



**MOUGINS (06)**  
**ANGLE AVENUE DE TOURNAMY/  
AVENUE DE L'HUBAC  
LOT N°1**

**Projet de construction d'immeubles  
d'habitation, de logements, de sociaux  
collectifs, de commerces, de cinéma  
et d'un parking public**

49574

**RAPPORT D'ETUDE GEOTECHNIQUE**

**Mission : G2-AVP**

AFF.	DATE	PHASE	IND.	Sujet Révision	Rédacteur	Vérif.
49574	12/01/2018	R	O	Diffusion	RF/DG	FG
49574	26/01/2018	R	A	Prise en compte essais de laboratoire	RF/DG	FG

<b>Forages - Pénétrètres - Essais in situ - Laboratoire - Conseil en Mécanique des Sols</b> 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>Siège Social et adresse de facturation :</b> 460, avenue Jean Perrin 13851 AIX EN PROVENCE CEDEX 3 Tél. 04 42 39 74 85 – Fax 04 42 39 73 91 – e.mail : <a href="mailto:aix@sol-essais.fr">aix@sol-essais.fr</a>	<b>Agence Var :</b> 5 Rue des Rubis 83600 FREJUS Tél. 04 22 89 01 30 – Fax 04 22 89 01 31 e.mail : <a href="mailto:frejus@sol-essais.fr">frejus@sol-essais.fr</a>	<b>Agence Côte d'Azur :</b> Les Algorithmes-Thalès B-2000 route des Lucioles 06410 BIOT SOPHIA ANTIPOLIS Tél. 04 28 03 07 00 – Fax 04 93 33 21 36 - e.mail : <a href="mailto:nice@sol-essais.fr">nice@sol-essais.fr</a>





TABLE DES MATIERES

**I – PRESENTATION DE LA MISSION ..... 3**  
    **I.1 – Présentation de la mission..... 3**  
    **I.2 – Consistance de la reconnaissance ..... 3**  
    **I.3 – Mission selon la norme NF P 94-500..... 4**  
**II – RESULTATS..... 4**  
    **II.1 – Essais de pénétration statique lourde à pointe électrique ..... 4**  
    **II.2 – Contexte géologique et géotechnique..... 5**  
**III – CONCLUSIONS..... 11**  
    **III.1 – Fondations ..... 11**  
    **III.2 – Terrassements ..... 13**  
    **III.3 – Rabattement de la nappe ..... 15**  
    **III.4 – Protection des sous-sols ..... 16**  
    **III.5 – Règles parasismiques..... 16**  
    **III.6 – Risques naturels ..... 16**  
**IV – ANNEXES ..... 17**

## I – PRESENTATION DE LA MISSION

### I.1 – Présentation de la mission

La SNC COGEDIM MEDITERRANEE 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 le lot n°1 des terrains situés à l'angle de l'avenue de Tournamy et de l'avenue de l'Hubac à Mougins.

Cette étude prend également en compte les aléas géologiques recensés par le document de référence Plan de Prévention des Risques Naturels, applicable à la commune de Mougins.

### I.2 – Consistance de la reconnaissance

En fonction des possibilités d'accès actuelles sur le terrain, en partie occupé par des constructions existantes, notre intervention a comporté :

- 9 essais de pénétration statique lourde, descendus à des profondeurs comprises entre 0,60 m en P3 et 15,40 m environ en P2,
- 2 forages carottés de corrélation, descendus vers 15,00 m de profondeur.

Les essais de pénétration statique lourde ont permis d'apprécier en continu les qualités de compacité et d'homogénéité des terrains recoupés conduisant, en fonction des refus prématurés obtenus respectivement vers 0,60 m de profondeur en P3 et 0,80 m de profondeur environ en P6, à reprendre ces sondages à proximité immédiate permettant ainsi d'atteindre des profondeurs sensiblement plus importantes, de l'ordre de 15,40 m environ en P3bis et 11,20 m en P6bis.

Les forages carottés ont permis la reconnaissance visuelle des terrains traversés et le prélèvement d'échantillons intacts respectivement vers 5,20 m et 7,20 m de profondeur en F1, et vers 5,90 m et 7 m de profondeur en F2.

