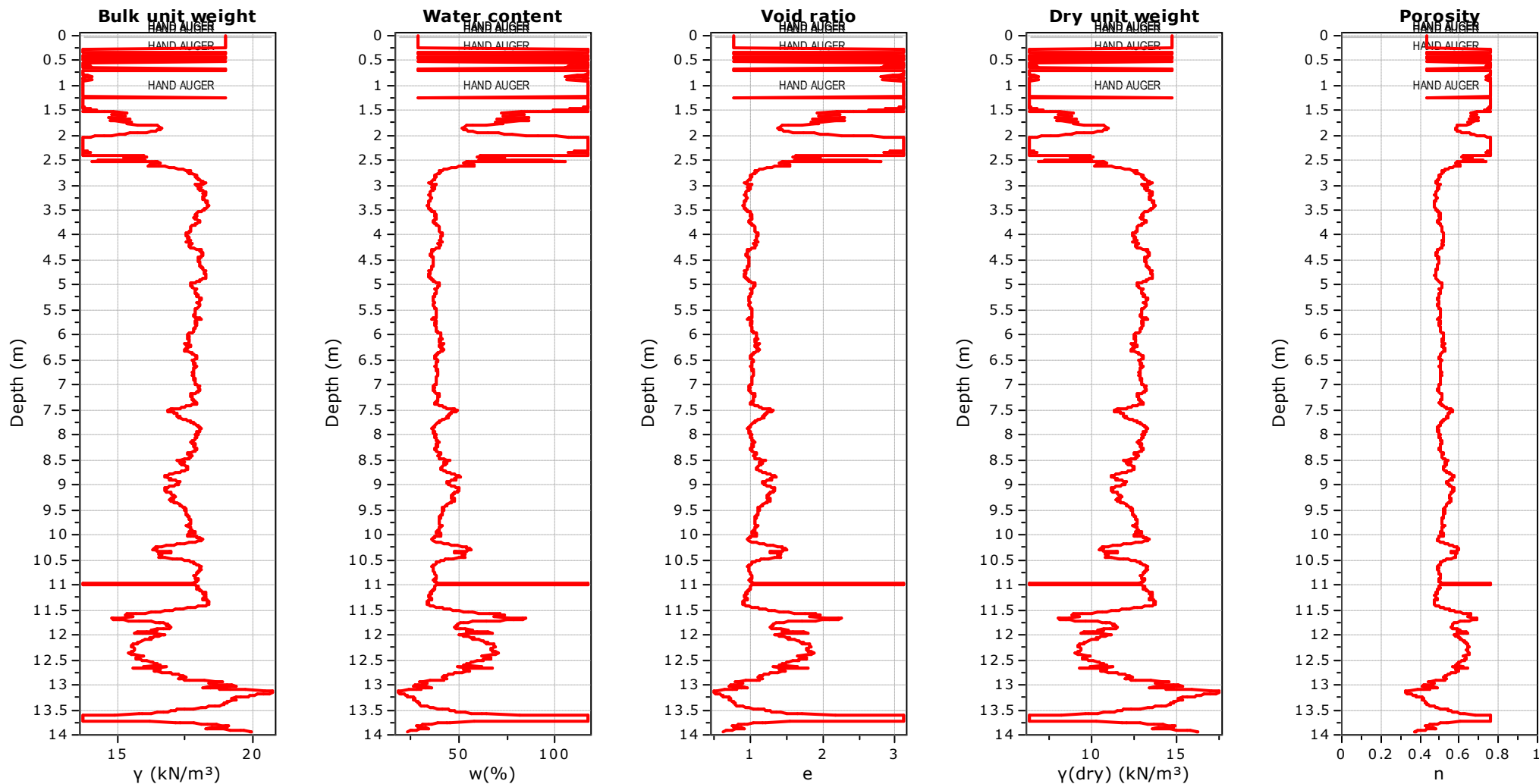


Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

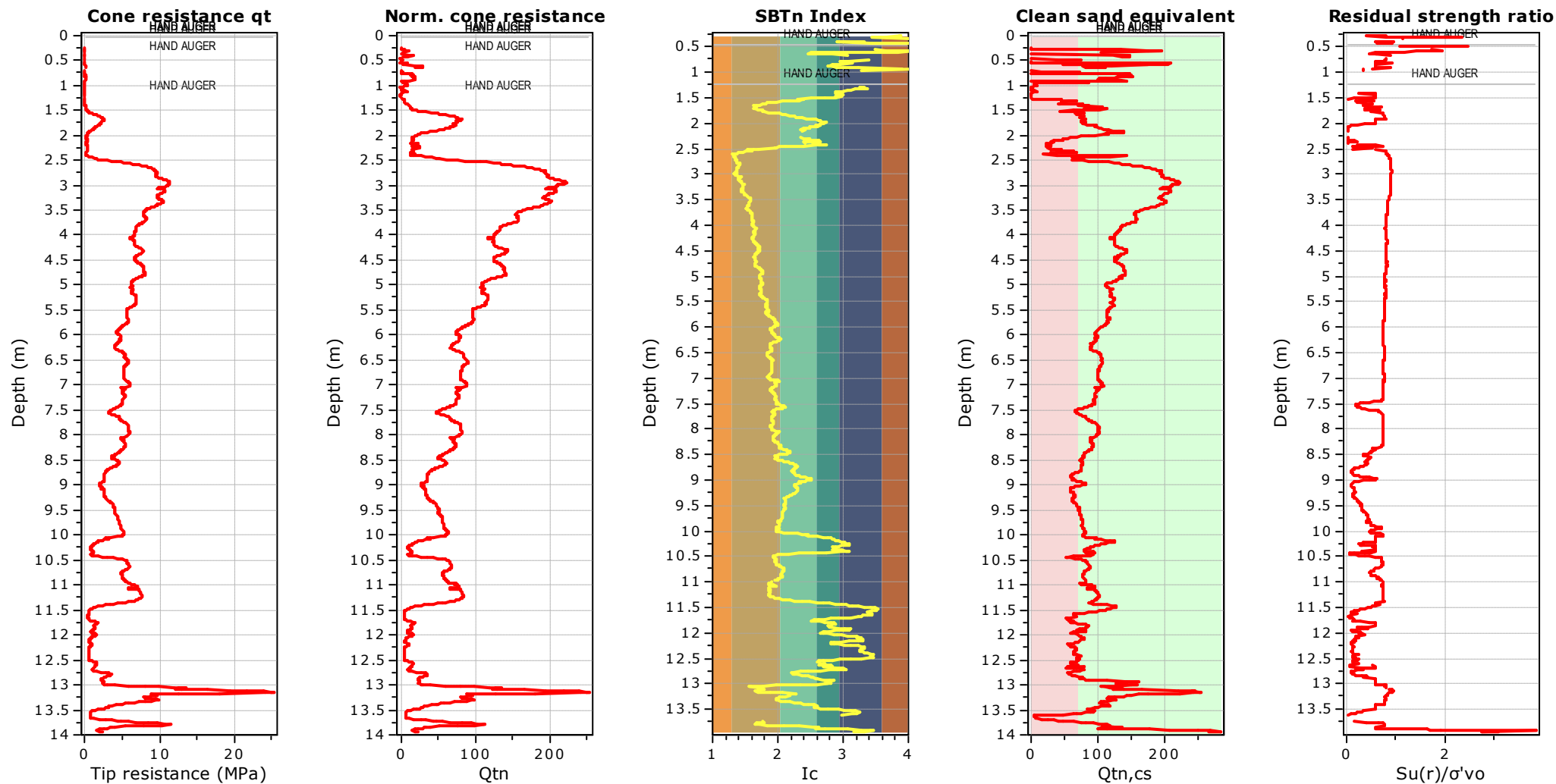
Project:

Location:



Project:

Location:



Le changement climatique n'implique pas seulement un monde plus chaud, il annonce un monde qui change.



Notre métier, vous accompagner pour gérer ces enjeux.



Références :