



FREJUS (83)

TERRAIN SIGAUT

**573, rue des Combattants
d'Afrique du Nord**

Construction d'un ensemble immobilier

D23-2092

RAPPORT D'ETUDE DE SOL

Mission : G2 AVP

AFF.	DATE	PHASE	IND.	Sujet Révision	Rédacteur	Vérif.
D23-2092	30/05/2023	G2 AVP	0	1 ^{ère} diffusion	RF/ma	

Forages - Pénétromètres - 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 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 – Consistance de la mission	3
I.3 – Mission selon la norme NF P 94-500.....	4
II – RESULTATS.....	5
II.1 – Essais de pénétration dynamique lourde.....	5
II.2 – Contexte géologique et géotechnique.....	6
III – CONCLUSIONS.....	8
III.1 – Fondations	8
III.2 – Terrassements	10
III.3 – Drainage.....	11
III.4 – Règles parasismiques.....	11
IV – ANNEXES	12

I – PRESENTATION DE LA MISSION

I.1 – Présentation de la mission

La société COGEDIM MEDITERRANEE a confié à la société SOL-ESSAIS la reconnaissance de sol et l'étude géotechniques, destinées à orienter le choix des principes généraux de fondation d'un ensemble immobilier, constitué de villas et de bâtiments collectifs, et dont l'édification est envisagée sur un terrain situé 573, rue des Combattants d'Afrique du Nord à FREJUS (83).

I.2 – Consistance de la mission

Compte tenu de l'état actuel des lieux, notre intervention a dû être limitée à la réalisation de :

- 12 essais de pénétration dynamique lourde, réalisés à l'aide d'un matériel démontable et portable,
- 1 forage à la tarière en vue de l'équipement de ce dernier avec un tube piézométrique pour appréciation du niveau des circulations d'eau souterraines éventuelles.

Les essais pénétrométriques, référencés PD1 à PD13 (sondage PD3 n'a pu être réalisé en raison de la présence de réseaux enterrés) ont permis d'apprécier les qualités de compacité et d'homogénéité des terrains recoupés ; ils ont été descendus à des profondeurs comprises entre 1,60 m environ en PD8 et 10,60 m environ en PD10.

Le forage FT1 a permis d'en vérifier la nature et la compacité en profondeur par enregistrement des paramètres du forage à la tarière.

Ce forage a été équipé jusqu'à 8,60 m de profondeur avec un tube piézométrique crépiné sur 6 m depuis sa base pour appréciation du niveau des circulations d'eau.

Un suivi piézométrique d'une année a été prévu pour contrôler l'évolution de ce paramètre.

I.3 – Mission selon la norme NF P 94-500

Notre intervention s'inscrit dans le cadre d'une mission de type G2 phase AVP conforme à la classification des missions géotechniques types USG (Tableau 1 de la norme NF P 94-500 du 30 Novembre 2013).

Cette prestation a été exécutée sur la base de notre proposition technique et financière SOLB-P22-2764 indice 2 en date du 18/04/2023, validée par bon pour accord de la société COGEDIM MEDITERRANEE, AGENCE VAR EST, en date du 24/04/2023.

II – RESULTATS

On trouvera en annexe :

- les graphiques de pénétration dynamique lourde, D23-2092 PD1 à PD13 ;
- le graphique de forage destructif à la tarière D23-2092 FT1 ;
- un plan d'implantation des sondages D23-2092-1 sur fond de plan de masse.

Les cotes de départ des sondages ont été rattachées au Nivellement Général de la France au moyen d'un relevé GPS.

II.1 – Essais de pénétration dynamique lourde

L'essai de pénétration dynamique consiste à battre un train de tiges métalliques, cylindriques, terminé par une pointe débordante au moyen d'un mouton tombant d'une hauteur constante.

Cet essai constitue un battage de pieux modèle réduit et peut être interprété par la formule dite « des Hollandais » qui relie la contrainte globale du sol à la rupture au « refus » qui est l'enfoncement correspondant à une énergie de battage donnée.

Les graphiques indiquent la contrainte globale du sol à la rupture en MPa, en fonction de la profondeur en mètres.

Les caractéristiques du pénétromètre utilisé sont les suivantes :

- Diamètre de la pointe : 50 mm
- Diamètre du train de tiges : 36 mm
- Masse du mouton : 36 daN
- Hauteur de chute : 0,72 m

II.2 – Contexte géologique et géotechnique

D'une manière générale, le terrain concerné par le projet est situé dans une zone où prédomine un substratum argilo marneux d'âge Pliocène, surmonté d'épaisseurs variables mais parfois importantes de dépôts colluvionnaires et d'altération divers, et parfois de remblais plus récents, consécutifs à l'aménagement actuel des lieux.

Ces dispositions générales sont assez bien confirmées par les résultats des sondages.

La plupart des essais de pénétration dynamique lourde traversent en effet, depuis la surface, des formations de compacité irrégulière, caractéristiques de dépôts à faciès limono sableux parfois caillouteux, de compacité moyenne à bonne.

Ces formations sont en effet caractérisées par des résistances dynamiques le plus souvent comprises entre 3 et 10 MPa, pouvant atteindre localement plus de 15 à 20 MPa lors de la traversée de passées caillouteuses.

A l'inverse, les zones plus fines et de moindre résistance s'accompagnent, au moins localement, d'une rechute significative de la résistance dynamique, qui n'excède pas 2 MPa, notamment vers 3,50 m de profondeur environ en PD3, entre 2 et 4 m de profondeur environ en PD2 et vers 4 et 6 m de profondeur en PD4.

Certains sondages semblent révéler des résistances dynamiques moyennes, sensiblement plus faibles sur toute la hauteur du sondage, comme par exemple en PD7 et PD11 où les valeurs de résistance dynamique les plus élevées correspondent à des passées proches de la surface en PD11, notamment jusqu'à 2 m de profondeur, et entre 4 et 6 m de profondeur en PD7, alors que les autres matériaux recoupés sont plutôt caractérisés par des résistances dynamiques comprises entre 3 et 5 MPa en moyenne.

La plupart des essais ont pu atteindre des profondeurs relativement importantes, de l'ordre de 8 m environ, mais d'autres sondages ont dû être prématurément interrompus en raison d'une forte augmentation des résistances dynamiques enregistrées, lors de la rencontre de matériaux plus compacts ou de granulométrie grossière, à l'image des refus obtenus vers 3,60 m de profondeur environ en PD5, 3,80 m de profondeur environ en PD13 et surtout vers 1,60 m de profondeur seulement en PD8.

Ces particularités semblent donc confirmer la forte hétérogénéité des terrains sous-jacents, caractérisée par des variations rapides de faciès et de granulométrie.

Certains essais ont été interrompus vers 8 m de profondeur sans enregistrer de refus, comme par exemple en PD4, PD7, PD11 et PD12 notamment.

Les disparités de nature de terrains recoupés sont également bien confirmées par les résultats du forage à la tarière, qui a permis une identification sommaire des terrains traversés, présentant un aspect hétérogène à proximité de la surface, pouvant correspondre à des remblais d'aménagements, puis une structure fine prédominante, à faciès de limons sableux, localement graveleux, caractérisée par des vitesses d'avancement irrégulières et surtout très rapides, notamment entre 1 et 6 m de profondeur environ.

Au-delà, les vitesses d'avancement enregistrées semblent devenir beaucoup plus régulières et assez faibles, correspondant à la rencontre de matériaux mieux structurés qui peuvent correspondre à des dépôts argileux plus ou moins consistants.

Le forage FT1 a été interrompu vers 9 m de profondeur au sein de ces matériaux.

Son équipement avec un tube piézométrique crépiné n'a pas permis de détecter de niveau d'eau souterrain, mais il existe, dans ce secteur, une nappe en écoulement dans les terrains recoupés, susceptible de fluctuations saisonnières très importantes.

La période actuelle, qui fait suite à une très longue saison peu pluvieuse, peut expliquer l'absence de niveau d'eau dans le piézomètre, mais un suivi sur une longue période permettra à notre sens de préciser l'ampleur des fluctuations de ces niveaux dans la zone d'investigations.

Par ailleurs, des circulations d'eau plus proches de la surface peuvent également être enregistrées à la suite d'épisodes pluvieux importants.

Ces venues d'eau peuvent varier saisonnièrement de façon importante, aussi bien en intensité qu'en répartition.

III – CONCLUSIONS

Selon les principales indications qui nous ont été données, le projet comporte la construction d'un ensemble de bâtiments collectifs, allant de R+2 à R+3 et reposant sur un niveau de sous-sol (secteur des sondages PD9, PD10, PD11, PD12 et PD13), et de villas en bande, constituées de structure à R + 1 sur vide-sanitaire (secteur des sondages PD1, PD2, PD4, PD5, PD6, PD7 et PD8).

