



MARSEILLE

Angle avenue des Aygalades et
Boulevard Capitaine Gèze
Projet de Campus Tertiaire

OPERATION MARSEILLE THEODORA

N° SOLA-D20-0051

RAPPORT D'ETUDE DE SOL PRELIMINAIRE

Mission : G1 PGC

AFF.	DATE	PHASE	IND.	Sujet Révision	Rédacteur	Vérif.
SOLA-D20-0051	17/04/2020	R	0	Diffusion	V. SUMIAN / SMR	M. AYCOBERRY

Forages - Pénétrètres - Essais in situ - Laboratoire - Conseil en Mécanique des Sols

Société par actions simplifiées au capital de 72 000 Euros – SIRET 444 061 766 00010 Immatriculée au RCS AIX-EN-PROVENCE – APE 7112B
N° TVA INTRACOMMUNAUTAIRE : FR 17 4440617666 – CCP PARIS 7 566 60

Siège Social et adresse de facturation :
460, avenue Jean Perrin
13851 AIX EN PROVENCE CEDEX 3
Tél. 04 42 39 74 85 – Fax 04 42 39 73 91 –
e.mail : aix@sol-essais.fr

Agence Var:
5 Rue des Rubis
83600 FREJUS
Tél. 04 22 89 01 30 – Fax 04 22 89 01 31
e.mail : frejus@sol-essais.fr

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



TABLE DES MATIERES

I – PRESENTATION DE LA MISSION	3
I.1 – Présentation de la mission.....	3
I.2 – Mission selon la norme NF P 94-500.....	4
I.3 – Documents de références	4
II – RESULTATS	4
II.1 – Contexte géologique	4
II.2 – Forage carotté.....	5
II.3 – Forage destructif réalisé en prolongement du forage carotté ...	5
II.4 – Essais de pénétration statique lourde.....	6
II.5 – Essais en laboratoire	7
II.6 – Présence d'eau	7
III – PREMIERES CONCLUSIONS	8
III.1 – Contexte géologique du site.....	8
III.2 – Contexte hydrogéologique général	8
III.3 – Caractéristiques du projet.....	8
III.4 – Fondations.....	8
III.5 – Terrassements	9
III.6 – Drainage et protection des sous-sols	10
III.7 – Règles parasismiques	10
IV – ANNEXES	11

I – PRESENTATION DE LA MISSION

I.1 – Présentation de la mission

A la demande de Monsieur Pierre-Alain MARTIN, la Société FONCIERE JAGUAR a confié à la Société SOL-ESSAIS la reconnaissance de sol et l'étude destinées à orienter le choix des principes généraux de fondations d'un projet immobilier de Campus Tertiaire dénommé THEODORA dont l'édification est prévue sur un terrain situé à l'angle de l'avenue des Aygaldes et du Boulevard du Capitaine Gèze à MARSEILLE.

Cette prestation a été exécutée sur la base de notre devis SOLA-P20-0068 en date du 27/01/2020 accepté par commande le 03/02/2020.

En accord avec les responsables de l'opération, notre intervention a été basée en toute première approche sur la juxtaposition de :

- Un forage carotté de corrélation F1 descendu à 10,00 m de profondeur, permettant d'identifier la nature exacte des terrains traversés et de prélever des échantillons intacts pour analyses en laboratoire.
Compte tenu des matériaux prélevés à la base de ce forage, ce dernier a été poursuivi en forage destructif avec enregistrement numérique des paramètres de foration jusqu'à 17,50 m environ.

Le trou du forage carotté a été équipé d'un tube piézométrique pour permettre de suivre le niveau des circulations d'eau souterraines éventuelles.

Il est pour cela prévu un suivi piézométrique mensuel sur un an.

- 6 essais de pénétration statique lourde permettant de mesurer in situ et en continu les qualités mécaniques des terrains traversés.
Ces essais ont été poussés au refus à des profondeurs comprises entre 4,50 m et 15,00 m environ.
- Il est prévu la réalisation d'essais en laboratoire portant sur les échantillons issus du carottage qui sont actuellement en cours et dont les résultats feront l'objet d'une diffusion sous forme d'un indice au présent rapport

Les investigations ont été réalisées suivant l'accessibilité du site par notre atelier de sondages permettant d'obtenir une représentativité des risques géotechniques qui correspond à un échantillonnage qui reste limité au regard de l'étendue du secteur d'étude.

La généralisation des conclusions comporte donc nécessairement une part d'incertitude qui pourrait être réduite par la réalisation d'une campagne complémentaire lorsque les conditions d'accès le permettront ou lorsque le projet aura pris sa forme définitive.

I.2 – Mission selon la norme NF P 94-500

Notre intervention s'inscrit dans le cadre d'une mission de type G1 PGC conforme à la classification des missions géotechniques types USG (Tableau 1 de la norme NF P 94-500 du 30 Novembre 2013).

I.3 – Documents de références

Dans le cadre de cette étude, nous avons été destinataires des documents suivants :

- Eléments de niveaux en phase esquisses non datés,
- Extraits de photos aériennes avec délimitations des parcelles concernées par le projet,
- Plan de géomètre de l'existant.

II – RESULTATS

On trouvera en annexe :

- la coupe du forage carotté D20-0051 F1,
- le diagramme du forage destructif D20-0051 FD/F1 réalisé en prolongement du carottage,
- les graphiques des essais de pénétration statique lourde D20-0051 P1 à P5,
- ainsi qu'un plan d'implantation sur fond de plan de masse D20-0051.

Les annexes susvisées sont indissociables du présent rapport.

Les essais ont été nivelés et leur cote de départ rattachée au système de nivellement tiré du plan de géomètre qui nous a été communiqué.

II.1 – Contexte géologique

D'un point de vue géotechnique très général, le terrain concerné par le projet est situé dans un secteur de MARSEILLE au niveau du vallon des Aygalades, dans un contexte où le substratum d'âge Stampien, le plus souvent à faciès marneux, gréseux ou conglomératique, se trouve surmonté par des épaisseurs importantes de dépôts colluvionnaires et d'altération ainsi que part des remblais consécutifs aux comblements partiels de ce vallon et aux diverses phases d'aménagement du site (aménagements anciens des abords du ruisseau des Aygalades).

Les investigations qui ont pu être réalisées en toute première approche ont permis de confirmer cette configuration générale.

II.2 – Forage carotté

La coupe du forage carotté montre la présence de matériaux de remblais d'aménagement à dominante limono-graveleuse jusqu'au voisinage de 4,00 m de profondeur.

Au-delà, l'on note la traversée d'horizons correspondant vraisemblablement à des dépôts colluvionnaires constitués de limon sablo-graveleux avec quelques galets, jusqu'à l'interruption du forage carotté à 10,00 m de profondeur.

