



ANTIBES (06)  
145 chemin de la Constance  
Construction d'un ensemble immobilier

N° Affaire SOLB-D23-2221

RAPPORT D'ETUDE DE SOL

Mission : G2 AVP

AFF.	DATE	PHASE	IND.	Sujet Révision	Rédacteur	Vérif.
D23-2221	15/12/2023	G2 AVP	0	Diffusion	LHN/gd	RF

**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

<b>Agence Côte d'Azur</b> Les algorithmes – Le Thalès B 2000 Route des Lucioles 06410 BIOT SOPHIA ANTIPOLIS Tél. 04 26 03 07 00 – Email : nice@sol-essais.fr	<b>Siège social</b> <b>Adresse de facturation</b> 460 Avenue Jean Perrin 13851 AIX EN PROVENCE Tél : 04 42 39 74 85 – Email aix@sol-essais.fr	<b>Agence Rhône</b> 7 Rue des Maraîchers 69120 VAULX EN VELIN Tél : 07 78 32 47 55 – Email : lyon@sol-essais.fr
--	---	--



## TABLE DES MATIERES

I – PRESENTATION DE LA MISSION .....	3
I.1 – Présentation de la mission.....	3
I.2 – Localisation de la zone d'étude .....	3
I.3 – Consistance de la mission .....	4
II – RESULTATS.....	5
II.1 – Contexte géologique.....	5
II.2 – Sondages destructifs.....	5
II.3 – Synthèse géotechnique au stade G2 AVP .....	6
II.4 – Niveau d'eau.....	7
II.5 – Essais de laboratoire.....	8
III – CONCLUSIONS .....	9
III.1 – Fondations.....	9
III.2 – Terrassements .....	10
III.3 – Drainage .....	12
III.4 – Protection des sous-sols .....	13
III.5 – Règles parasismiques.....	13
IV – ANNEXES .....	14

I – PRESENTATION DE LA MISSION

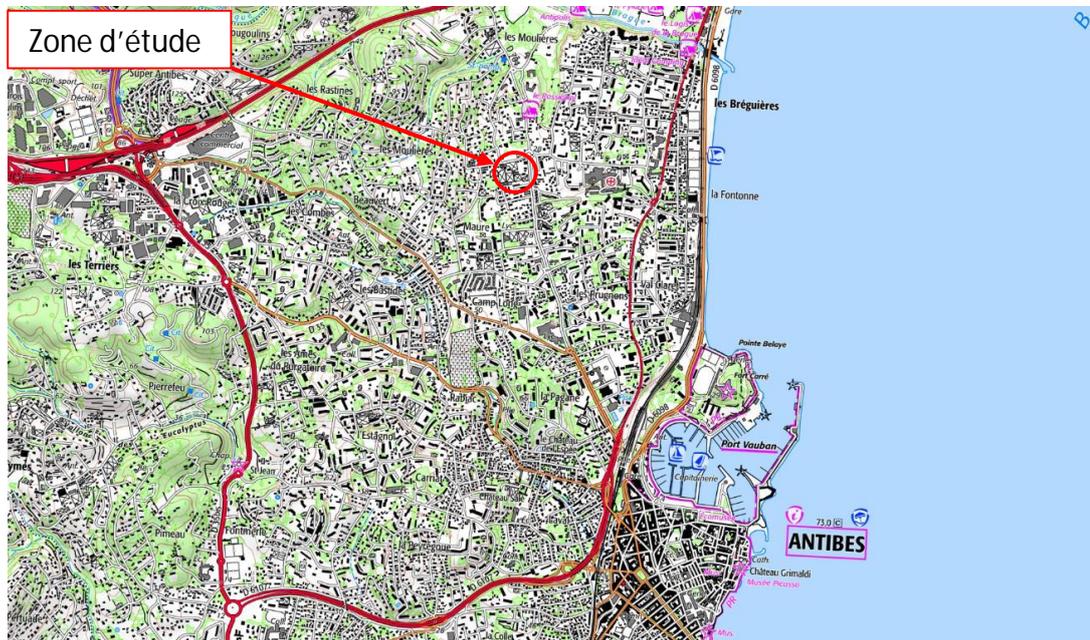
I.1 – Présentation de la mission

La société NEXITY a confié, à la société SOL-ESSAIS, la reconnaissance de sol et l'étude géotechnique destinées à orienter le choix des principes généraux de fondation d'un ensemble immobilier, dont l'édification est envisagée sur un terrain situé au 145 chemin de la Constance sur la commune d'ANTIBES (06).

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 réalisée en application de notre proposition technique et financière, référence SOLB-P23-2538 du 10/11/2023, validée par le maître d'ouvrage en date du 10/11/2023.

I.2 – Localisation de la zone d'étude



Source : geoportail.gouv.fr

## I.3 – Consistance de la mission

Concernant le projet, notre intervention a été basée sur la réalisation de :

- 4 forages destructifs, avec enregistrement continu des paramètres, descendus entre 10 et 15 m de profondeur.

Trois de ces forages ont permis l'exécution d'essais pressiométriques répartis dans les différentes couches traversées.

- 1 forage carotté de corrélation, descendu à 10 m de profondeur, permettant le prélèvement d'échantillons pour essais en laboratoire.