III.1 – Fondations

Dans la zone des bâtiments collectifs, qui reposent sur un niveau d'infrastructure, l'adaptation au sol des constructions devrait conduire à des terrassements de déblais d'une ampleur de l'ordre de 2 à 3 m environ, par rapport au sol moyen actuel, conduisant ainsi à recouper, au niveau du futur fond de fouille, des matériaux de compacité irrégulière mais autorisant le dimensionnement de fondations superficielles avec une contrainte admissible, pouvant atteindre, en fonction des résultats de l'essai le plus défavorable (sondage PD11), une valeur de l'ordre de 0,25 MPa (contrainte ELS), au prix d'un encastrement à pleine fouille sur au moins 0,50 m dans les couches en place.

Pour les villas, l'adaptation au sol devrait comporter des terrassements de déblais beaucoup plus limités, de l'ordre de quelques décimètres à 1 m environ, permettant également de recouper, au niveau du futur fond de fouille, des horizons de compacité moyenne à bonne, autorisant le dimensionnement de fondations superficielles avec une contrainte admissible qui devra, à notre sens, être limitée, en tenant compte des résultats des essais les plus défavorables (sondage PD2 et PD7 notamment), à une valeur n'excédant pas 0,2 MPa (contrainte ELS), au prix d'un encastrement à pleine fouille sur au moins 0,50 m dans les couches en place.

Ces solutions de fondations doivent en outre tenir compte de la forte hétérogénéité des terrains sous-jacents, qui nécessite de donner à l'ensemble fondations/ossature de chacune des constructions une très forte rigidité, lui permettant d'encaisser un défaut local éventuel de portance.

Cette rigidification peut, par exemple, être recherchée en privilégiant un mode de fondation de type «semelles filantes» entrecroisées de forte inertie, traitées comme des poutres de raideur, par exemple sur la hauteur du vide-sanitaire des villas.

Dans la zone des bâtiments, le recours à des fondations de type «semelles filantes» entrecroisées ou même à un radier général épais et/ou nervuré peut permettre une répartition plus homogène des charges sur les terrains d'assise.

D'une façon générale, il conviendra de veiller tout particulièrement au centrage et à la répartition homogène des charges.

Les corps de bâtiment de poids ou d'âge différents devront à notre sens être désolidarisés par l'aménagement de joints de rupture effectifs et largement dimensionnés.

Lors des travaux, on portera attention à toute variation de faciès ou anomalie qui pourrait justifier des adaptations particulières.

Dans cet esprit, il conviendra notamment de prévoir la purge systématique des matériaux pouvant être altérés en fond de fouille, notamment lors des terrassements, ainsi qu'aux remblais qui pourraient localement subsister à la suite de travaux divers.

Il paraît donc prudent de provisionner une quantité de gros béton de rattrapage assez importante pour faire face à ces inévitables variations de faciès.

Le coulage des fondations s'effectuera le plus rapidement possible après ouverture des fouilles afin de limiter les phénomènes de décompression et d'altération souvent très sensibles dans ce type de terrain.

Entre les bases de fondations voisines établies à des cotes différentes, 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 proches d'un talus ou d'un ouvrage de soutènement.

Le respect de cette condition implique, bien entendu, de débiter les travaux par la zone où les fondations sont, a priori, les plus profondes.

Afin d'éviter le développement de tassements parasites sur les fondations superficielles, il conviendra de proscrire l'aménagement de remblais épais en périphérie des constructions.

III.2 – Terrassements

Le projet ne devrait pas comporter de terrassements de déblais de grande ampleur, mais il convient à notre sens de proscrire toute ouverture de fouille en grande masse, à l'avance, et sans précautions particulières, au profit, dans le meilleur des cas, d'un terrassement petites parties en périphérie, avec reprise progressive des poussées dans les éléments d'infrastructure des bâtiments formant soutènement.

Si l'on dispose d'un recul plus important, il peut même être envisagé un adoucissement des pentes de talus pour sécuriser les zones de travail (inclinaison selon une pente de l'ordre de 3/2 (3 à l'horizontale)).

Les talus de déblais seront protégés par un film polyane et feront l'objet d'inspection régulière en vue de contrôler leur évolution éventuelle.

L'évaluation des efforts de poussée s'exerçant sur les soutènements en phase définitive peut s'effectuer en attribuant, aux terrains meubles recoupés par les sondages, les caractéristiques géomécaniques moyennes suivantes :

- Poids volumique humide : environ 20 kN/m³
- Cohésion à long terme: nulle
- Angle de frottement interne à long terme : environ 33°

L'aménagement de voirie de desserte peut s'effectuer en prévoyant un décapage systématique des matériaux de surface (terre végétale et remblais notamment), puis, après interposition d'un filtre géotextile anti contaminant de type Bidim à fort grammage, apport de matériaux nobles de type «tout venant » calibré de classe D, selon la norme GTR.

Les remblais d'apport seront soigneusement compactés par couches minces, horizontales, successives, et contrôlées par des essais à la plaque permettant l'obtention de critères moyens de réception de l'ordre de :

- Rapport de module EV2 / EV1 < 2
- Module EV2 > 80 MPa (plateforme de voirie à trafic normal)

III.3 – Drainage

Toutes les venues d'eau qui pourraient apparaître en cours de travaux devront être soigneusement captées, et reliées au système général de drainage et d'évacuation qui, en phase provisoire comme en phase définitive, protégera l'ensemble des parties enterrées du projet.

Ces dispositifs drainants seront convenablement maillés et posséderont des exutoires suffisants, implantés de manière non dangereuse pour le projet ou pour le voisinage.

En cas de venues d'eau persistantes, des dispositifs drainants complémentaires pourront être localement nécessaires.

Si le suivi piézométrique de longue durée prévu conduit à noter une importante remontée de la nappe, des adaptations particulières des parties enterrées du projet pourront être localement nécessaires (protection par étanchéité, prise en compte de sous-pression, etc.).

D'une façon générale, les eaux pluviales provenant des surfaces imperméabilisées et notamment des toitures des villas devront être soigneusement captées et évacuées hors de l'emprise des fondations afin d'éviter tout risque d'infiltration prolongée à proximité de ces dernières.

III.4 – Règles parasismiques

En application de la norme NF EN 1998-5, la prise en compte des résultats des investigations géotechniques disponibles, et les recommandations qui en découlent en termes de choix de fondation, nous conduisent à recommander le classement des sols d'assise du projet dans la catégorie « C ».

Biot, le 30 mai 2023



Roger FAURIEL

IV – ANNEXES

- les graphiques de pénétration dynamique lourde, D23-2092 PD1 à PD13 ;
- le graphique de forage destructif à la tarière D23-2092 FT1 ;
- un plan d'implantation des sondages D23-2092-1 sur fond de plan de masse.

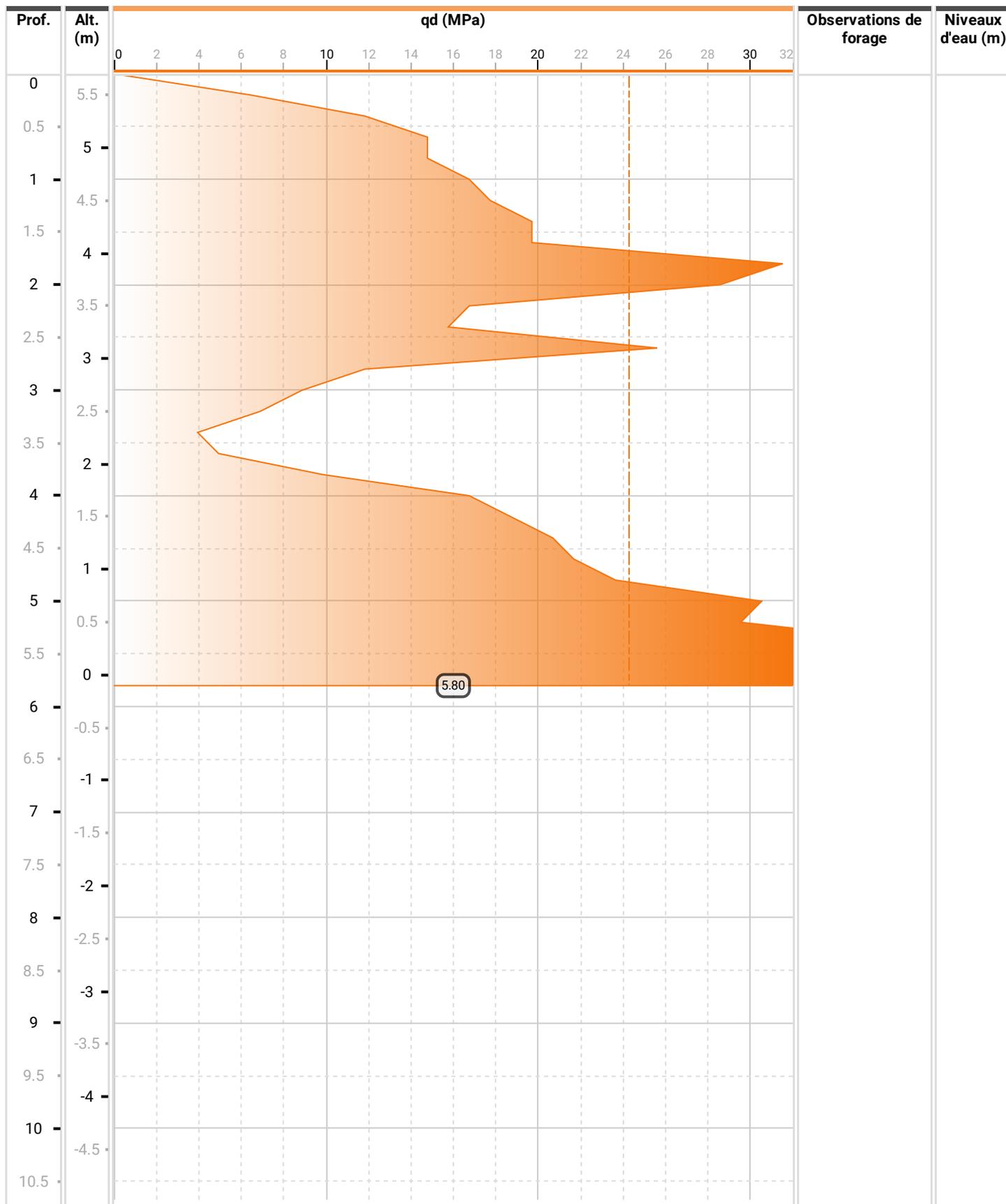
Ces annexes sont indissociables du présent rapport.