II.3 – Forage destructif réalisé en prolongement du forage carotté

Les forages destructifs ont été réalisés avec un enregistrement continu des paramètres de foration, à l'aide d'un appareil de type LIM 4000.

Sur les graphiques on peut lire, de gauche à droite :

- **La vitesse instantanée d'avancement**, graduée de 0 à 1000 m/h ; ce paramètre traduit la compacité et la cohésion des matériaux ; il permet également de déceler d'éventuels vides ou zones de frottement décomprimées ;
- **La vitesse instantanée d'avancement**, graduée de 0 à 250 m/h ; elle permet essentiellement d'analyser les zones à grande vitesse qui échappent à la première échelle ;
- **Le temps en seconde par mètre**, permettant une meilleure appréciation de l'avancement en cas de matériaux très durs ;
- **La pression du fluide d'injection**, graduée de 0 à 5 bars ; ses variations traduisent la cohésion du matériau ; son augmentation correspond souvent à un faciès argileux ou marneux.

L'examen du diagramme d'avancement de ce forage destructif doit ici être interprété seulement à partir de 10,00 m de profondeur, qui correspond à la hauteur réalisée en carottage.

Entre 10,00 m et 16,00 m de profondeur, l'on note la traversée d'horizons caractérisés par des vitesses d'avancement de l'ordre de 250,00 m/h, caractéristiques de surépaisseurs de terrains de couverture avec toutefois la présence d'un passage caractérisé par des vitesses d'avancement beaucoup plus

faibles au voisinage de 14,00 m de profondeur pouvant correspondre à un bloc isolé (galet de forte dimension par exemple).

A partir de 16,00 m de profondeur environ, la vitesse d'avancement diminue considérablement pour devenir faible et relativement continue, ce qui semble ici indiquer l'entrée dans les premières formations du substratum stampien.

Le forage destructif réalisé à notre initiative dans le prolongement du forage carotté a été interrompu au sein de ces horizons de forte compacité à 17,50 m de profondeur.

II.4 – Essais de pénétration statique lourde

Les graphiques, correspondant aux essais, permettent de mettre en évidence, sur la première feuille d'essai, deux courbes qui correspondent d'une part pour la courbe en continu à la résistance de pointe mesurée en fonction de la profondeur (cône résistance en MPa) et pour la courbe en pointillé au frottement latéral sur le manchon spécifique situé en arrière de la pointe (sleeve friction).

La courbe située à droite sur la première feuille correspond à l'inclinaison du train de sondes dans le sondage ainsi qu'au paramètre "friction ratio" en % qui traduit le rapport entre le frottement latéral unitaire sur le manchon et la résistance de pointe.

L'examen des graphiques de pénétration statique lourde montre que les terrains traversés sont caractérisés par des résistances de pointe dans l'ensemble inférieures à 1 MPa, ce qui traduit une forte compressibilité de ces terrains majoritairement à structure fine et à dominante limoneuse.

L'on note toutefois quelques pics de résistance qui correspondent en tête des essais aux remblais d'aménagement plus ou moins compacts et plus en profondeur à des intercalations graveleuses.

Il est à noter que la réalisation des essais de pénétration statique a nécessité le recours à des avants trous systématiques pour traverser les couches de forme des voiries existantes.

L'essai P6 a connu un refus au voisinage de 4,50 m de profondeur qui semble ici correspondre à la présence d'anciens ouvrages ou de remblais de forte granulométrie, par corrélation avec les résultats du forage carotté F1 tout proche.

Les terrains de couverture correspondant à des remblais et à des dépôts colluvionnaires relativement compressibles ont été mis en évidence jusqu'aux profondeurs suivantes :

- 13,50 m en P1,
- 9,50 m en P2,

- 13,00 m en P3,
- 14,50 m en P4,
- 11,50 m en P5.

Au-delà, l'on observe une forte augmentation des résistances de pointe qui semble indiquer la traversée d'horizons rattachés au substratum. Toutefois, l'on ne peut exclure qu'il s'agisse de matériaux alluvionnaires ou colluvionnaires à structure grossière.

Les essais de pénétration statique sont survenus au sein de ces horizons aux profondeurs suivantes :

- 13,80 m en P1,
- 9,70 m en P2,
- 13,40 m en P3,
- 14,90 m en P4,
- 12,35 m en P5.

II.5 – Essais en laboratoire

Les essais de laboratoire portant sur les échantillons issus du carottage sont en cours et leurs résultats feront l'objet d'une diffusion sous forme d'un indice au présent rapport.

II.6 – Présence d'eau

Lors de notre intervention et après extraction du train de tige, des niveaux d'eau non parfaitement stabilisés ont été mesurés au droit des essais de pénétration statique aux profondeurs suivantes :

- 3,00 m en P1 et en P2,
- 8,45 m en P3,
- 7,00 m en P4,
- 4,10 m en P5.

Un niveau d'eau non parfaitement stabilisé a également été mesuré à 3,70 m de profondeur dans le tube piézométrique mis en place en F1 peu après la fin de ce sondage.

III – PREMIERES CONCLUSIONS

III.1 – Contexte géologique du site

Les investigations qui ont pu être réalisées en toute première approche ont permis de mettre en évidence, sous des épaisseurs variables de l'ordre de 3,00 m à 4,00 m de remblais d'aménagement à dominante limono-graveleuse, des dépôts colluvionnaires de faible compacité à dominante limoneuse avec quelques passages plus graveleux sur des épaisseurs comprises être 10,00 m et 15,00 m avant que des horizons de plus forte compacité et très vraisemblablement rattachés au substratum stampien n'aient été recoupés par le forage destructif interrompu au voisinage de 17,00 m de profondeur.

III.2 – Contexte hydrogéologique général

Le terrain concerné par le projet est vraisemblablement caractérisé par la présence d'une nappe en écoulement directement reliée au ruisseau des Aygalades traversant le terrain de manière enterrée.

Il sera intéressant de porter une attention toute particulière aux résultats des mesures piézométriques ultérieures qui permettront de mieux apprécier le niveau auquel s'effectuent ces circulations d'eau rattachées vraisemblablement à une nappe en écoulement.

III.3 – Caractéristiques du projet

Le projet n'est pas figé définitivement, mais pourrait comporter la construction d'un ensemble de bâtiments en R+4 avec un niveau de sous-sol partiel éventuel.

Les caractéristiques du projet sont amenées à évoluer de manière importante, aussi bien en termes d'emprise qu'en termes d'adaptation au sol.