Les forages pressiométriques ont permis d'apprécier les qualités de compacité et d'homogénéité des terrains traversés et le forage carotté a permis d'en contrôler la nature.

Trois des forages précités ont été équipés, sur toute leur hauteur, avec un tube piézométrique crépiné permettant d'évaluer le niveau des circulations d'eau souterraines éventuelles.

## II – RESULTATS

On trouvera en annexe :

- Les graphiques des forages destructifs D23-2221 FP1 à FP3 ainsi que les résultats d'essais pressiométriques s'y rapportant
- Les graphiques du forage destructif D23-2221 FD1
- La coupe du forage carotté D23-2221 F1
- Un plan d'implantation des sondages D23-2221-1 sur fond de plan de masse.

Ces annexes sont indissociables du présent rapport.

Les cotes de départ des sondages ont été rattachées au niveau NGF

### II.1 – Contexte géologique

Le terrain, concerné par le projet, est situé dans une zone où des reconnaissances de sol voisines ont permis de mettre en évidence un substratum argileux, d'âge Pliocène, surmonté de produits colluvionnaires et d'altération et de remblais résultant de l'aménagement du terrain.

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

### II.2 – Sondages destructifs

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

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

- La vitesse instantanée d'avancement, graduée en 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 pression du fluide d'injection, graduée en bars ; ses variations traduisent la cohésion du matériau ; son augmentation correspond souvent à un faciès argileux ou marneux ;
- La pression sur l'outil (PO), graduée en bars, elle permet une analyse plus fine de la vitesse d'avancement ;
- Le couple de rotation (CR), gradué en bars ; il est également en relation avec la cohésion du matériau.

### ESSAIS PRESSIOMETRIQUES

- . La pression limite (PI) et la pression de fluage (Pf), graduées en MPa.
- . Le module pressiométrique (Em), gradué en MPa.

### II.3 – Synthèse géotechnique au stade G2 AVP

Au droit du forage carotté F1, sous un couvert de remblais limoneux à cailloutis, de l'ordre de 0.2 m d'épaisseur, les matériaux recoupés à proximité de la surface présentent une structure fine prédominante, à faciès d'argiles sableuses marron à beige-grisâtre.

Ces formations ont été reconnues jusqu'à la base du forage F1, interrompu à 10 m de profondeur.

Au droit des forages destructifs FD1, FP1, FP2 et FP3, on observe, depuis la surface, des vitesses d'avancement relativement rapides et irrégulières, avec des valeurs le plus souvent comprises entre 200 et 400 m/h, témoignant d'une compacité d'ensemble relativement faible.

On note toutefois quelques passages ponctuels marqués par des vitesses d'avancement plus lentes, avec des vitesses enregistrées avoisinant localement 100 m/h environ.

Les valeurs de pression limite, obtenues dans ce type de terrain, sont globalement comprises entre 0.6 et 1.25 MPa.

Les valeurs de modules pressiométriques sont comprises entre 3 et 20 MPa environ.

Cette formation a été recoupée jusqu'à 8 m de profondeur environ en FP2 et FP3 et jusqu'à près de 12 m de profondeur en FP1.

Au-delà de ces cotes, les forages destructifs mettent en évidence des vitesses d'avancement sensiblement plus faibles, atteignant cependant 100 à 150 m/h environ.

Les valeurs de pression limite associées sont de l'ordre de 1.0 à 2.2 MPa environ avec des modules pressiométriques de l'ordre de 9 à 29 MPa.

On notera toutefois, au droit de l'essai pressiométrique réalisé à 12 m de profondeur en FP2, des valeurs nettement plus faibles ( $P_l = 0.54$  MPa et  $E_m = 4.5$  MPa), pouvant traduire un passage caractérisé par des matériaux plus lâches à cette cote.

Ces formations ont été reconnues jusqu'à la base des sondages, respectivement interrompus à 10 m pour FP3 et à 15 m de profondeur pour FP1 et FP2.

## II.4 – Niveau d'eau

Des niveaux d'eau, non parfaitement stabilisés, ont pu être relevés en fin de campagne de sondages vers 1.48 m, 1.87 m et 2.37 m de profondeur, soit à des cotes de +28.42, +28.13 et +24.93 dans le système de référence, respectivement en F1, FD1 et FP3, équipés de tubes piézométriques.

Ces niveaux peuvent correspondre à la présence d'une nappe phréatique à faible profondeur dans le secteur, mais ont également pu être influencés par l'eau résiduelle, utilisée pour l'exécution des forages, qui se dissipe lentement dans des terrains globalement peu perméables, et il sera donc nécessaire d'effectuer des relevés complémentaires de l'évolution du niveau d'eau souterrain dans ce secteur.

A ce titre, un premier relevé, réalisé mi-décembre 2023, a permis de mesurer les niveaux piézométriques suivants :

Date	F1+Piézo		FD1+Piézo		FP3+Piézo	
	Prof. (m/TN)	Cote (NGF)	Prof. (m/TN)	Cote (NGF)	Prof. (m/TN)	Cote (NGF)
13/12/23	3.70	+26.20	3.08	+26.92	1.56	+25.74

Il est également possible que les terrains recoupés soient affectés de circulations d'eau anarchiques, plus ou moins importantes, et présentant même, au moins localement, un caractère permanent (source) dont seul le suivi piézométrique sur une longue période permettra d'apprécier le niveau et l'importance des fluctuations.