Forage
PD1
 Machine
 Pagani Pene Dyn
 Lourd

Paramètres de forage		
Date de début	Cote	X
17/05/2023	début	Y
Date de fin	0 m	Altitude NGF
17/05/2023	Cote fin	5.7 m
Durée de foration	5.8 m	

Dossier
 D23-2092 - 573 Rue des Combattants d'Afrique du Nord -
 FREJUS

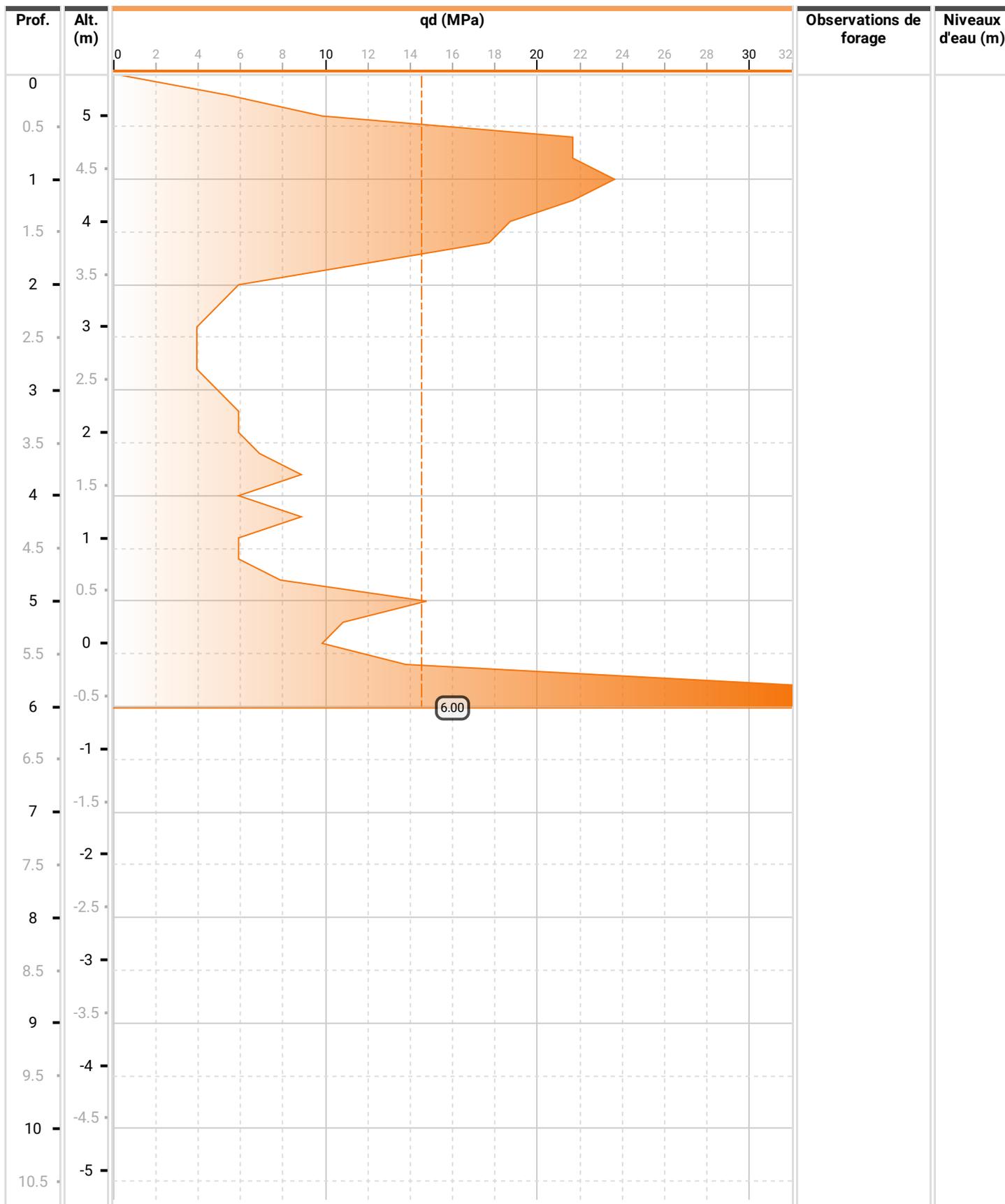




Forage
PD2
 Machine
 Pagani Pene Dyn
 Lourd

Paramètres de forage		
Date de début	Cote	X
17/05/2023	début	Y
Date de fin	0 m	Altitude NGF
17/05/2023	Cote fin	5.4 m
Durée de foration	6 m	