III.4 – Fondations

Compte tenu de la présence de remblais d'aménagement et d'épaisseurs très importantes de matériaux colluvionnaires à structure fine particulièrement compressible, la meilleure solution de fondation consisterait pour l'ensemble des futures constructions, à prévoir le report de l'ensemble des charges d'ossature au sein des horizons de forte compacité rattachés au substratum stampien dont le toit a été mis en évidence au voisinage de 16,00 m de profondeur en FD/F1 et qui remonte vraisemblablement de part et d'autre du ruisseau des Aygalades au voisinage de 10,00 m à 12,00 m de profondeur au droit des autres essais réalisés.

En fonction de la trame d'ossature des futures constructions et des descentes de charges, une solution de semelles superficielles sur sol préalablement renforcé par inclusions rigides de type CMC descendues au sein des marnes du substratum pourrait également être envisagée, sous réserve toutefois que les descentes de charges concentrées ne soient pas trop importantes.

Enfin, et en fonction de l'adaptation au sol du projet, nous mentionnerons une solution de radier général de forte inertie qui aurait l'avantage de permettre la reprise des sous-pressions hydrostatiques correspondant au niveau d'immersion des éventuelles parties d'ouvrages enterrées situées sous la nappe en écoulement.

En fonction, encore une fois, de l'adaptation au sol du projet et des charges apportées, il pourra être nécessaire de prévoir sous ce radier un renforcement de sol par inclusion rigide ou éventuellement par colonnes ballastées pour permettre de limiter l'amplitude des tassements absolus et différentiels.

Lors des travaux, on portera attention à toute anomalie ou variation de faciès pouvant justifier une adaptation particulière. Dans cet esprit, l'on prévoira la purge systématique de toute surépaisseur de remblais trop hétérogènes qui pourraient subsister sous l'emprise des fondations.

Entre les bases de fondations voisines établies à des cotes différentes, l'on respectera une pente au plus égale à 3/2 (3 à l'horizontale).

Une condition de ce type sera également vérifiée pour les fondations se trouvant à proximité d'un talus ou d'un ouvrage existant.

III.5 – Terrassements

Les préconisations relatives aux terrassements en déblais dépendront bien entendu des caractéristiques du projet et de son adaptation au sol.

Nous mentionnerons la possibilité de réaliser des terrassements de manière classique avec des talus périphériques de pentes n'excédant pas 35° sous l'horizontale et éventuellement optimiser à 45° pour des durées d'ouvertures n'excédant pas quelques semaines et avec une protection effective par polyane résistant solidement fixé en tête et en pied jusqu'au niveau de la nappe en écoulement.

Au-delà, les terrassements qui intercepteraient les circulations d'eau souterraines rattachées à cette nappe, devraient être réalisées à l'abri d'un ouvrage de soutènement provisoire de type paroi moulée, pieu sécant ou éventuellement de type palplanche.

Ces ouvrages de soutènement provisoires devront être stabilisés au fur et à mesure de l'avancement des terrassements, de préférence par des systèmes de butonnage interne compte tenu des épaisseurs importantes de terrains de couverture qui ne permettront pas la mise en œuvre aisée de tirants d'ancrage.

En phase définitive les efforts de poussée seront repris par les éléments d'infrastructure du bâtiment formant soutènement.

III.6 – Drainage et protection des sous-sols

Les dispositions relatives au drainage et à la protection des sous-sols dépendront de l'adaptation au sol du projet et des résultats du suivi piézométrique.

Il semble toutefois très probable qu'un système de reprise des sous pressions hydrostatiques soit nécessaire avec un niveau de protection adaptée à l'utilisation des locaux, dès lors que le projet intéressera le niveau de la nappe en écoulement qui semble se situer dès 3,00 m à 4,00 m de profondeur.

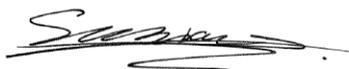
III.7 – Règles parasismiques

Nous rappelons que la commune de MARSEILLE se situe dans une zone de sismicité 2, selon la réglementation actuelle.

L'application de l'Eurocode 8 conduit à classer les sols d'assise du projet dans la catégorie « A ».

Ce rapport doit être considéré comme un tout premier document de travail, dont les conclusions devront bien entendu être précisées d'une part en fonction des résultats des essais en laboratoire et du suivi piézométrique, mais également dans le cadre d'une mission de type géotechnique de conception de type G2 dès lors que le projet aura pris sa forme définitive.

Aix en Provence, le 17 avril 2020



Vincent SUMIAN

IV – ANNEXES

COUPE DU FORAGE CAROTTE D20-0051 F1

DIAGRAMME DU FORAGE DESTRUCTIF D20-0051 FD/F1 REALISE EN
PROLONGEMENT DU CAROTTAGE

GRAPHIQUES DES ESSAIS DE PENETRATION STATIQUE LOURDE D20-0051
P1 A P5

PLAN D'IMPLANTATION SUR FOND DE PLAN DE MASSE D20-0051

MARSEILLE

FORAGE CAROTTE

ANGLE AVENUE DES AYGALES
ET BOULEVARD DU CAPITAINE GEZE
OPERATION MARSEILLE THEODORA

F1
+ Piézo.

X:
Y: N° : D20-0051
Z: 15.70 m Date : 16/03/2020

Profondeur : 10 m

FB/GM

Altitude (m)	Profondeur (m)	Lithologie	Planche Photographique	Récupération (%)			RQD (%)			Observations	Tu bage (m)	Equipement	Outil de Forage
				0	50	100	0	50	100				
15.70	0.00	Enrobé											
		Remblai limono-graveleux gris-noir											
14.70	1.00	Limons sableux mou, noir (remblai)											
		Remblai limoneux consistant, graveleux gris		EI	1.70-1.80								
13.70	2.00												
12.70	3.00	Limons argileux compact, légèrement sableux, quelques petits morceaux de brique											
11.70	4.00												
10.70	5.00			EI	5.00-5.50								
9.70	6.00												
8.70	7.00	Limons sableux, graveleux, quelques galets											
7.70	8.00												
6.70	9.00												
5.70	10.00												
4.70	11.00												
3.70	12.00												
2.70	13.00												
1.70	14.00												
0.70	15.00												
-0.30	16.00												
-1.30	17.00												
-2.30	18.00												
-3.30	19.00												
-4.30	20.00												

eau à 3m70

prolongé en forage destructif jusqu'à 17m54

Piézomètre Ø60 descendu à 9.60m, crépiné sur 3m à partir de 6m, avec boîtier



SOL-ESSAIS

460 avenue Jean Perrin - 13290 AIX EN PROVENCE
Tél: 0442397485 - Fax: 0442397391 - Email: aix@sol-essais.fr