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

### II.5 – Essais de laboratoire

Les essais en laboratoire sont en cours et feront l'objet d'une diffusion ultérieure.

### III – CONCLUSIONS

Selon les indications qui nous ont été données, le projet comporte la construction de bâtiments de type R+2 à R+3 reposant sur 1 niveau de sous-sol partiel.

#### III.1 – Fondations

La réalisation du niveau de sous-sol implique des excavations de déblais estimées à environ 3 m.

Il apparaît que les matériaux recoupés à cette profondeur présenteront essentiellement un faciès argilo-sableux qui permet le choix d'un mode de fondation superficiel mais en limitant la contrainte admissible, pour le dimensionnement de ces fondations, à une valeur n'excédant pas 0,20 MPa (contrainte ELS), afin de tenir compte des rechutes locales de portance constatées, au prix d'un encastrement à pleine fouille sur au moins 0,50 m dans les couches en place.

L'hétérogénéité des terrains d'assise du projet, y compris en profondeur, impose cependant des préconisations particulières pour la conception de l'ensemble fondations/ossatures des constructions envisagées.

Il convient notamment de donner, à l'ensemble de ces ouvrages, une forte rigidité leur permettant d'encaisser un défaut local éventuel de portance ce qui imposera, après une étude spécifique par un ingénieur structure, de privilégier des semelles filantes entrecroisées, de forte inertie, traitées comme des poutres de raideur.

Dans cet esprit et compte tenu du caractère relativement « compressible » des matériaux recoupés par les sondages, il conviendra donc, dans les phases ultérieures du projet, de procéder à des calculs de tassements sous fondations une fois les descentes de charges du projet connues.

Ce point apparaît d'autant plus important dans la zone sans sous-sol, où le rattrapage du toit de couches de compacité équivalentes imposera un rattrapage en gros béton, jusqu'à 2 m de profondeur environ en FP3, et en tenant compte d'un effet moins favorable pour les tassements que pour les autres bâtiments (pas d'enlèvement de poids de terres excavées).

En cas d'incompatibilité des tassements obtenus avec le projet, notamment dans les secteurs les plus sollicités, une limitation des déformations prévisibles pourra, par exemple, être envisagée par l'intermédiaire d'un renforcement de sol par inclusions rigides.

Lors des travaux, on portera attention à toutes variations de faciès ou anomalies pouvant justifier des adaptations particulières.

Dans cet esprit, on s'attachera notamment à purger toutes les poches argileuses altérées qui pourraient subsister sous le futur fond de fouille.

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.

### III.2 – Terrassements

Le projet comporte des terrassements de déblais d'ampleur moyenne, de 3 m environ, qui seront entrepris dans des matériaux pouvant présenter une nature et une tenue irrégulières et vraisemblablement médiocres en présence de venues d'eau.

Si l'on dispose d'un recul suffisant et en période favorable, il peut être envisagé d'aménager les terrains de surface (argiles sableuses) selon une pente au plus égale à 3/2 (3 à l'horizontale), avec mise en place de protections superficielles, de type film polyane solidement ancré.

En cas d'instabilité, ou en cas de recul insuffisant, des dispositifs de blindage et d'étalement localisés, type voiles par passes, mais par petites parties avec reprise progressive des poussées dans les éléments d'infrastructure du bâtiment formant soutènement, ou même le recours à des soutènements plus élaborés, de type berlinois, pourront être nécessaires.

Les efforts de poussée et la stabilisation des soutènements, en phase provisoire, pourront être repris par des systèmes de butonnage interne ou de tirants d'ancrages si les tréfonds le permettent.

Cette méthodologie doit cependant faire l'objet d'un plan de terrassement préalable permettant de définir précisément les phasages de réalisation des terrassements et des soutènements afin d'assurer la reprise des efforts de poussées à l'avancement de manière rapide après exécution des travaux d'excavation.

Les venues d'eaux devront également être prises en compte dans la réalisation des terrassements et pourront nécessiter la réalisation de tranchées drainantes par exemple afin de les évacuer dans un exutoire adapté.

Il pourra même être nécessaire de prévoir la réalisation d'une enceinte étanche suivant le niveau de la nappe lors des terrassements.

Ce point devra impérativement être précisé lorsque le projet aura pris sa forme définitive et après exécution d'essais de creusement à la pelle par exemple.

Seul un suivi piézométrique, sur une longue période, permettra d'apprécier le niveau et l'importance des fluctuations éventuelles de niveaux d'eaux.

En première approche, nous suggérons d'attribuer aux principaux horizons recoupés les caractéristiques géomécaniques de masses moyennes suivantes :

- |  |   |
|--|---|
| - poids volumique humide                   | ≈ 19 kN/m <sup>3</sup>                              |
| - cohésion à court terme                   | ≈ 10 kPa en l'absence de venue d'eau d'infiltration |
| - cohésion à long terme                    | ≈ 5 kPa   |
| - angle de frottement interne à long terme | ≈ 28 à 30°  |

Ces caractéristiques correspondent à un comportement d'ensemble des terrains recoupés et pourront donc être modifiées ou adaptées en fonction des observations effectuées à l'avancement des travaux considérés comme des reconnaissances complémentaires.