Dossier
 D23-2092 - 573 Rue des Combattants d'Afrique du Nord -
 FREJUS

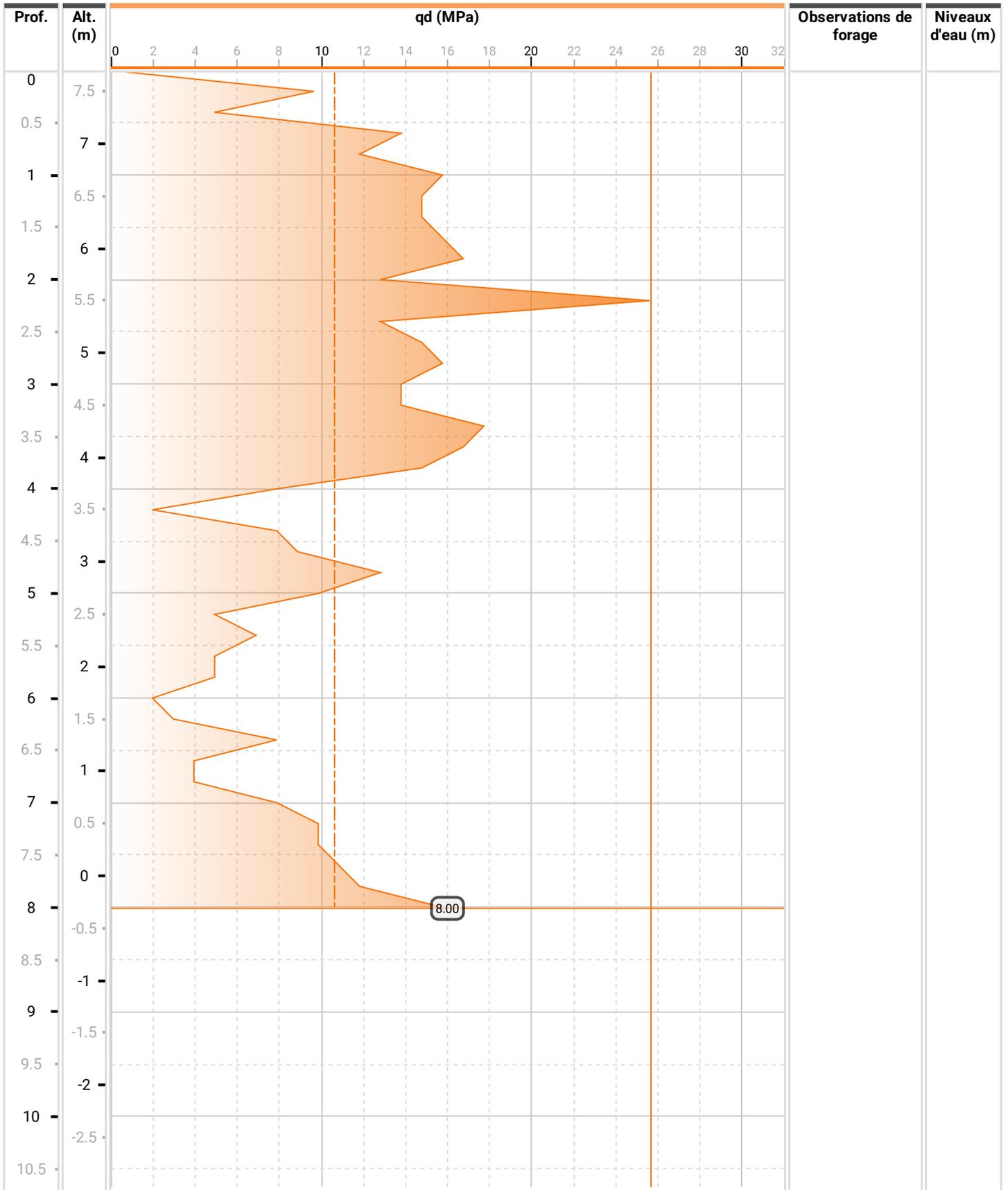




Forage
PD4
 Machine
 Pagani Pene Dyn
 Lourd

Paramètres de forage		
Date de début	Cote	X
17/05/2023	début	Y
Date de fin	0 m	Altitude NGF
17/05/2023	Cote fin	7.7 m
Durée de foration	8 m	

Dossier
 D23-2092 - 573 Rue des Combattants d'Afrique du Nord -
 FREJUS

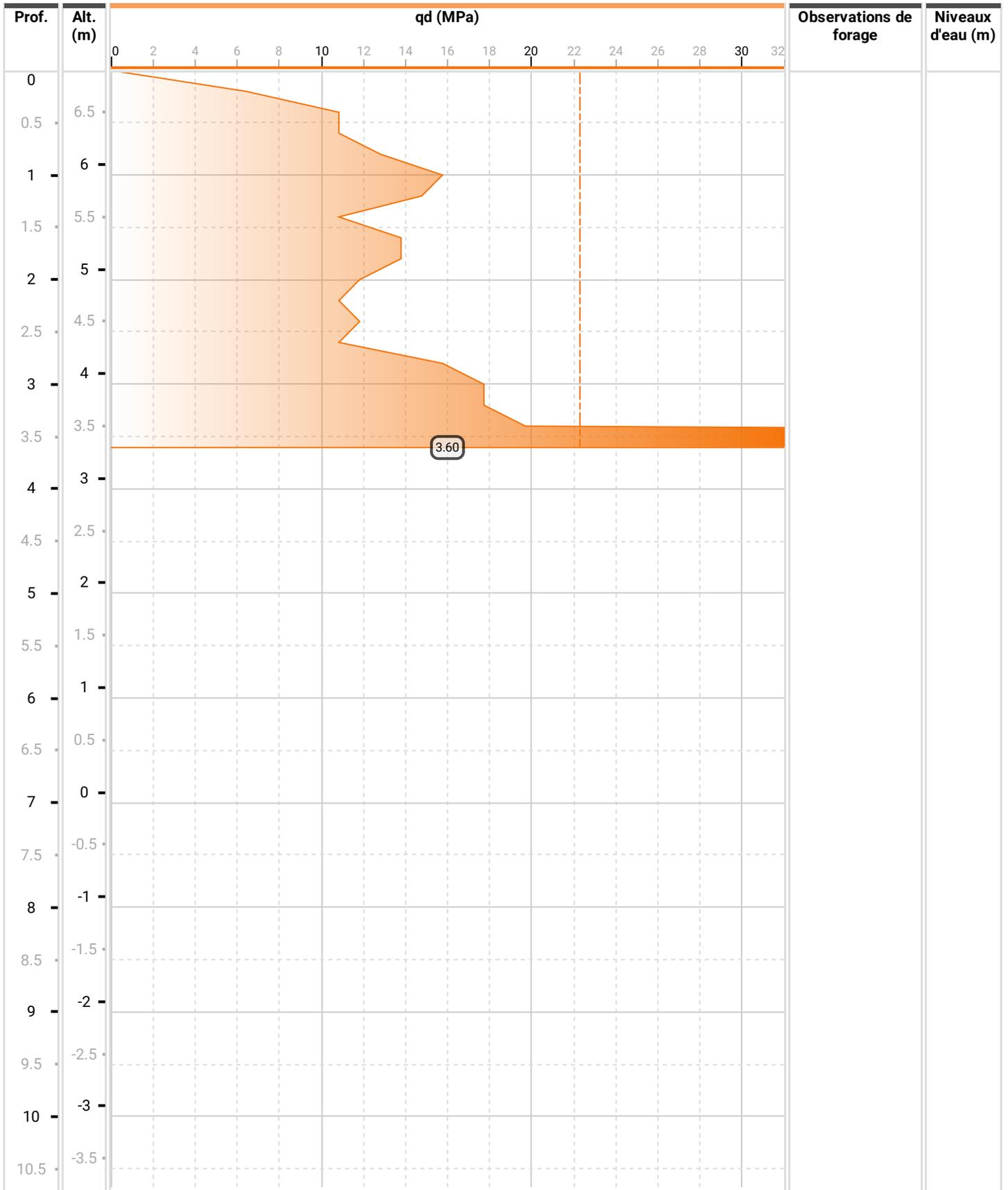




Forage
PD5
 Machine
 Pagani Pene Dyn
 Lourd

Paramètres de forage		
Date de début	Cote	X
17/05/2023	début	Y
Date de fin	0 m	Altitude NGF
17/05/2023	Cote fin	6.9 m
Durée de foration	3.6 m	

Dossier
 D23-2092 - 573 Rue des Combattants d'Afrique du Nord -
 FREJUS

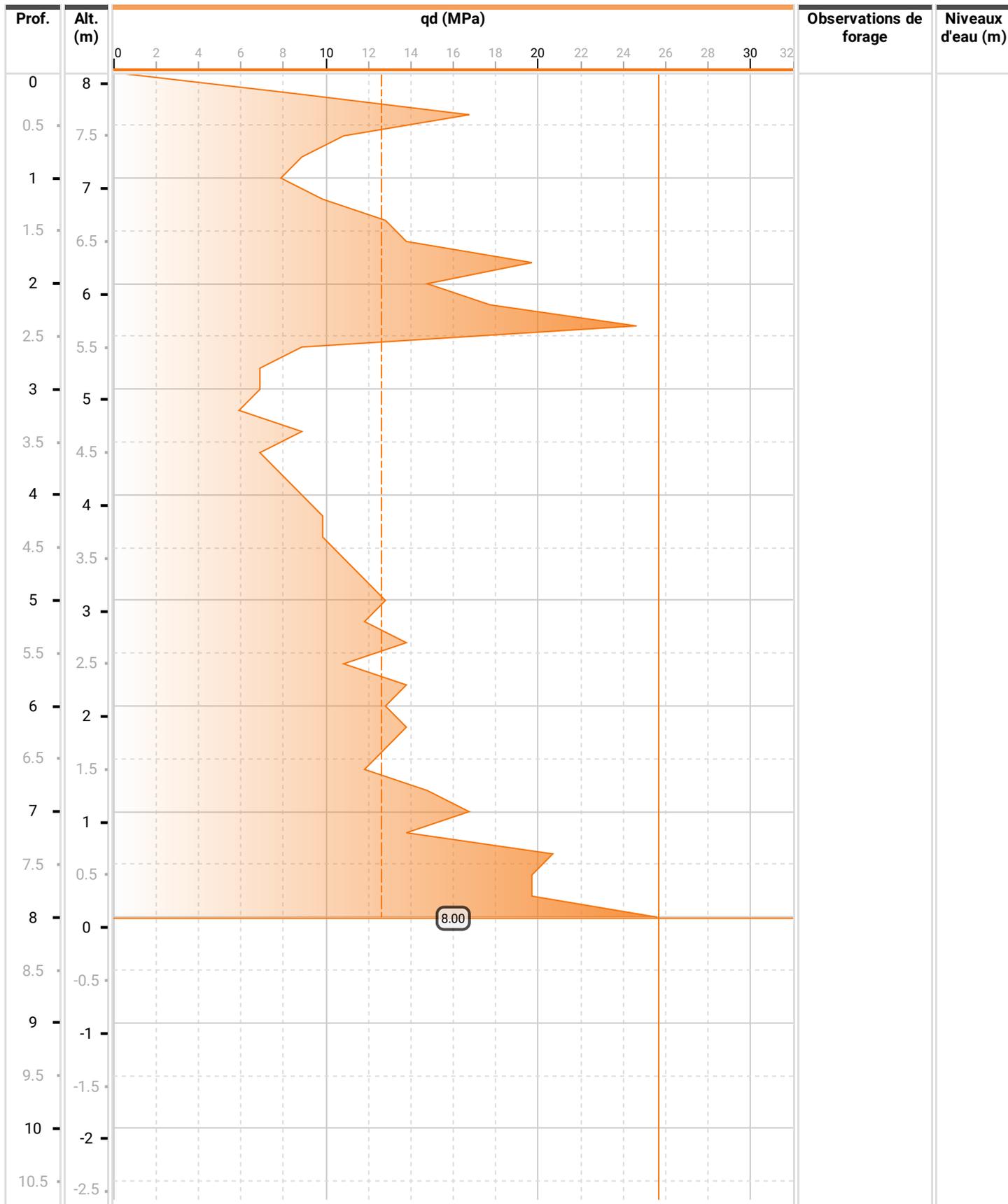




Forage
PD6
 Machine
 Pagani Pene Dyn
 Lourd

Paramètres de forage		
Date de début	Cote	X
17/05/2023	début	Y
Date de fin	0 m	Altitude NGF
17/05/2023	Cote fin	8.1 m
Durée de foration	8 m	