MARSEILLE

ANGLE AVENUE DES AYGALES
ET BOULEVARD DU CAPITAINE GEZE
OPERATION MARSEILLE THEODORA

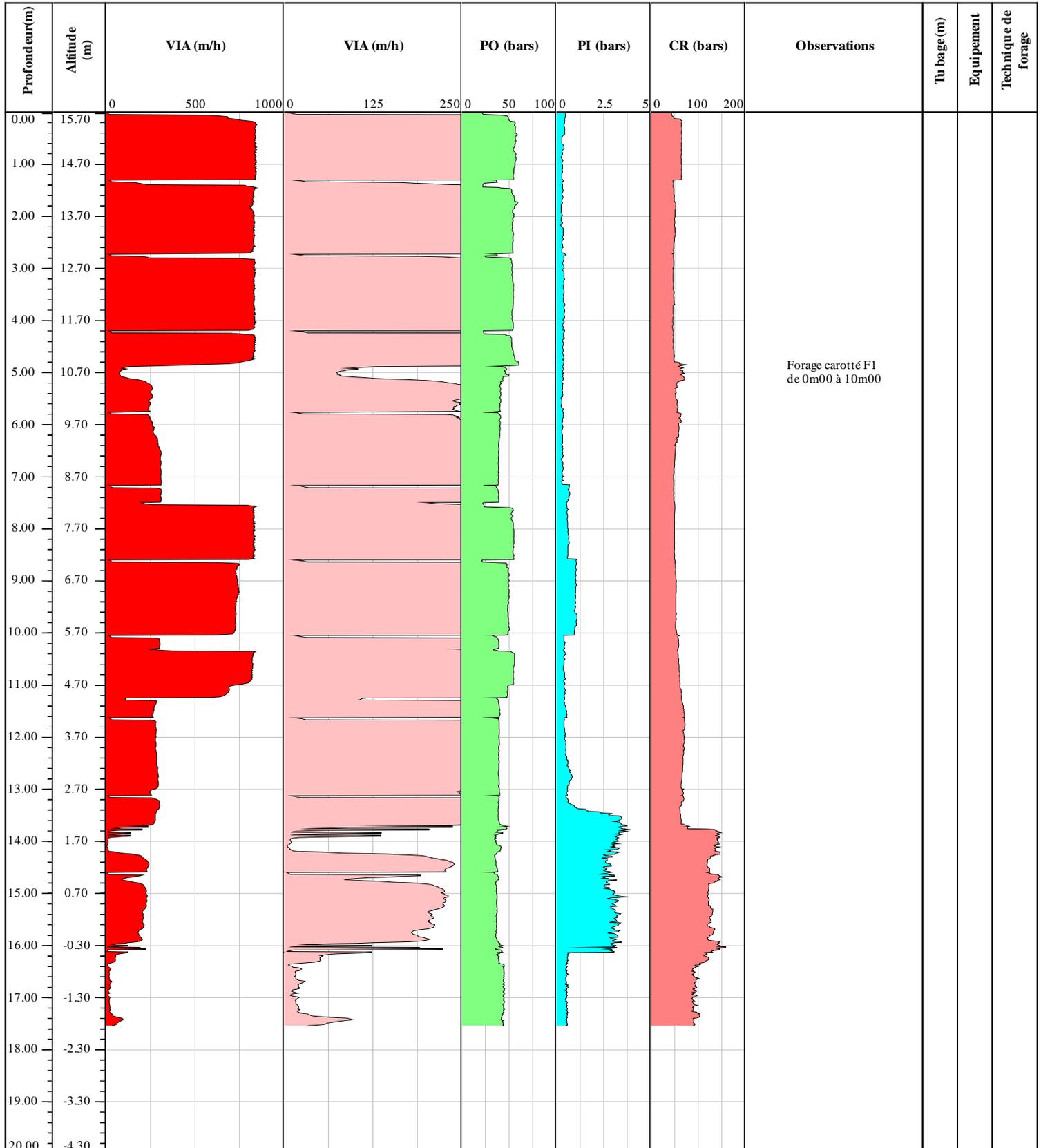
FORAGE DESTRUCTIF

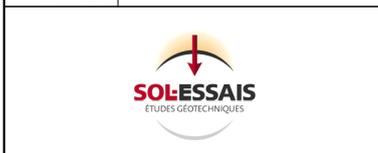
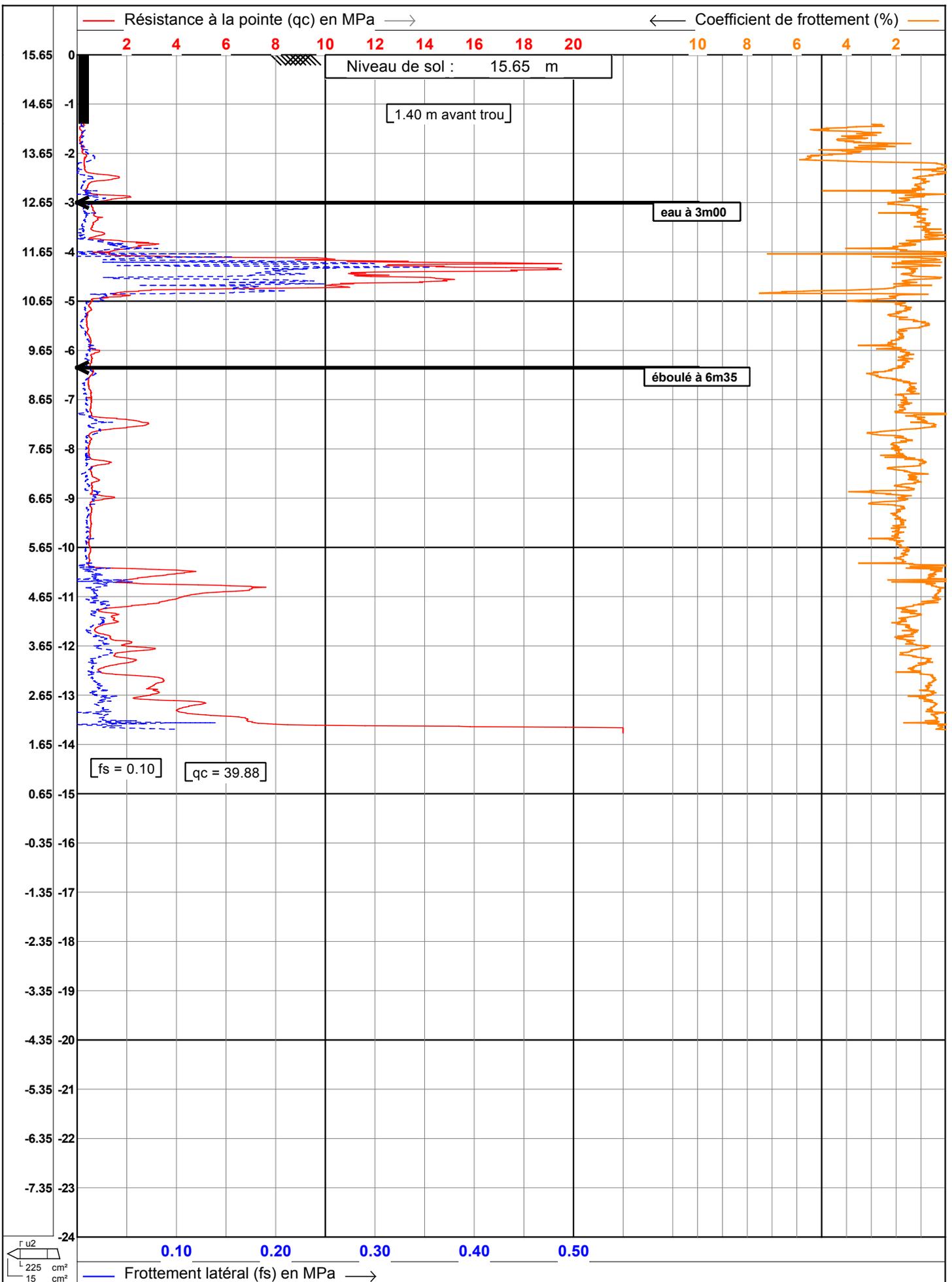
FD/F1