Des essais en laboratoire ont pu être réalisés sur ces échantillons en vue d'apprécier les caractéristiques physiques et mécaniques des matériaux testés.

Les deux forages carottés ont enfin été équipés, sur toute leur hauteur, avec des tubes piézométriques crépinés permettant l'appréciation du niveau des circulations d'eau souterraines.



Notre intervention a été réalisée sur la base de notre proposition technique et financière référence D170822481 du 09/08/17, validée par lettre de commande du maître d'ouvrage en date du 28/08/17.

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

L'ensemble de ces investigations, et le présent rapport d'étude géotechnique, s'inscrivent dans le cadre d'une mission de type G2-AVP selon la norme NF P 94-500 du 05 juin 2000, révisée en 30 Novembre 2013.

## II – RESULTATS

On trouvera en annexe :

- les graphiques de pénétration statique lourde 49574-P1 à P9 ;
- les coupes de forages carottés 49574-F1 et F2 ;
- les résultats d'essais de laboratoire se rapportant aux échantillons testés ;
- un plan d'implantation des sondages 49574-1 sur fond de plan de masse.

A

Les cotes de départ des différents sondages ont été rattachées au nivellement du plan de géomètre qui nous a été communiqué, au moyen d'une base de nivellement indiquée sur le plan.

### II.1 – Essais de pénétration statique lourde à pointe électrique

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.

## II.2 – Contexte géologique et géotechnique

D'une manière générale, le terrain concerné par le projet est situé dans une zone géologiquement assez complexe et normalement caractérisée par la présence d'un substratum calcaro-dolomitique ou marno-gypseux du Trias, mais ces formations sont le plus souvent surmontées par des épaisseurs assez importantes de dépôts colluvionnaires et d'altération, ainsi que par d'éventuels remblais superficiels correspondant à l'aménagement du site.

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

Au droit des forages carottés F1 et F2, on constate en effet la présence de matériaux superficiels de type remblais argilo-caillouteux, détectés jusqu'à 0,80 m de profondeur au moins en F2 et 1 m environ en F1.

Au droit de ce sondage carotté, on constate même la présence d'une dalle béton d'une épaisseur de 0,10 m en surface.

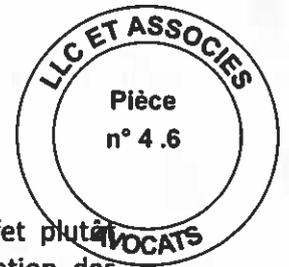
En F2, les matériaux argilo-caillouteux assez plastiques, identifiés jusqu'à 1,60 m de profondeur, peuvent encore correspondre à des remblais d'aménagement car la distinction entre les matériaux en place présentant souvent un faciès argileux et de tels remblais s'avère particulièrement difficile à effectuer.

Au-delà de ces formations superficielles, les forages carottés traduisent ensuite la présence de dépôts à structure fine prédominante présentant un faciès de limons argileux souvent peu consistant et très plastique, de couleur brunâtre à beige-crème, entrecoupés par quelques rares passages de granulométrie plus grossière.

Ces formations, de compacité apparente limitée, semblent présenter une épaisseur relativement faible en F1, mais ont pu être identifiées jusqu'à 3 m de profondeur environ en F2.

On y relève localement la présence de quelques traces brun-noirâtre pouvant correspondre à d'anciens niveaux de terre végétale.

Ces différentes formations proches de la surface (remblais et matériaux argileux plastiques et peu consistants) apparaissent caractérisées par des résistances de pointe irrégulières mais souvent très faibles au niveau des essais de pénétration statique lourde qui ont pu être réalisés sur le terrain.



Dans ce type de matériau, les efforts de pointe mesurés sont en effet plutôt compris entre 1 et 2 MPa seulement ainsi qu'en témoigne l'observation des graphiques d'essais notamment jusqu'à 3 m de profondeur environ en P1 et P3bis, 2 m environ en P2, P6bis et P7, et jusqu'à des profondeurs de l'ordre de 1 m à 1,50 m environ au niveau des autres sondages.