Dossier
 D23-2092 - 573 Rue des Combattants d'Afrique du Nord -
 FREJUS

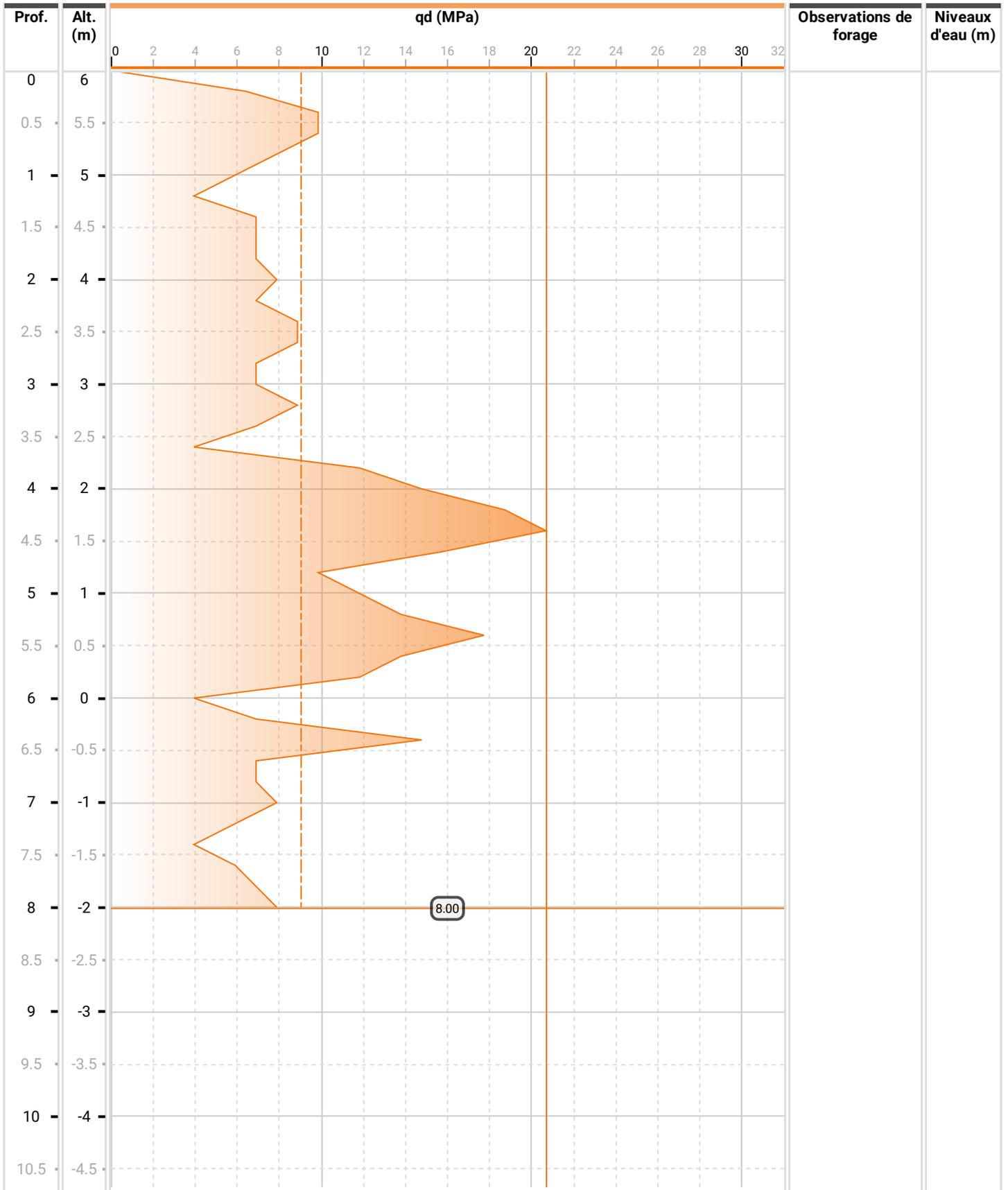




Forage
PD7
 Machine
 Pagani Pene Dyn
 Lourde

Paramètres de forage		
Date de début	Cote	X
17/05/2023	début	Y
Date de fin	0 m	Altitude NGF
17/05/2023	Cote fin	6 m
Durée de foration	8 m	

Dossier
 D23-2092 - 573 Rue des Combattants d'Afrique du Nord -
 FREJUS

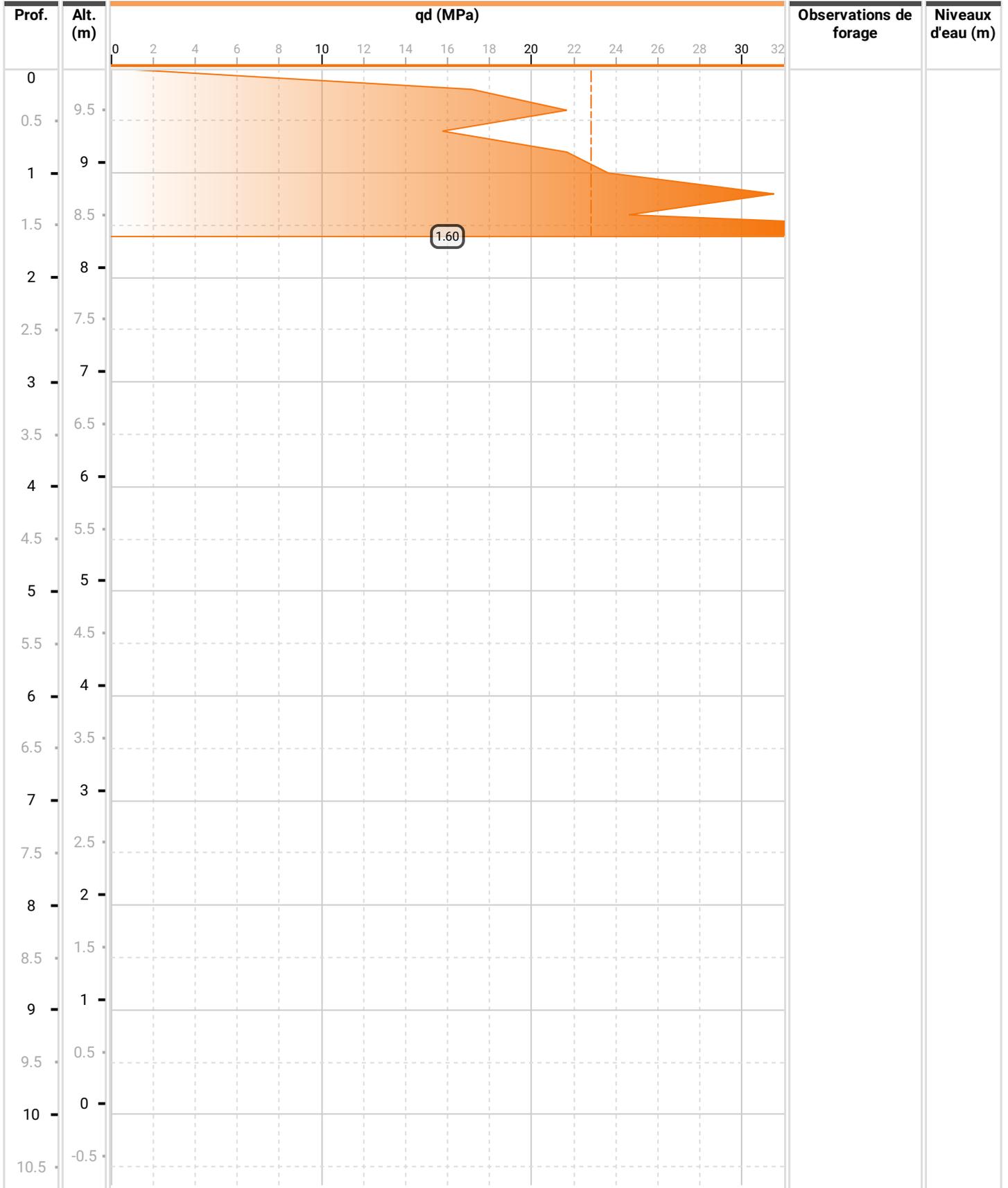




Forage
PD8
 Machine
 Pagani Pene Dyn
 Lourd

Paramètres de forage		
Date de début	Cote	X
17/05/2023	début	Y
Date de fin	0 m	Altitude NGF
17/05/2023	Cote fin	9.9 m
Durée de foration	1.6 m	