X:
Y: N° : D20-0051
Z: 15.70 m Date : 16/03/2020

Profondeur : 17.54 m

GM le 25/03/20

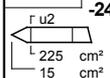
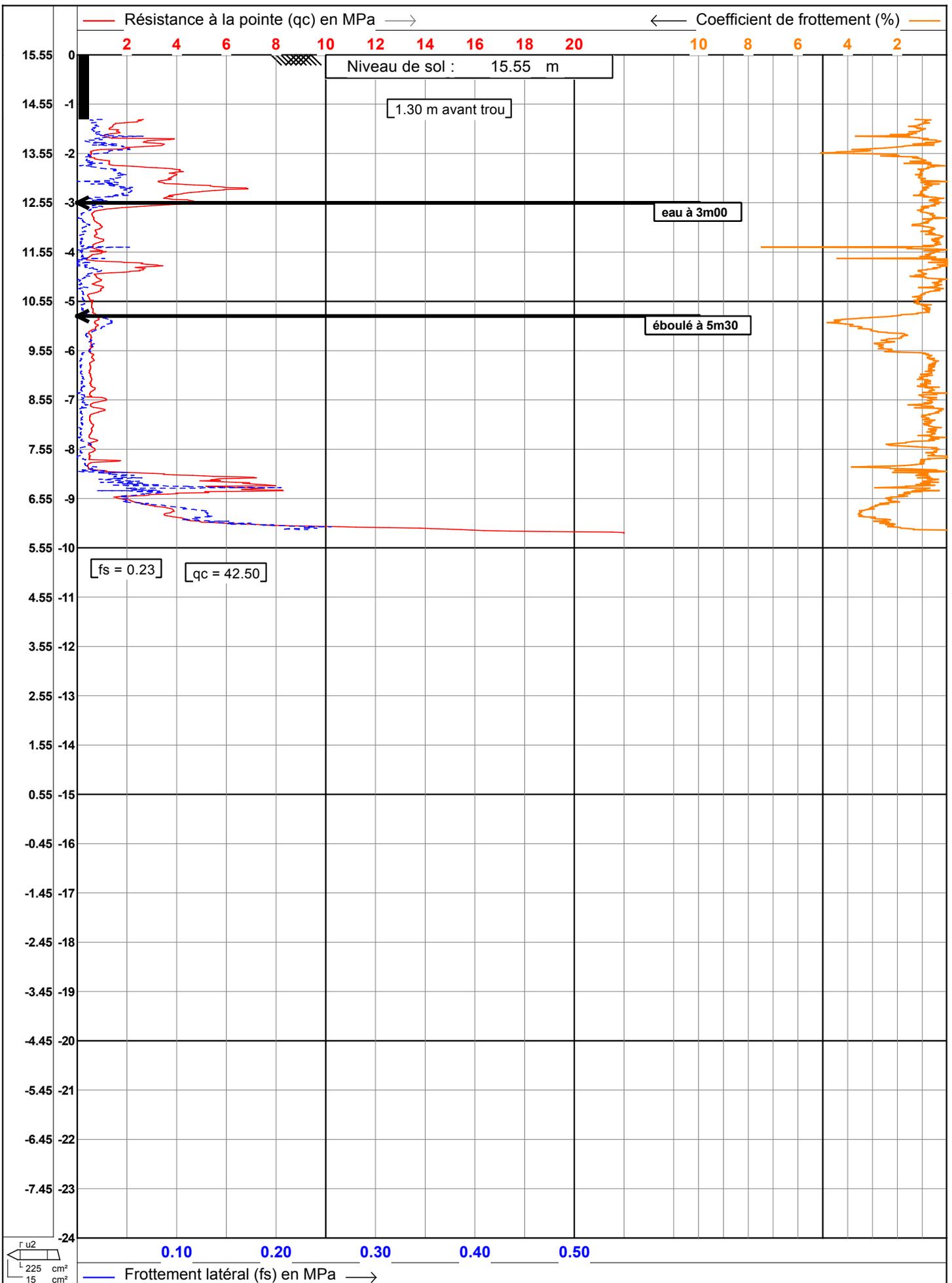




Projet : **Av. des AYGALADES et Bd du Capt. GEZE**
 Nom du site : **MARSEILLE - Op. MARSEILLE THEODORA**