Dans certaines zones, la présence d'éléments de granulométrie particulièrement grossière à proximité de la surface (blocs ou ouvrages anciens enterrés) provoque localement des refus prématurés, comme par exemple vers 0,60 m de profondeur environ en P3 et 0,80 m de profondeur environ en P6.

De même, certains essais s'accompagnent localement d'importantes augmentations de résistance de pointe à proximité de la surface témoignant de la structure vraisemblablement caillouteuse des horizons superficiels (sondage P5 sur une épaisseur d'environ 1 m, et sondage P4 entre 1,50 m et 2 m de profondeur notamment).

Au-delà de ces formations de qualités mécaniques irrégulières et le plus souvent assez faibles, les essais de pénétration statique lourde semblent mettre en évidence des horizons sensiblement plus homogènes et de compacité moyenne, caractérisés par des efforts de pointe le plus souvent compris entre 2 et 3 MPa environ.

Ces formations semblent pouvoir être rattachées aux couches argileuses de couleur beige-crème à grisâtre, identifiées à partir de 1 m de profondeur environ en F1 et seulement 3 m de profondeur environ en F2.

Ces matériaux, de compacité apparente moyenne, sont localement entrecoupés de zones plus pulvérulentes (faciès sableux), conduisant à des récupérations parfois difficiles en carottage.

A l'inverse, quelques passages de granulométrie plus grossière, identifiés notamment vers 4 m de profondeur environ en F1, s'accompagnent en pénétration statique lourde d'une augmentation localisée mais non négligeable de la résistance de pointe comme par exemple entre 3,50 m et 5 m de profondeur environ, puis entre 6,50 m et 9 m en P1, ainsi qu'entre 4 et 5,50 m de profondeur environ en P3bis.

De tels passages semblent également détectés entre 2 et 3 m de profondeur environ en P7, ainsi que de manière plus limitée vers 4,50 m et 5,50 m de profondeur en P9, et entre 5,50 m et 6 m de profondeur en P6bis.



Dans certaines zones, les passées caillouteuses sont même prédominantes notamment en profondeur, conduisant à l'interruption de certains essais par augmentation de la résistance de pointe (voir graphique du sondage P7 où un refus est obtenu vers 7,40 m de profondeur, ainsi qu'en P5 avec un refus obtenu vers 6 m de profondeur).

De même, l'essai P1 traduit la présence d'une couche de granulométrie très grossière à partir de 6,50 m de profondeur, conduisant à l'interruption de cet essai vers 9,30 m de profondeur.

Ces passages caillouteux n'apparaissent pas de manière aussi nette au droit des forages carottés F1 et F2, qui semblent essentiellement révéler la présence, jusqu'à 15 m de profondeur, de matériaux argileux à argilo-sableux, localement plus marneux à partir de 9,20 m de profondeur en F1.

Des échantillons intacts ont pu être prélevés dans ces horizons à structure fine prédominante en vue de l'exécution d'essais d'identification et de cisaillement en laboratoire dont les résultats sont les suivants :

En F1 :

- vers 5,20 de profondeur :

- densité = 1,96
- teneur en eau = 28,4 %
- limite de liquidité = 68 %
- indice de plasticité = 42 % (classe A4 : sols argileux plastiques)
- cohésion non drainée = 0,051 MPa
- cohésion drainée = 0,025 MPa
- angle de frottement non drainé = 12°
- angle de frottement drainé = 21°

- vers 7,20 de profondeur :

- densité = 1,95
- teneur en eau = 29,2 %
- cohésion non drainée = 0,04 MPa
- cohésion drainée = 0,024 MPa
- angle de frottement non drainé = 13°
- angle de frottement drainé = 23°

A

A

En F2 :

- vers 5,90 de profondeur :

- densité = 2,25
- teneur en eau = 13,2 %
- angle de frottement drainé = 23°

- vers 7 de profondeur :

- densité = 2,18
- teneur en eau = 16,4 %
- cohésion drainée = 0,02 MPa

Ces paramètres caractérisent bien le faciès argileux prédominant des matériaux testés, localement plus caillouteux vers 6 m en F2.