Dossier
 D23-2092 - 573 Rue des Combattants d'Afrique du Nord -
 FREJUS

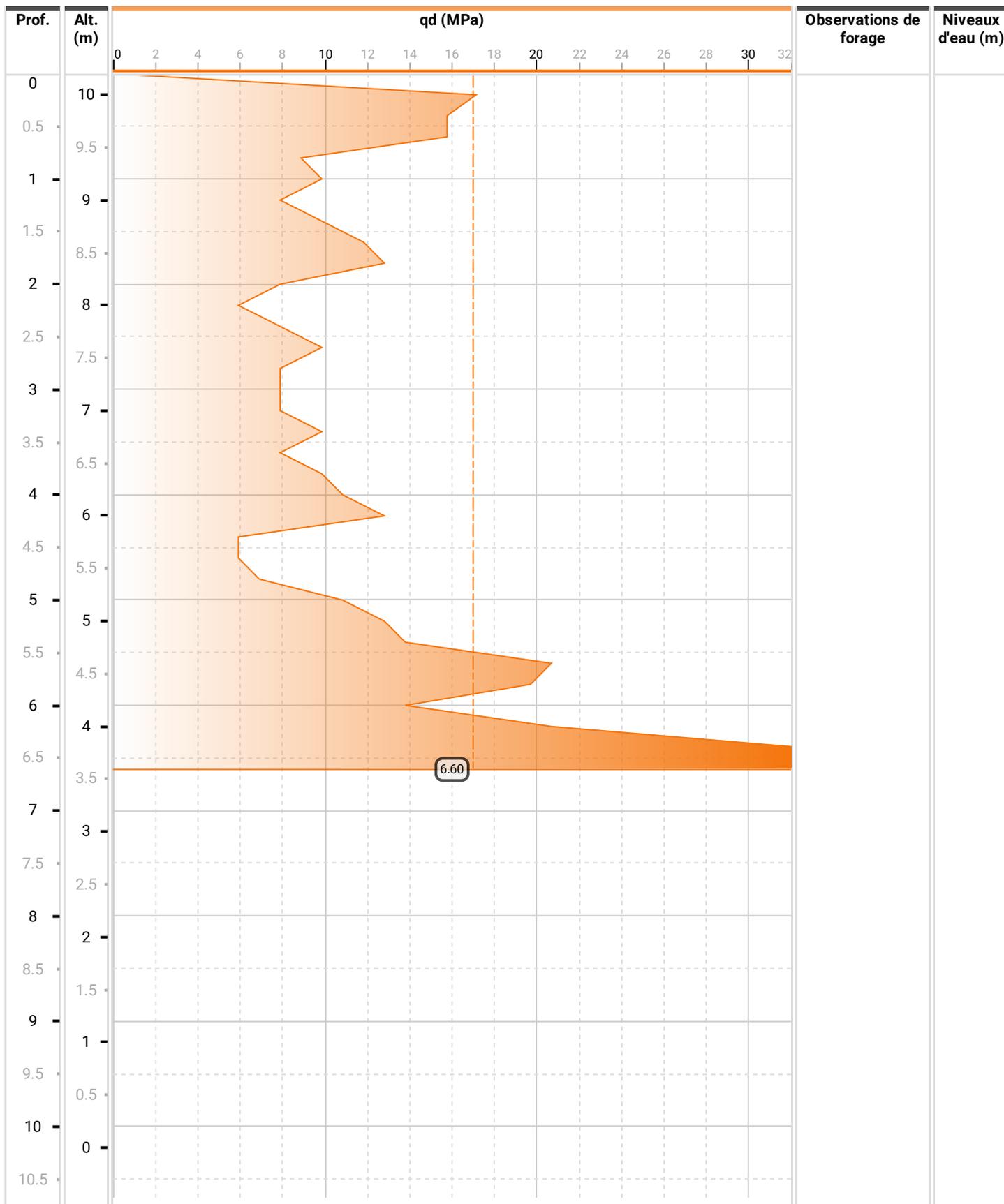




Forage
PD9
 Machine
 Pagani Pene Dyn
 Lourd

Paramètres de forage		
Date de début	Cote	X
17/05/2023	début	Y
Date de fin	0 m	Altitude NGF
17/05/2023	Cote fin	10.2 m
Durée de foration	6.6 m	

Dossier
 D23-2092 - 573 Rue des Combattants d'Afrique du Nord -
 FREJUS

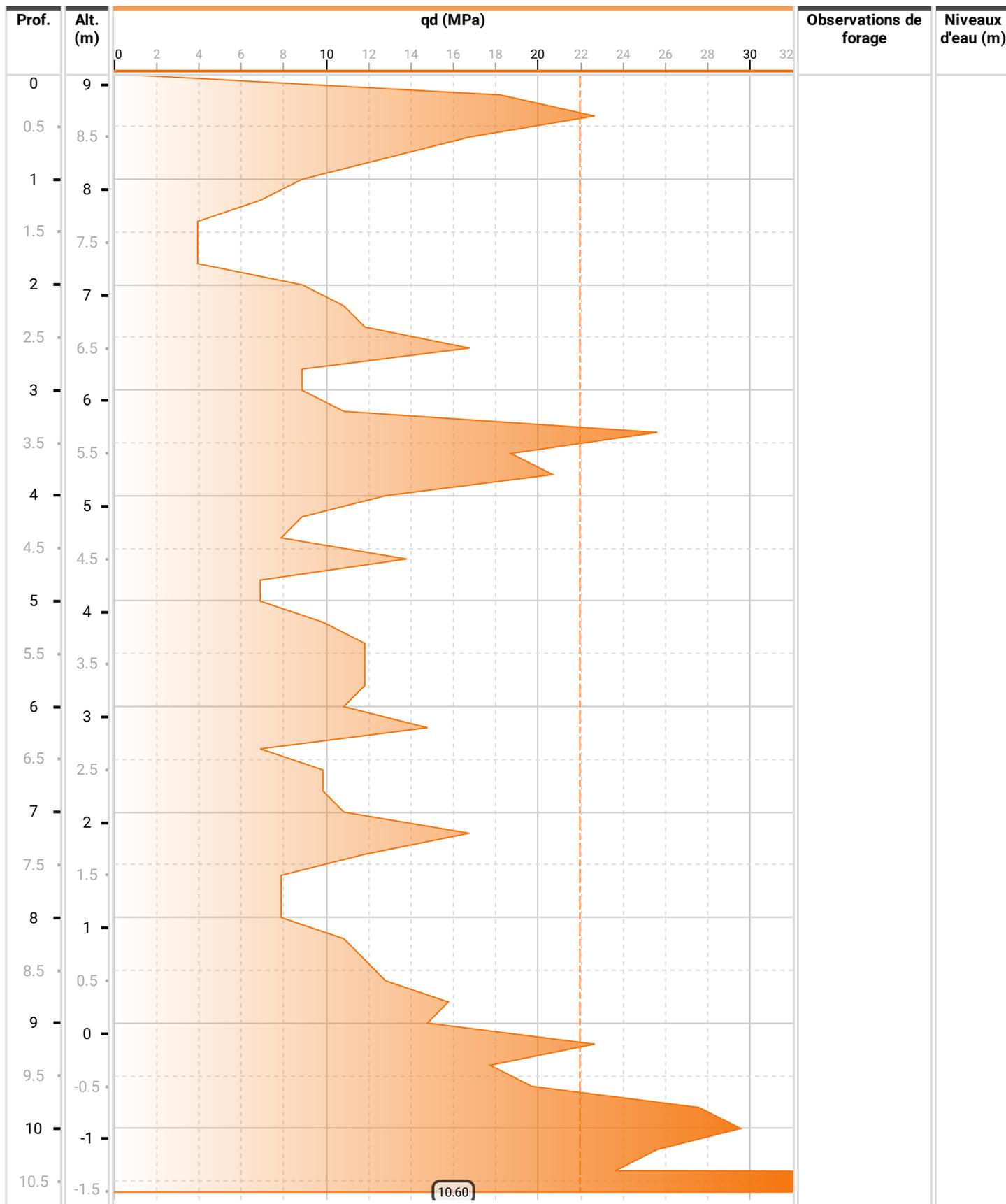




Forage
PD10
 Machine
 Pagani Pene Dyn
 Lourd

Paramètres de forage		
Date de début	Cote	X
17/05/2023	début	Y
Date de fin	0 m	Altitude NGF
17/05/2023	Cote fin	9.1 m
Durée de foration	10.6 m	