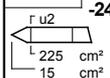
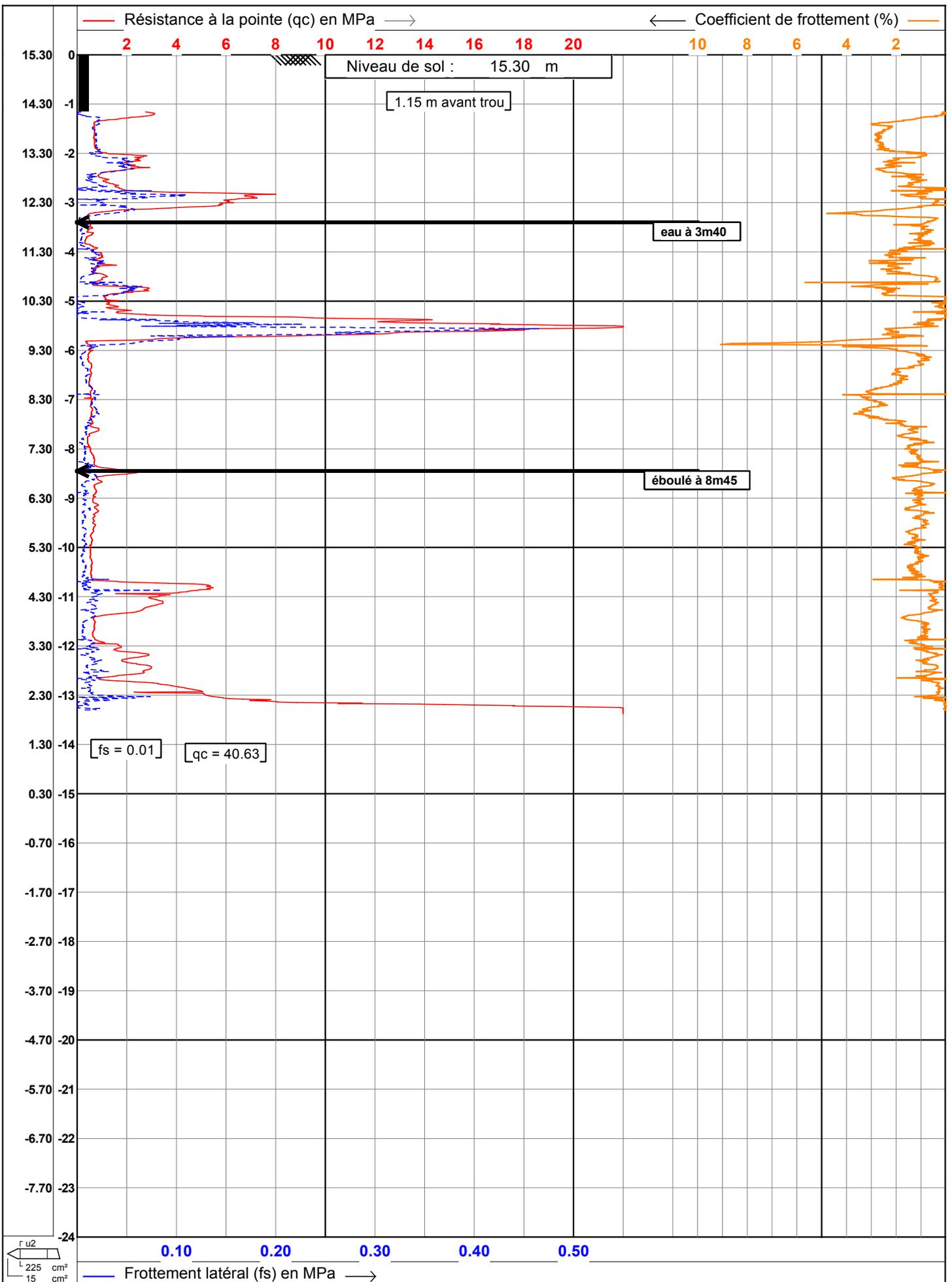
Date	: 16-3-2020
No. de cône	: DP15-CFPTxy.71042
No. de projet	: D20-0051
No. d'essai	: P1

1/1



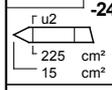
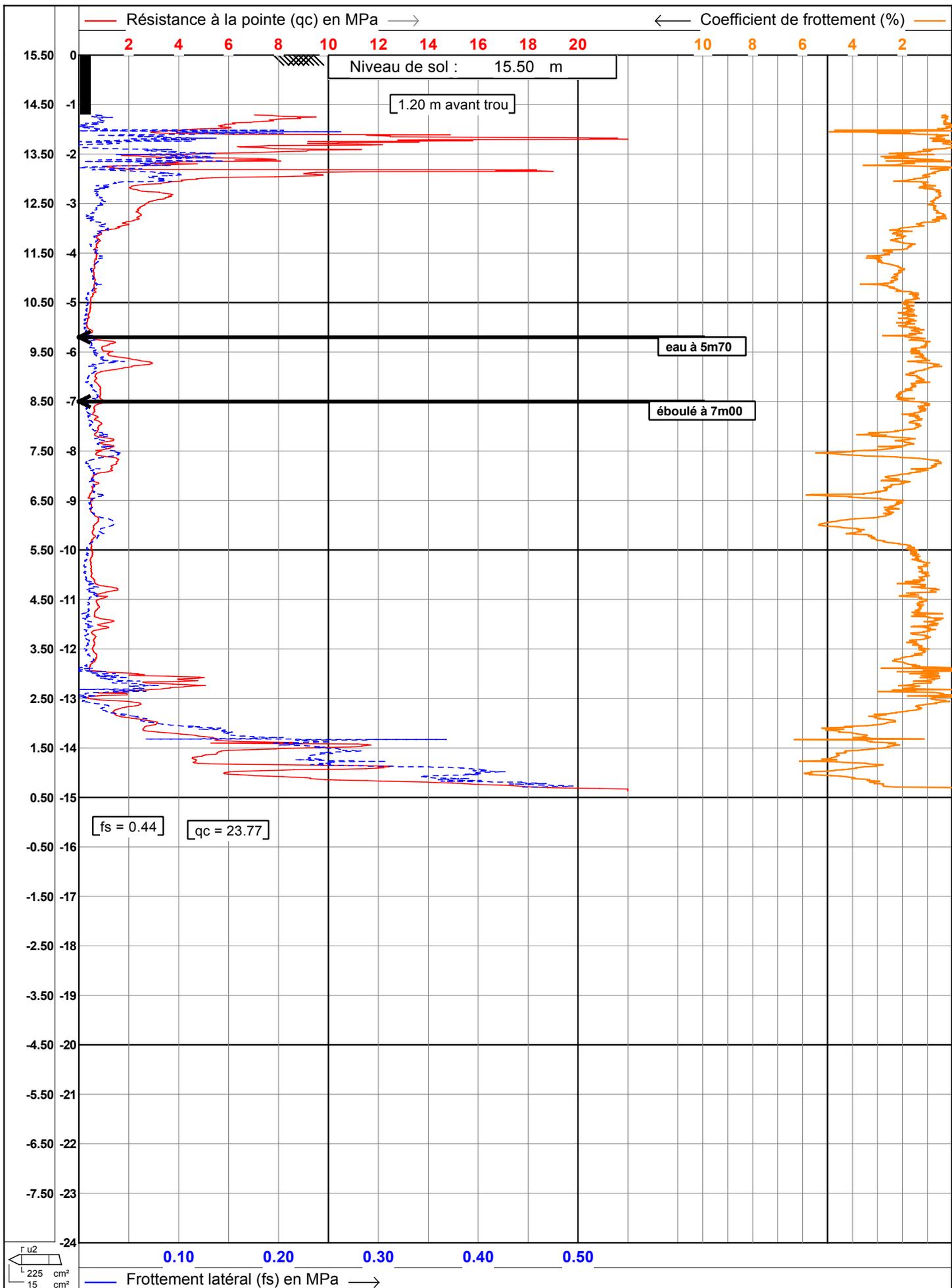
Projet : **Av. des AYGALADES et Bd du Capt. GEZE**
 Nom du site : **MARSEILLE - Op. MARSEILLE THEODORA**