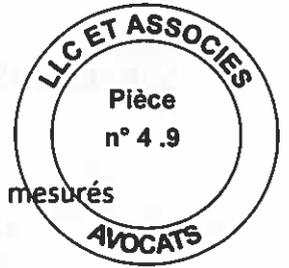
Dans les couches à dominante argileuse, les efforts de pointe mesurés sont en général de l'ordre de 2 à 3 MPa seulement, avec des valeurs localement plus faibles correspondant à la compacité limitée de certaines passées fines, notamment entre 8 et 13 m de profondeur en P3bis où les résistances de pointe n'excèdent pas 2 MPa au maximum, ainsi qu'au-delà de 11 m de profondeur environ en P2 même si les efforts de pointe mesurés en profondeur au droit de ce sondage apparaissent souvent irréguliers en fonction de la présence d'éléments sableux ou sablo-graveleux.

Les essais P2, P4, P6bis, P8 et P9 ont été respectivement interrompus vers 15,40 m, 10,85 m, 11,20 m, 10,90 m et 9,60 m de profondeur au sein des matériaux argileux décrits ci-dessus.

On y relève cependant la présence locale, notamment à partir de 9 m de profondeur en P8 et sur toute la hauteur du sondage P9, de passées graveleuses provoquant des augmentations localisées de l'effort de pointe.

Enfin, l'essai P3 a été prolongé jusqu'à 15,40 m de profondeur environ et interrompu à ce niveau en raison d'une augmentation assez nette de la résistance de pointe correspondant à la rencontre de matériaux à structure plus grossière qui semblent identifiés à partir de 14 m de profondeur environ au droit de cet essai.

Des niveaux d'eau, non parfaitement stabilisés, ont cependant pu être relevés dans certains trous de pénétromètre statique immédiatement après extraction des trains de tige et avant éboulement des sondages, ainsi que dans les 2 tubes piézométriques installés en F1 et F2.



Dans le détail et en fin de campagne, les niveaux d'eau mesurés d'eau mesurés sont les suivants :

- en P1 : niveau d'eau mesuré vers 1,80 m de profondeur,  
. soit + 143.05 dans le système de référence,
- en P4 : niveau d'eau mesuré vers 1,95 m de profondeur environ,  
. soit + 138.10 dans le système de référence,
- en P7 : niveau d'eau mesuré vers 6,05 m de profondeur environ,  
. soit + 133.70 dans le système de référence,
- en F1 : niveau d'eau mesuré vers 5,40 m de profondeur environ,  
. soit + 134.10 dans le système de référence,
- et en F2 : niveau d'eau mesuré vers 1,70 m de profondeur environ,  
. soit + 142.80 dans le système de référence.

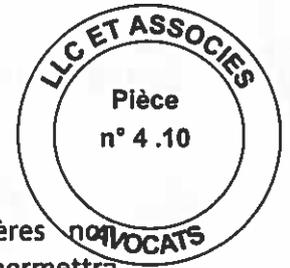
Ces niveaux, particulièrement irréguliers, semblent traduire la présence de circulations d'eau souterraines s'effectuant de manière irrégulière au sein des différentes couches recoupées, potentiellement alimentées par des venues d'eau s'effectuant par l'intermédiaire des couches les plus perméables, de granulométrie grossière par exemple, mais affectées d'un gradient d'écoulement significatif en direction de l'avenue de Tournamy.

Dans cette zone, les niveaux d'eau moyens mesurés sont en effet plutôt situés vers + 134.00 environ dans le système de référence, alors que les niveaux d'eau mesurés notamment en P1 et F2 sont plutôt situés vers + 143.00 dans le système de référence.

Dans la partie Nord-Est du terrain, le sondage P4 semble identifié le niveau des circulations d'eau souterraines vers + 138.00 environ dans le même système de référence.

Dans la mesure où les niveaux d'eau ont été relevés à la fin d'une longue saison sèche, il conviendra à notre sens, notamment dans le cadre d'un suivi piézométrique de longue durée, de préciser les niveaux de stabilisation et de fluctuation probable des niveaux d'eau souterrains selon les zones.