Dossier
 D23-2092 - 573 Rue des Combattants d'Afrique du Nord -
 FREJUS



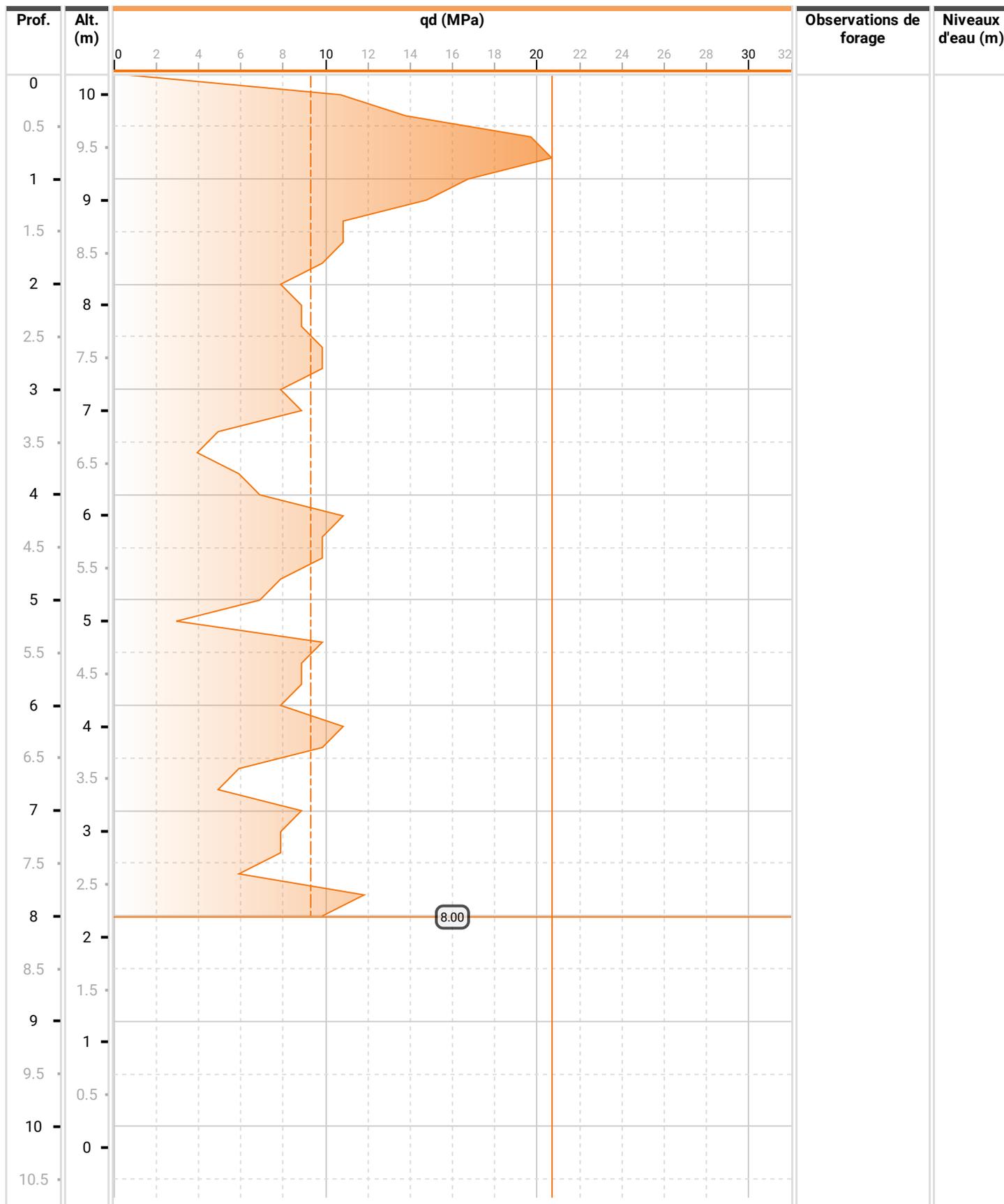
10.60



Forage
PD11
 Machine
 Pagani Pene Dyn
 Lourd

Paramètres de forage		
Date de début	Cote	X
17/05/2023	début	Y
Date de fin	0 m	Altitude NGF
17/05/2023	Cote fin	10.2 m
Durée de foration	8 m	

Dossier
 D23-2092 - 573 Rue des Combattants d'Afrique du Nord -
 FREJUS





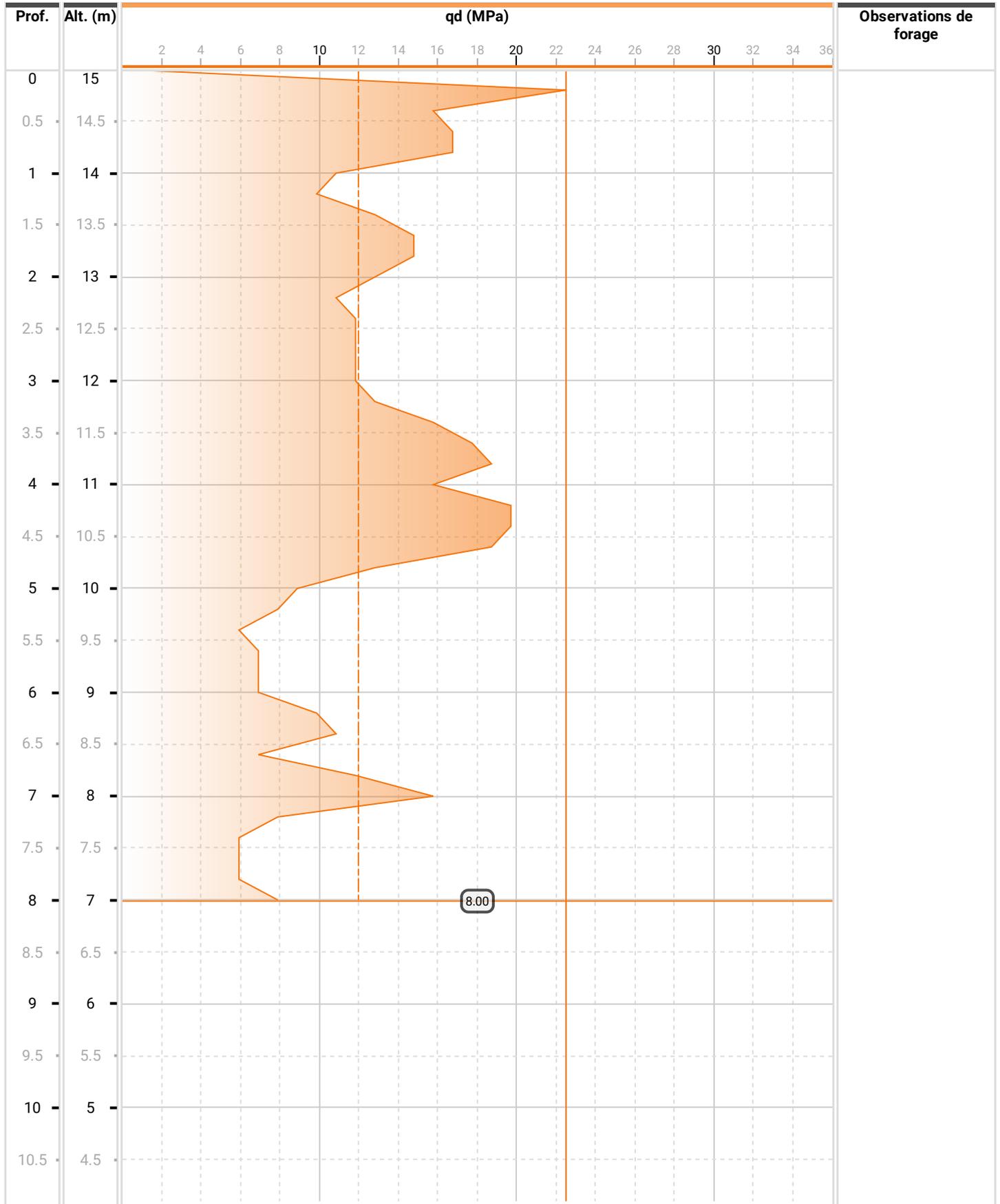
Dossier

D23-2092 - 573 Rue des Combattants d'Afrique du Nord - FREJUS

Forage
PD12
Machine

Paramètres de forage

Date de début	Cote début
17/05/2023	0 m
Date de fin	Cote fin
17/05/2023	8 m
Durée de foration	Altitude NGF
	15 m