On prévoira également une auscultation du comportement des ouvrages, conformément à la méthode observationnelle décrite à l'Eurocode n° 7.

Cette instrumentation pourra par exemple reposer sur la mise en place de suivi topographique de précision au niveau des talus et des éventuelles parois et des avoisinants, associé, le cas échéant, à une vérification de déformées des parois par auscultation inclinométrique.

En cas d'anomalies de comportement, le projet devra être adapté.

En phase définitive, les efforts de poussées seront repris par les éléments d'infrastructure des bâtiments formant soutènement.

Si le projet comporte des remblais d'aménagement d'épaisseur importante, et afin de ne pas compromettre la stabilité des couches de surface, on proscriera leur mise en œuvre par simple déversement au profit d'une mise en œuvre de matériaux nobles, de type classe R3 Li par exemple selon la norme GTR, par couches horizontales minces successives, soigneusement compactées à l'avancement, et contrôlées par des essais à la plaque.

Les critères de réception, pour des voiries à trafic normal, seront de l'ordre de :

- Rapport de module  $E_{V2}/E_{V1} \leq 2$
- Module  $E_{V2} \geq 50$  MPa
- Module de Westergaard  $> 50$  MPa/m

L'obtention de tels caractéristiques impose, notamment dans le cas d'aménagements superficiels de type voiries, un décapage systématique des remblais superficiels et l'interposition d'un filtre géotextile anti-contaminant de type Bidim à fort grammage.

Dans les zones de voiries et de remblais d'aménagement, il conviendra de s'assurer que les fonds de forme soient constitués d'éléments non-évolutifs.

### III.3 – Drainage

Ce point prend ici une importance prépondérante en fonction de la période où seront réalisés les travaux de terrassement.

Si ces derniers sont entrepris en période de nappe basse, on prévoira le captage et l'évacuation de l'ensemble des venues d'eau qui pourraient être rencontrées, notamment en période d'intempéries soutenues, au moyen de dispositifs drainants appropriés convenablement dimensionnés et pourvus d'exutoires suffisants implantés de manière non dangereuse pour le projet et pour le voisinage.

Si le projet conduit à recouper le niveau de la nappe, en période de Hautes Eaux ou de crues, il pourra être nécessaire d'effectuer un rabattement localisé et temporaire de la nappe au moyen de puits et pointes filtrantes régulièrement répartis sous l'emprise du projet, mais ces dispositifs nécessitent la réalisation préalable d'une enceinte périphérique continue (paroi moulée, pieux sécants...).

Ces travaux devront, en outre, faire l'objet d'une étude spécifique (modélisations hydrogéologiques) permettant d'en préciser la consistance exacte.

Il est également nécessaire de prévoir la mise en place d'un contrôle attentif, notamment au moyen d'un suivi piézométrique permettant de s'assurer de l'absence d'influence de ce rabattement sur le voisinage, complété par une vérification de l'absence d'entraînement de fines au moyen de bacs de décantation et d'une vérification de l'évolution du débit de pompage par débitmètres.

### III.4 – Protection des sous-sols

En phase définitive, la protection des sous-sols, concernés par le niveau de la nappe, sera effectuée par un dispositif d'étanchéité adapté.

Les éléments d'infrastructure concernés seront alors conçus pour résister aux efforts de sous-pressions hydrostatiques correspondant à leur niveau d'immersion.

Ces points devront impérativement être précisés par l'intermédiaire d'une étude hydraulique et hydrogéologique réalisés par un BET spécialisé.

### III.5 – Règles parasismiques

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

Biot, le 15 décembre 2023



Lionel Hennegraeve

IV – ANNEXES
--------------

- Graphiques des forages destructifs D23-2221 FP1 à FP3 ainsi que les résultats d'essais pressiométriques s'y rapportant
- Diagraphie du forage destructif D23-2221 FD1
- Coupe du forage carotté D23-2221 F1
- Plan d'implantation des sondages D23-2221-1 sur fond de plan de masse.

Ces annexes sont indissociables du présent rapport.