Les venues d'eau s'effectuent de manière lente dans les matériaux souvent argileux de ce secteur, mais il convient à notre sens de considérer les différentes mesures piézométriques disponibles comme représentative d'une nappe de fond de vallon en écoulement au sein des différentes couches recoupées par les sondages.



Le toit de cette nappe est susceptible de fluctuations saisonnières non négligeables que seul un suivi piézométrique de longue durée permettra d'apprécier avec précisions.

A ce stade, il semble cependant prudent de majorer les niveaux actuellement relevés de 1 m au moins pour tenir compte d'un niveau de Hautes Eaux.

### III – CONCLUSIONS

Selon les éléments d'information qui nous ont été communiqués (plan de masse et coupe), il apparaît que le projet comporte la construction d'un ensemble de bâtiments allant de R+2 à R+4, reposant sur 1 à 2 niveaux de sous-sols selon les zones.

#### III.1 – Fondations

L'adaptation au sol du projet doit donc comporter, selon les secteurs, une excavation de déblais dont l'ampleur sera comprise entre 2 à 2,50 m environ dans le secteur des sondages P4, P5, P6bis, P7, P8, P9 et F1, et 6 à 7 m environ dans le secteur des sondages P1, P2, P3bis et F2.

A ces profondeurs, les terrains recouperont, notamment dans la majeure partie des zones où les excavations de déblais sont importantes, des horizons à faciès argileux à argilo-sableux, localement plus caillouteux.

Les fondations devront donc être partout établies dans ce type de matériau afin de conserver une assise la plus homogène possible, afin de limiter les risques de tassements absolus et différentiels résultant de l'assez forte hétérogénéité et des qualités mécaniques au moins localement médiocres des terrains sous-jacents.

Dans le détail, le toit des couches d'assise devra notamment être recherché à partir de :

- 3 m de profondeur au moins en P1,  
. soit + 141.85 dans le système de référence,
- 2 m de profondeur au moins en P2,  
. soit + 141.45 dans le système de référence,
- 3 m de profondeur au moins en P3bis,  
. soit + 142.05 dans le système de référence,
- 2 m de profondeur au moins en P4,  
. soit + 138.05 dans le système de référence,
- 2 m de profondeur au moins en P5,  
. soit + 137.95 dans le système de référence,
- 3,50 m de profondeur au moins en P6bis,  
. soit + 136.45 dans le système de référence,



- 2 m de profondeur au moins en P7,  
  . soit + 137.75 dans le système de référence,
  
- 2 m de profondeur environ en P8,  
  . soit + 138.40 dans le système de référence,
  
- et 2 m de profondeur environ en P9,  
  . soit + 138.50 dans le système de référence.

Dans ce type de matériau, la contrainte admissible pour le dimensionnement de fondations superficielles peut atteindre une valeur de l'ordre de 0,2 MPa (contraintes ELS), au prix d'un encastrement à pleine fouille sur au moins 0,50 m dans les couches en place.

Dans la partie Nord du terrain, un approfondissement des fondations sera vraisemblablement nécessaire pour rejoindre le toit des matériaux de compacité moyenne décrits ci-dessus, notamment en P6bis et P7.

Cet approfondissement pourra être effectué par la mise en place d'épaisseurs adaptées de gros béton, dont nous suggérons de provisionner une assez importante de quantité pour faire face aux inévitables variations de faciès dans ce type de terrain.

Par ailleurs, et compte tenu du faciès argileux des terrains d'assise et de leur forte hétérogénéité, nous recommandons de donner à l'ensemble fondations/ossature de la construction une très forte rigidité lui permettant d'encaisser un défaut local éventuel de portance.

Cette rigidification peut, par exemple, être recherchée sur la base d'une étude de structure approfondie au moyen d'un réseau de « semelles filantes » entrecroisées de forte inertie, traitées comme des poutres de raideur notamment en prenant en compte une condition de foyers de l'ordre de 3 m.

Nous mentionnerons également le recours à une solution de fondation de type radier général rigide (radiers épais et/ou nervuré), dont le dimensionnement pourra être utilement entrepris en prenant en compte un coefficient de réaction verticale au niveau des couches d'assise de l'ordre de 10 MPa/m.