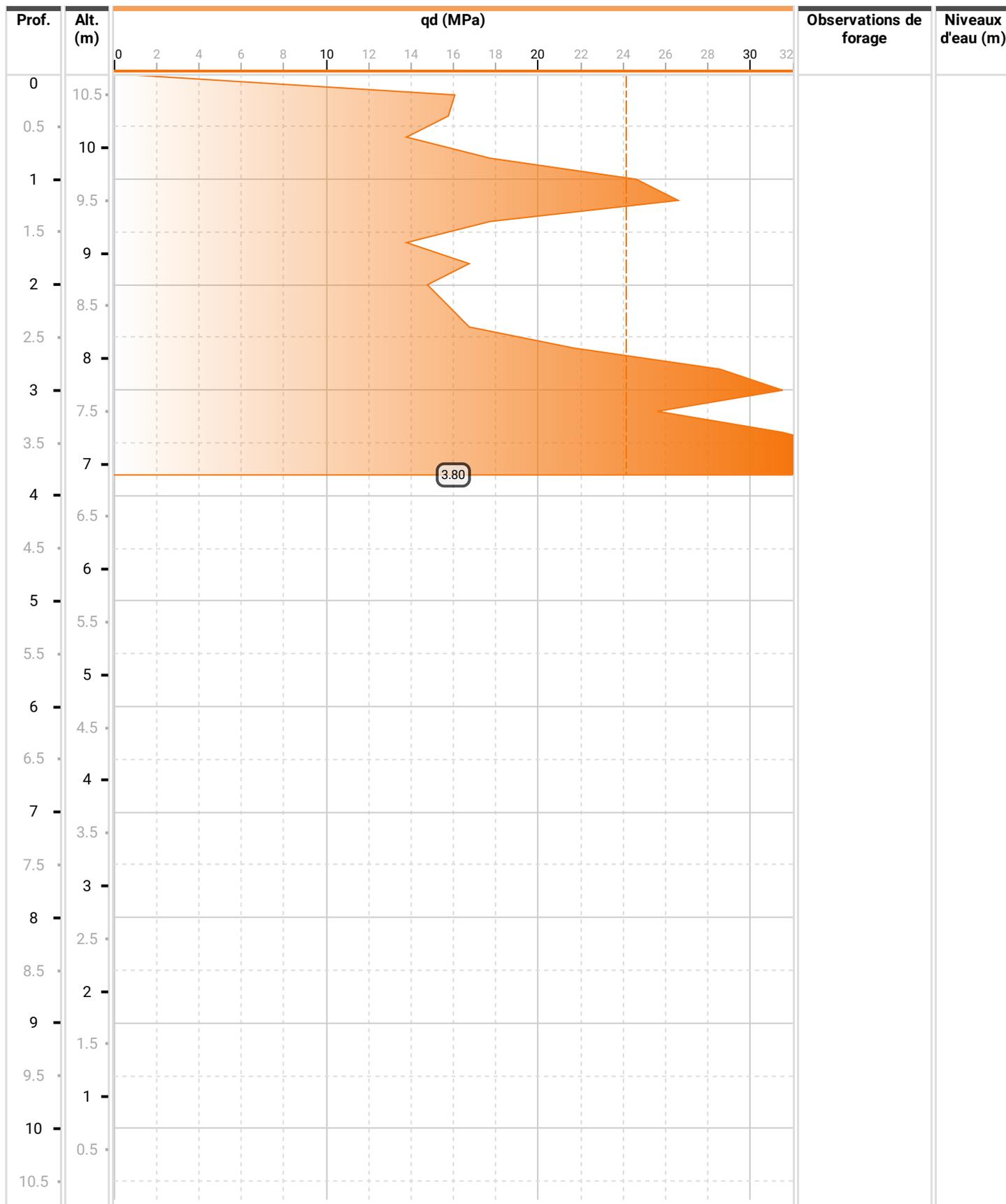




Forage
PD13
 Machine
 Pagani Pene Dyn
 Lourd

Paramètres de forage		
Date de début	Cote	X
17/05/2023	début	Y
Date de fin	0 m	Altitude NGF
17/05/2023	Cote fin	10.7 m
Durée de foration	3.8 m	

Dossier
 D23-2092 - 573 Rue des Combattants d'Afrique du Nord -
 FREJUS





Dossier

D23-2092 - 573 Rue des Combattants d'Afrique du Nord - FREJUS

Forage

FT1+Piézo

Machine

SOCO10

Outil de forage

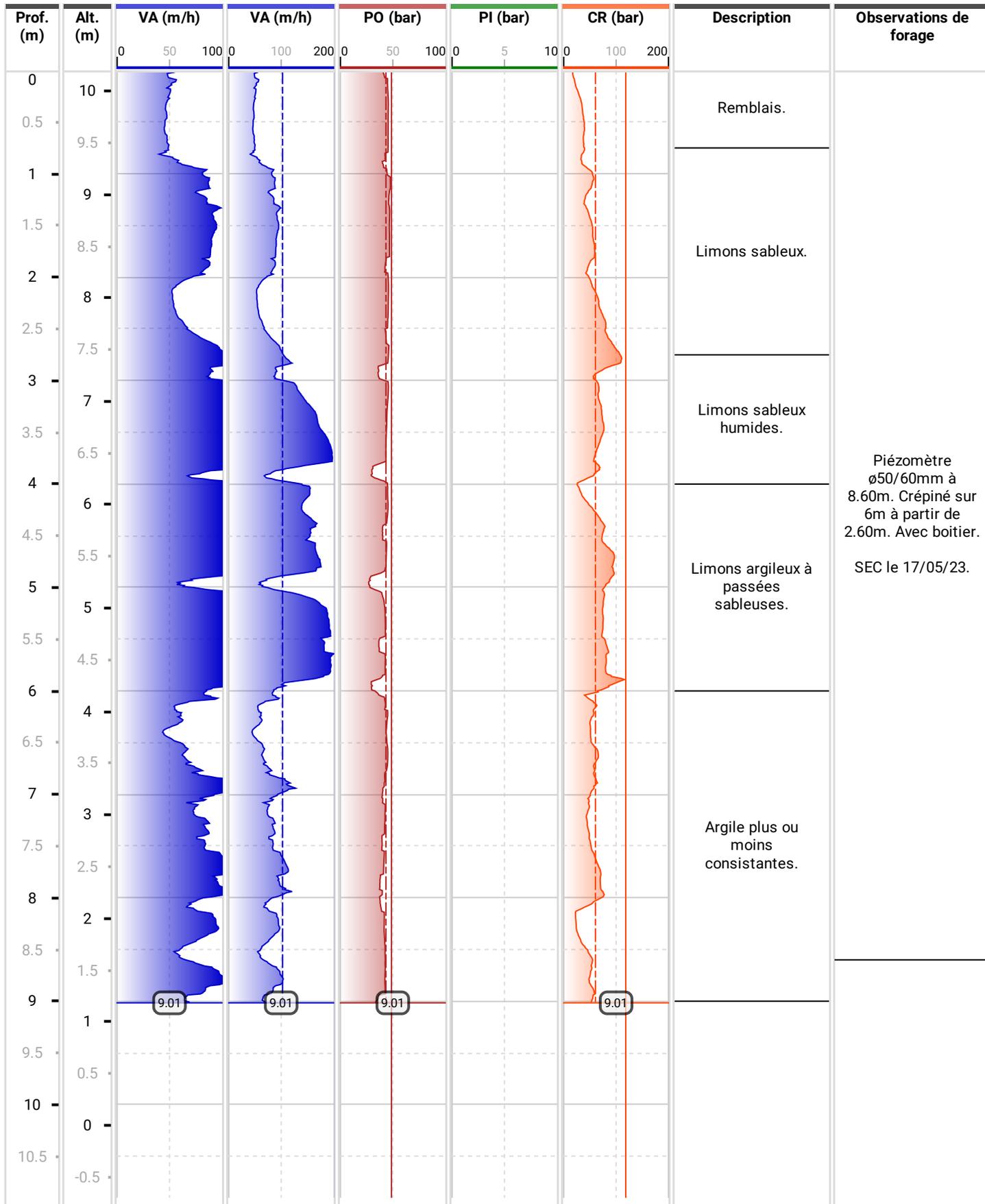
Tarière

Diamètre de l'outil

76 mm

Paramètres de forage

Date de début	Cote début	X
17/05/2023	0 m	Y
Date de fin	Cote fin	Altitude NGF
17/05/2023	9.01 m	10.2 m
Durée de foration	Longueur	
32 min 39 s	9.01 m	



Piezomètre ø50/60mm à 8.60m. Crépiné sur 6m à partir de 2.60m. Avec boîtier. SEC le 17/05/23.



SOL - ESSAIS
FRELUIS (83)

Opération SIGAUT
573, Rue des Combattants d'Afrique du Nord
Construction d'un ensemble immobilier

IMPLANTATION DES SONDAGES
N° : D23-2092 - Plan 1

Le 30 Mai 2023

SH