Dossier

D23-2221 - 145 Chemin de la Constance - ANTIBES

Forage

FP1

Machine

SOCO 6

Outil de forage

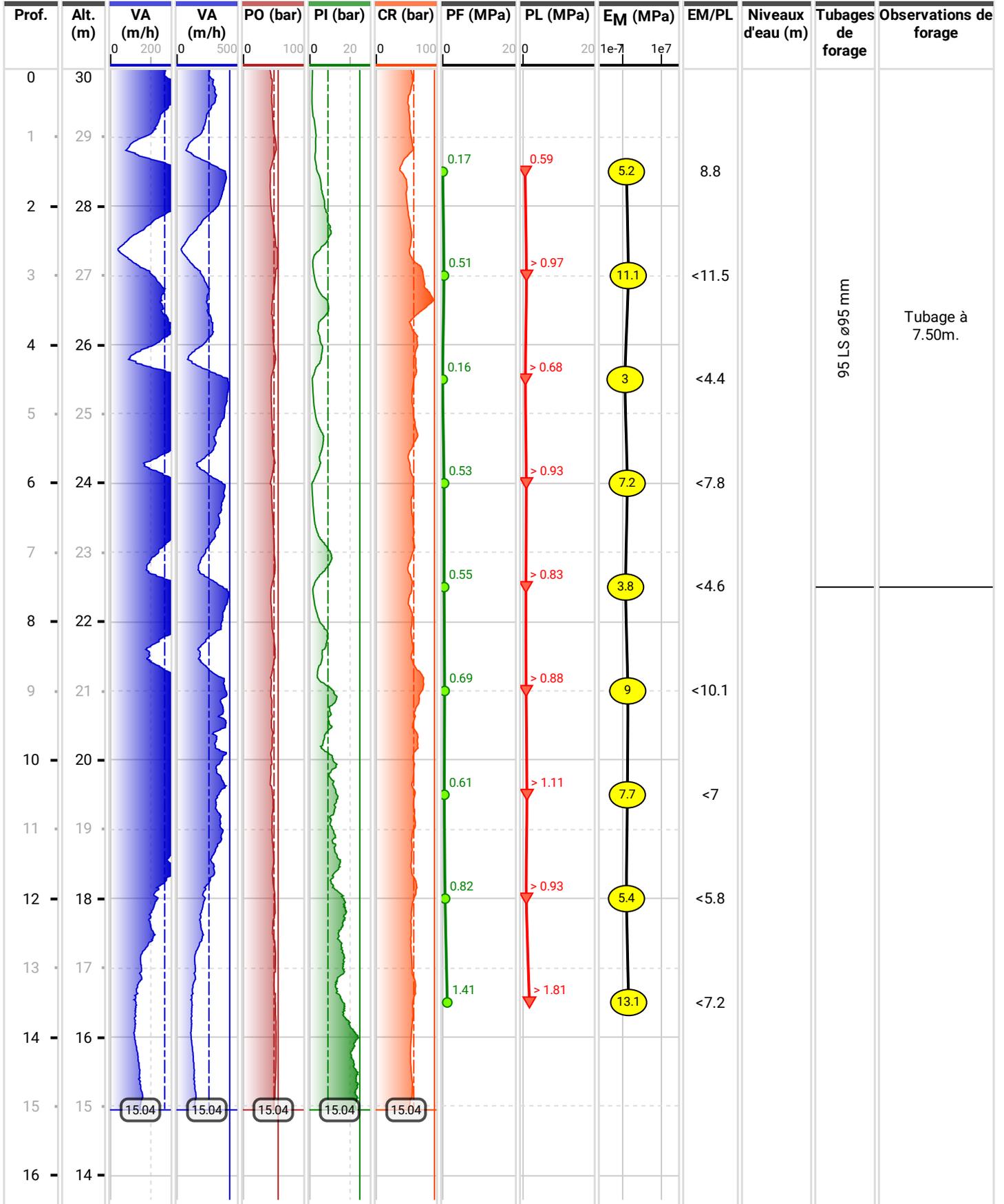
Tricône

Diamètre de l'outil

66 mm

**Paramètres de forage**

Date de début	Cote début	X
28/11/2023	0 m	Y
Date de fin	Cote fin	Altitude NGF
29/11/2023	15.04 m	30 m
Durée de foration	Longueur	
42 min 31 s	15.04 m	