Date	: 16-3-2020
No. de cône	: DP15-CFPTxy.71042
No. de projet	: D20-0051
No. d'essai	: P2



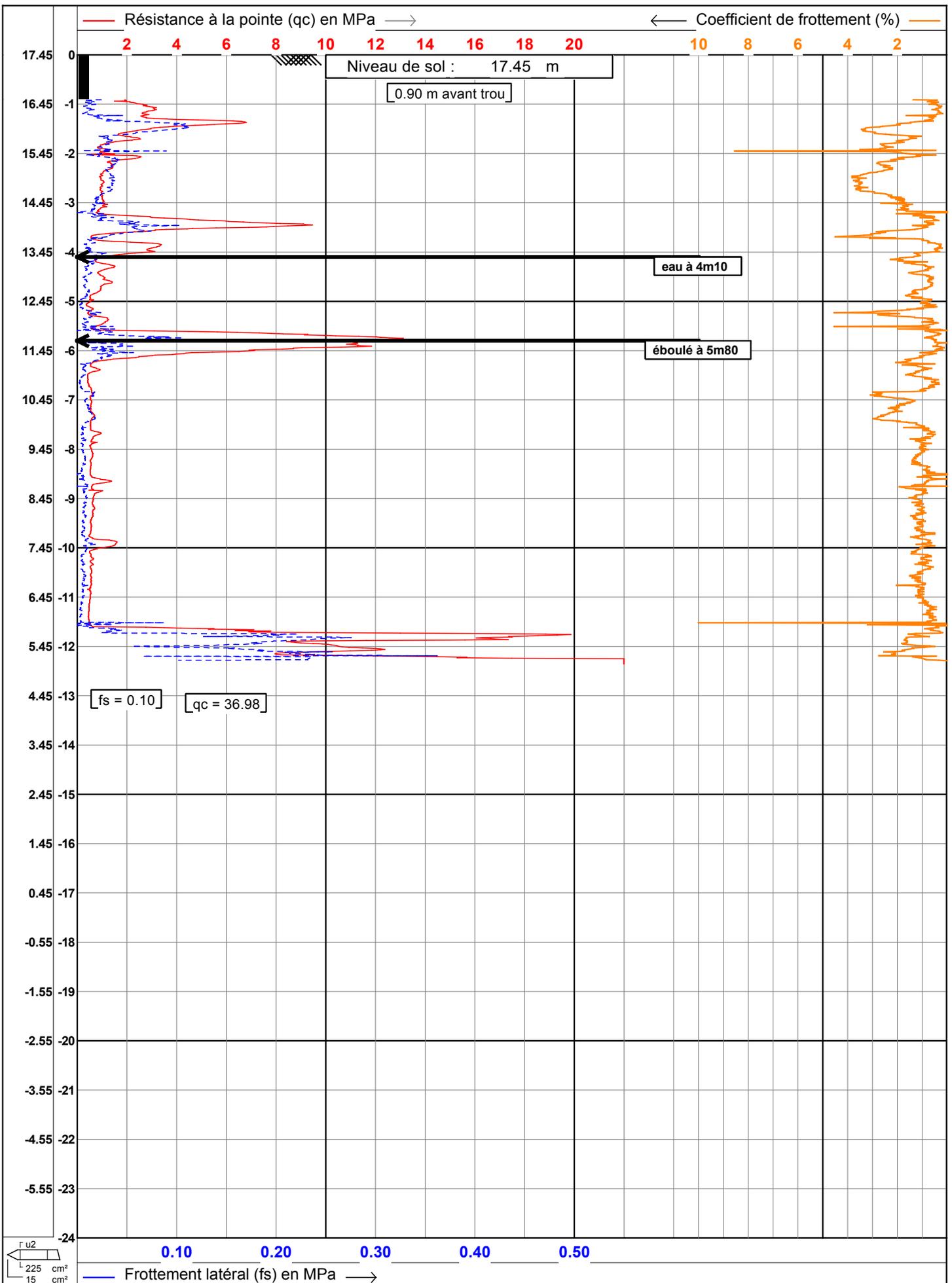
Projet : **Av. des AYGALADES et Bd du Capt. GEZE**
 Nom du site : **MARSEILLE - Op. MARSEILLE THEODORA**

Date	: 16-3-2020
No. de cône	: DP15-CFPTxy.71042
No. de projet	: D20-0051
No. d'essai	: P3



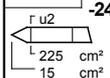
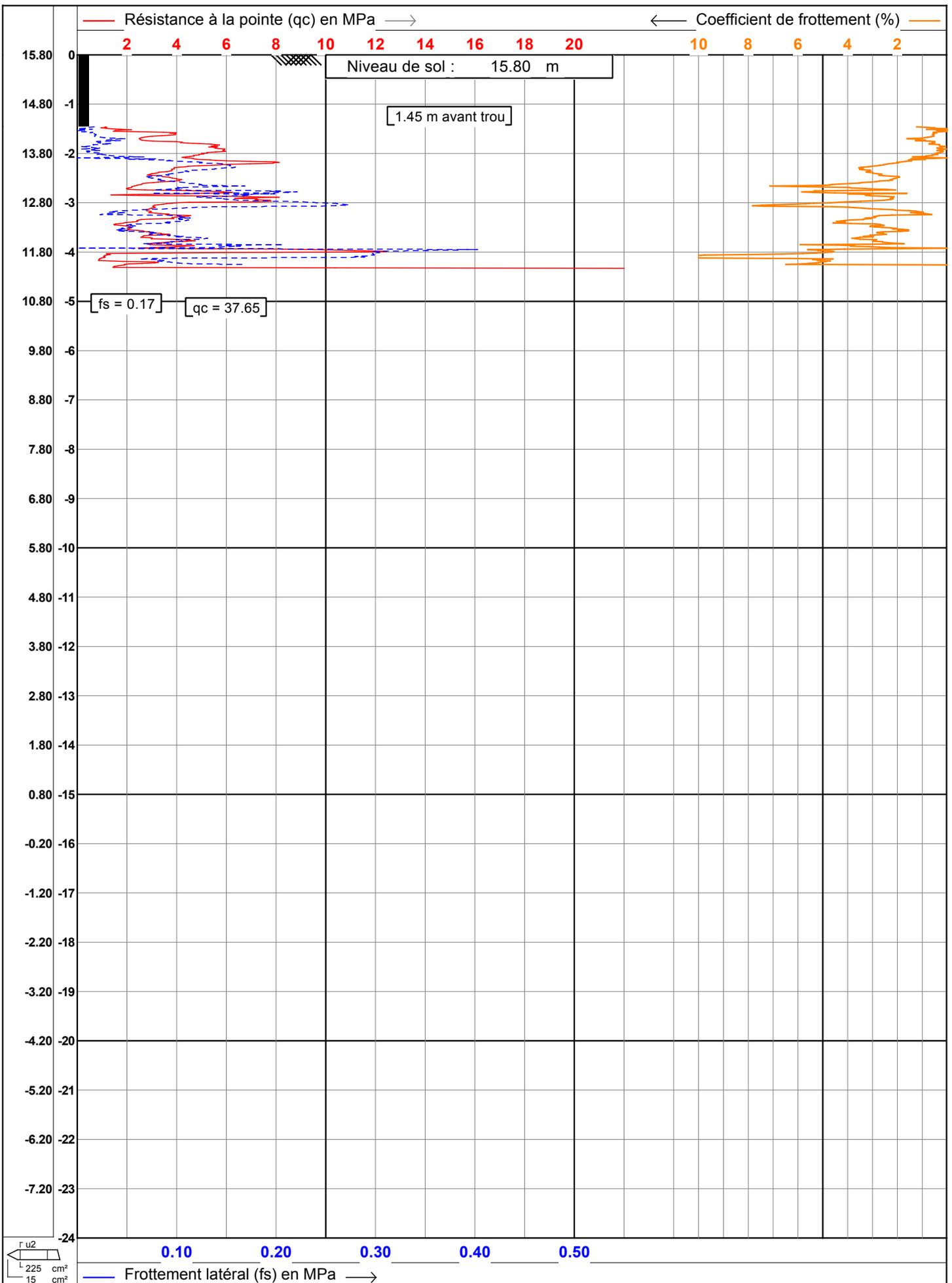
Projet : **Av. des AYGALADES et Bd du Capt. GEZE**
 Nom du site : **MARSEILLE - Op. MARSEILLE THEODORA**