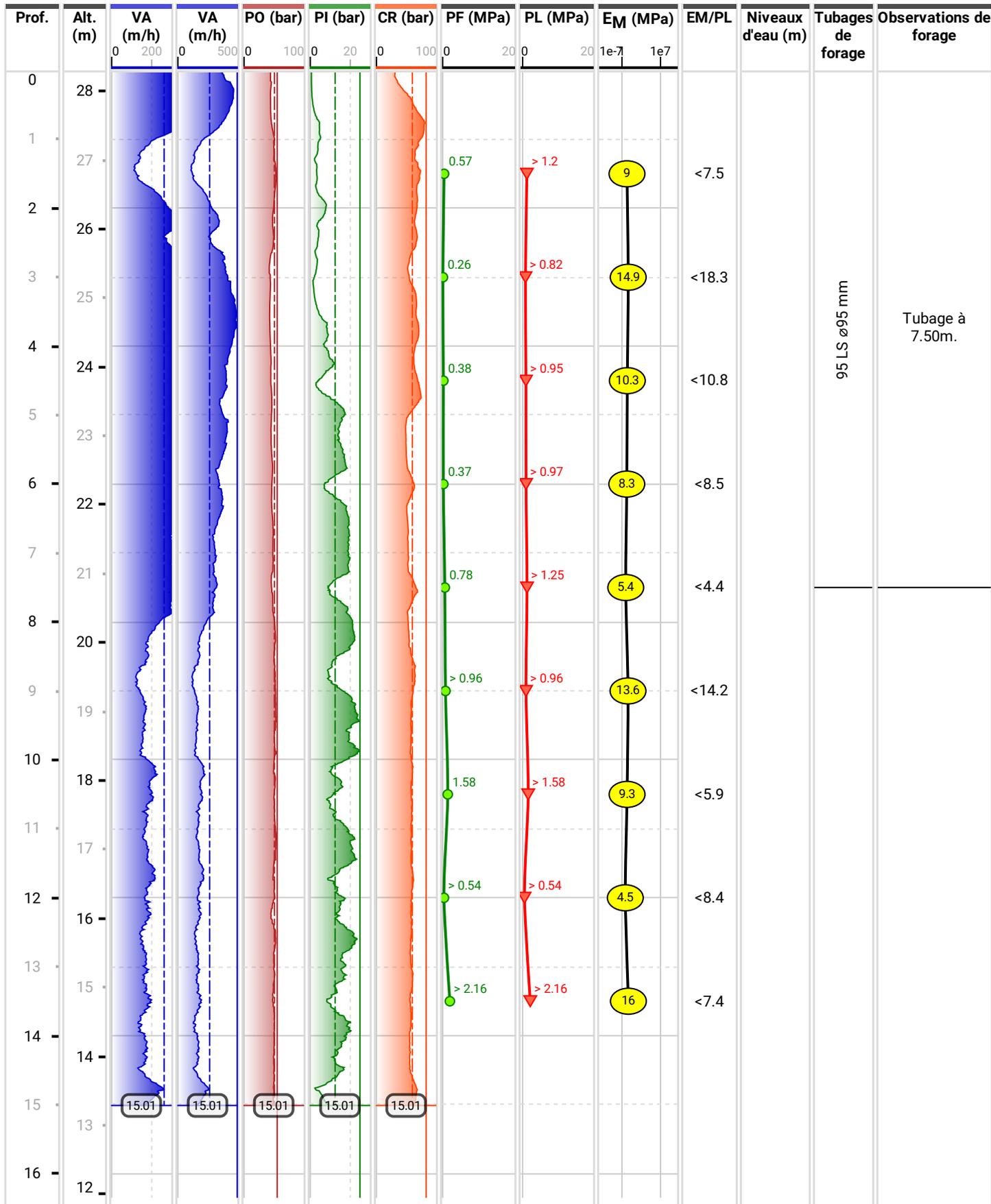


Forage  
**FP2**  
 Machine  
 SOCO 6  
 Outil de forage  
 Tricône  
 Diamètre de l'outil  
 66 mm

**Paramètres de forage**

Date de début	Cote début	X
30/11/2023	0 m	Y
Date de fin	Cote fin	Altitude NGF
04/12/2023	15.01 m	28.3 m
Durée de foration	Longueur	
26 min 37 s	15.01 m	

Dossier  
 D23-2221 - 145 Chemin de la Constance - ANTIBES





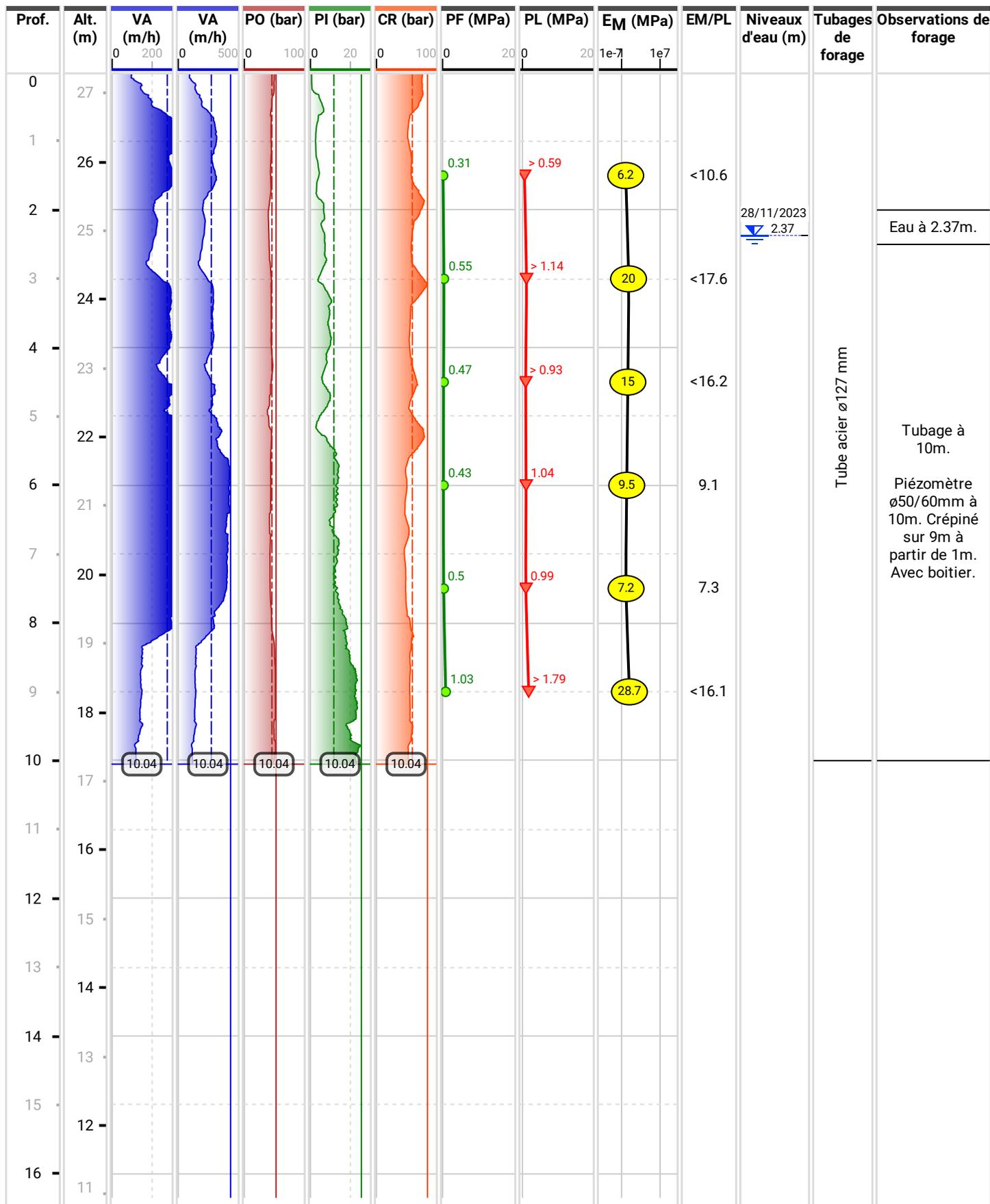
Forage  
**FP3+Piézo**  
 Machine  
 SOCO 6  
 Outil de forage  
 Tricône  
 Diamètre de l'outil  
 66 mm

### Paramètres de forage

Date de début	Cote début	X
27/11/2023	0 m	Y
Date de fin	Cote fin	Altitude NGF
27/11/2023	10.04 m	27.3 m
Durée de foration	Longueur	
3 min 58 s	10.04 m	

Dossier

D23-2221 - 145 Chemin de la Constance - ANTIBES





Dossier

D23-2221 - 145 Chemin de la Constance - ANTIBES

Forage

FD1+Piézo

Machine

SOCO 6

Outil de forage

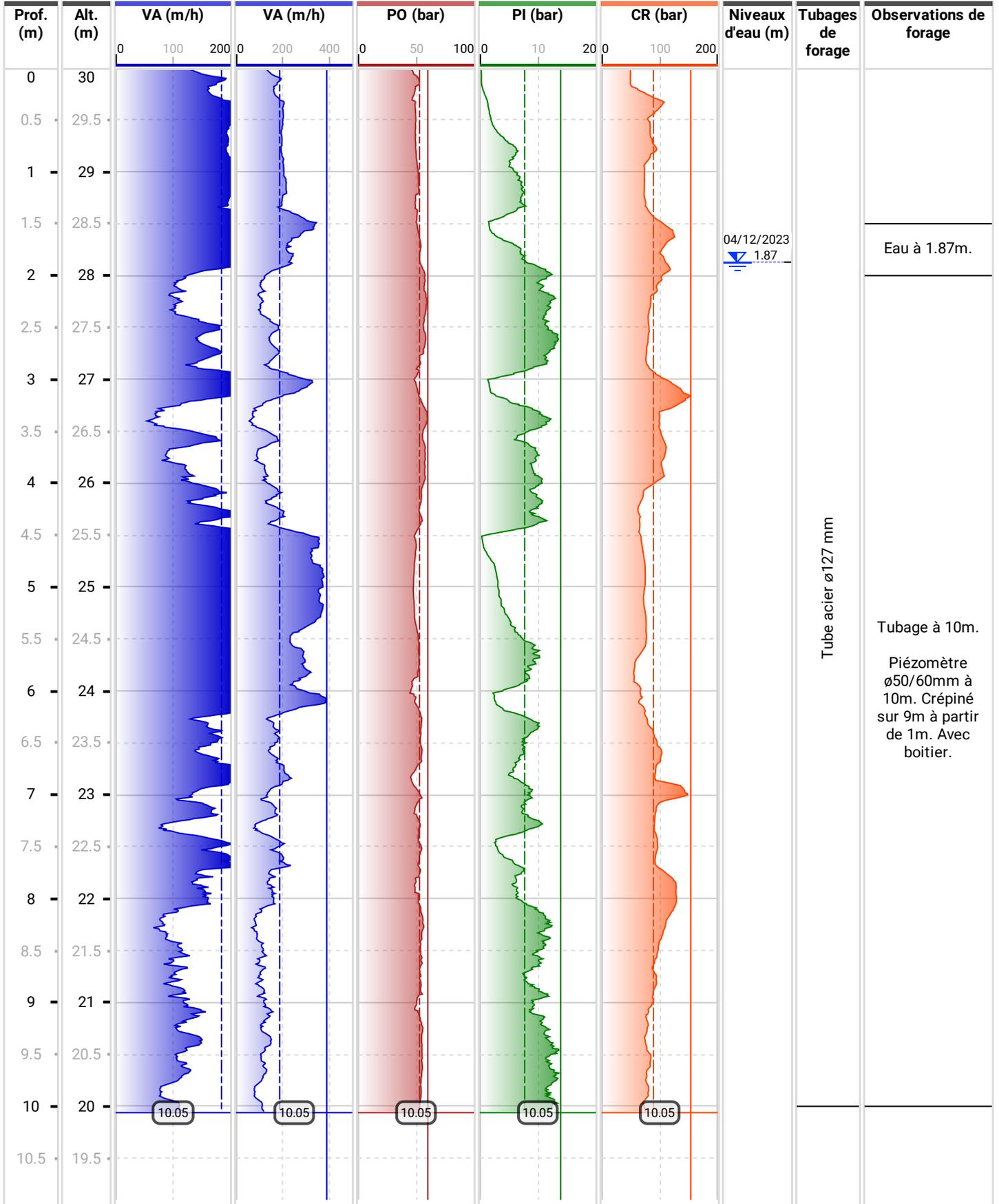
Tricône

Diamètre de l'outil

66 mm

**Paramètres de forage**

Date de début	Cote début	X
04/12/2023	0 m	Y
Date de fin	Cote fin	Altitude NGF
04/12/2023	10.05 m	30 m
Durée de foration	Longueur	
24 min 21 s	10.05 m	