Date	: 16-3-2020
No. de cône	: DP15-CFPTxy.71042
No. de projet	: D20-0051
No. d'essai	: P4



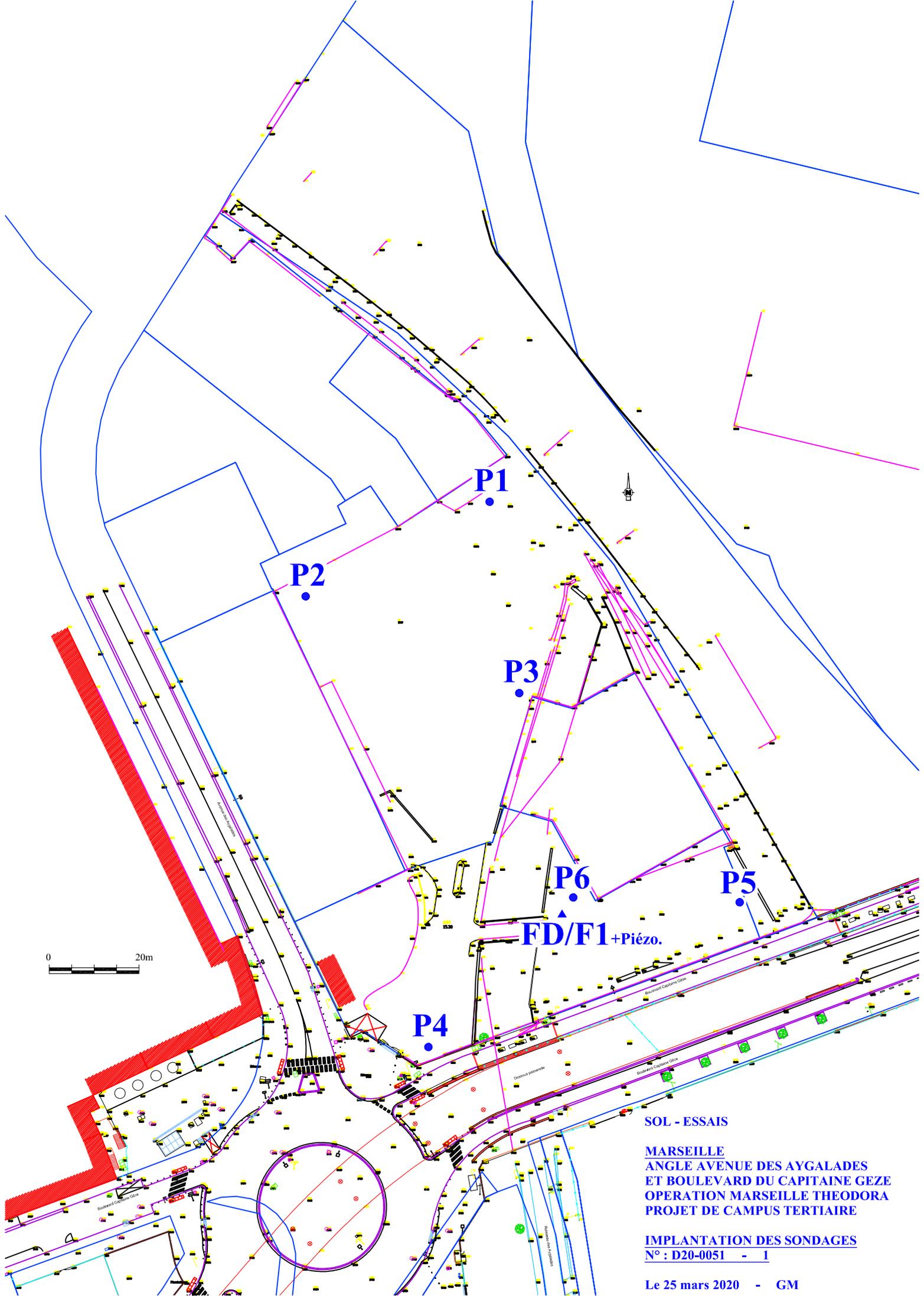
Projet : **Av. des AYGALADES et Bd du Capt. GEZE**
 Nom du site : **MARSEILLE - Op. MARSEILLE THEODORA**

Date	: 16-3-2020
No. de cône	: DP15-CFPTxy.71042
No. de projet	: D20-0051
No. d'essai	: P5



Projet : **Av. des AYGALADES et Bd du Capt. GEZE**
 Nom du site : **MARSEILLE - Op. MARSEILLE THEODORA**

Date	: 16-3-2020
No. de cône	: DP15-CFPTxy.71042
No. de projet	: D20-0051
No. d'essai	: P6



SOL - ESSAIS

MARSEILLE
ANGLE AVENUE DES AYGALES
ET BOULEVARD DU CAPITAINE GEZE
OPERATION MARSEILLE THEODORA
PROJET DE CAMPUS TERTIAIRE

IMPLANTATION DES SONDAGES
N° : D20-0051 - 1

Le 25 mars 2020 - GM