ROND-POINT  
 DES 4 CHEMINS  
 Echelle : 1/750  
 Pour le format A3  
 20m

CHEMIN DE LA CONSTANCE

AVENUE JULES GREC

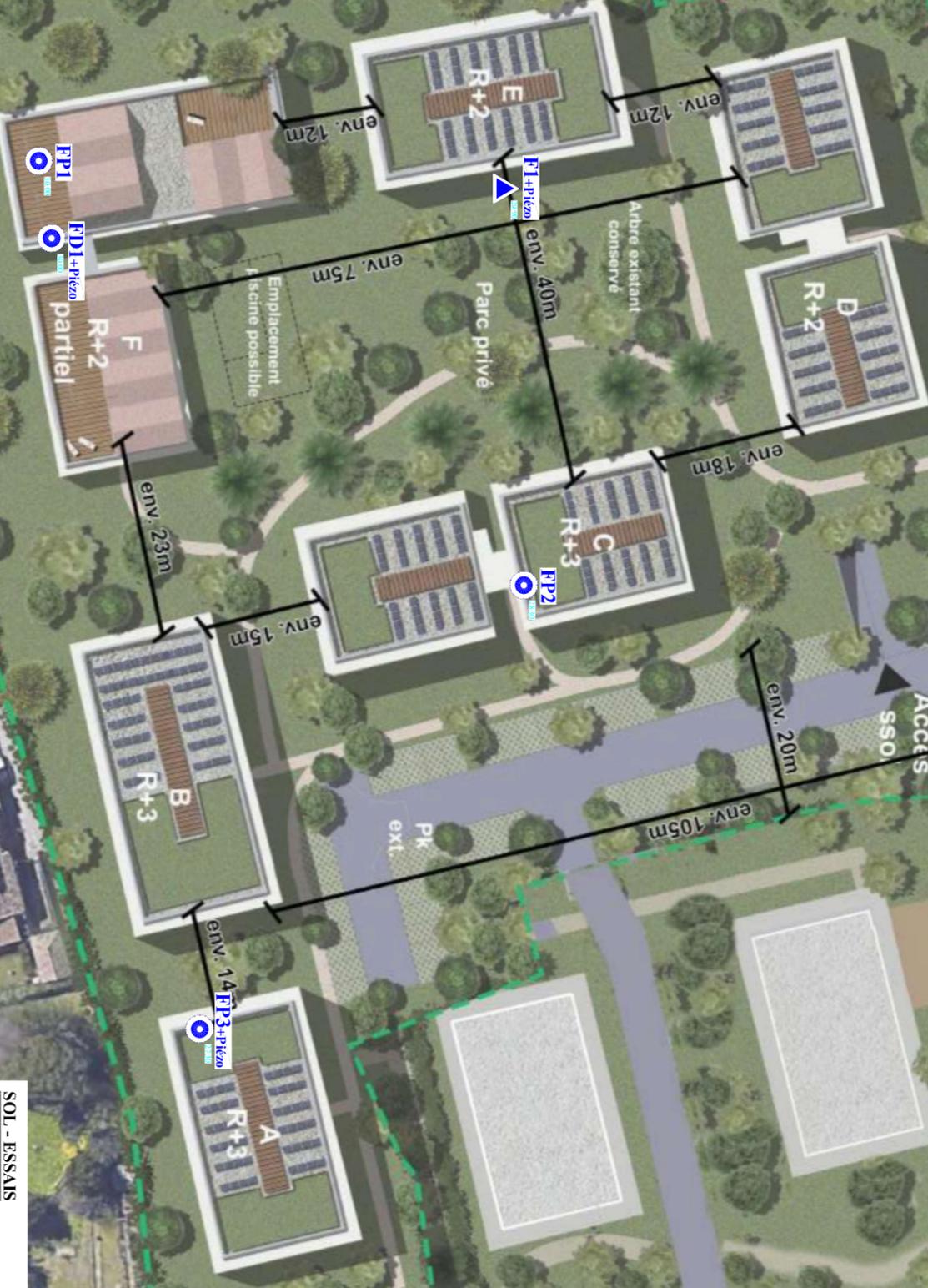
ACCÈS  
PIÉTONS

ACCÈS  
VÉHICULES

ACCÈS  
VÉHICULES

ACCÈS  
PIÉTONS

Projet Archigame  
Pc accordé



**SOL - ESSAIS**  
**ANTIBES (06)**  
 145 Chemin de la Constance  
 Construction d'un ensemble immobilier  
**IMPLANTATION DES SONDAGES**  
 N° : D23-2221 - Plan I  
 le 12 Décembre 2023

**SOLESSAIS**  
 Ingénierie & Services

SH