L'exécution d'une campagne d'investigations complémentaires à mailles plus serrées pourra être utilement envisagée après aménagement d'accès sur le terrain et notamment démolition des bâtiments existants.

Ce type d'investigations doit notamment permettre de préciser le niveau d'assise des fondations en tout point du projet, ainsi que la continuité des couches sous-jacentes.

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).

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

Lors des travaux, on portera attention à toute variation de faciès ou anomalie pouvant justifier des adaptations particulières, et on s'attachera notamment à purger toutes les poches argileuses altérées ou les remblais anciens qui pourraient subsister sous l'emprise du futur projet.

Les fondations devront être coulées 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.

### III.2 – Terrassements

Un des problèmes essentiels de ce projet apparaît, ici, lié à l'exécution d'une excavation de déblais de grande ampleur, notamment dans la zone Sud du projet, recoupant des matériaux de qualités mécaniques irrégulières et parfois assez médiocres, et en présence de circulations d'eau permanentes.

On proscriera donc toute ouverture de fouille en grande masse, à l'avance et sans précautions particulières, au profit d'un terrassement réalisé à l'abri d'une enceinte périphérique continue de type paroi moulée par exemple, convenablement dimensionnée en tenant compte des caractéristiques habituelles de poussée et butée des terres et de la stabilité hydraulique du fond de fouille (conditions de Renard).

Le dimensionnement de ce type d'ouvrage pourra être effectué en attribuant, aux différentes couches mises en évidence par les sondages, les caractéristiques stratigraphiques et géomécaniques de masse moyennes suivantes :

#### 1°/ Zone Sud : secteur du forage F2

- Couche n° 1 : Remblais et dépôts superficiels peu compacts
  - Epaisseur moyenne : 3 m
  - Poids volumique : environ 21 kN/m<sup>3</sup>

- Cohésion à court terme : maximum 5 kPa
- Cohésion à long terme : nulle
- Angle de frottement interne à court terme : environ 22 à 24°
- Angle de frottement interne à long terme : maximum 30°

A

- Couche n° 2 : Dépôts argileux à argilo-sableux, localement caillouteux
  - Poids volumique humide : environ 22 kN/m<sup>3</sup>
  - Cohésion à court terme : environ 15 à 20 kPa
  - Cohésion à long terme : maximum 5 kPa
  - Angle de frottement interne à court terme : environ 20 à 22°
  - Angle de frottement interne à long terme : environ 30 à 32°

### 2°/ Zone Nord : secteur du forage F1

- Couche n° 1 : Remblais et dépôts superficiels de faible compacité
  - Epaisseur moyenne : 2 m
  - Poids volumique humide : environ 21 kN/m<sup>3</sup>
  - Cohésion à court terme : maximum 5 kPa
  - Cohésion à long terme : nulle
  - Angle de frottement interne à court terme : environ 22 à 24°
  - Angle de frottement interne à long terme : 30°

A

- Couche n° 2 : Dépôts argileux à argilo-sableux, localement caillouteux
  - Poids volumique humide : environ 22 kN/m<sup>3</sup>
  - Cohésion à court terme : environ 15 à 20 kPa
  - Cohésion à long terme : maximum 5 kPa
  - Angle de frottement interne à court terme : environ 20 à 22°
  - Angle de frottement interne à long terme : environ 30 à 32°

Ces caractéristiques correspondent à un comportement d'ensemble des terrains recoupés et pourront être modifiées ou adaptées en fonction des informations qui pourront être fournies par des investigations complémentaires, ainsi que par l'exécution des fondations spéciales considérées comme des reconnaissances à l'avancement.

Il est, en outre, nécessaire de prévoir l'auscultation du comportement des ouvrages, conformément à la méthode observationnelle décrite à l'Eurocode n°7, en vue, le cas échéant, d'adapter ces derniers au comportement réellement constaté.

En phase provisoire, les efforts de poussée seront repris par des systèmes de butonnage interne, vraisemblablement vérinés dans les zones de grande hauteur en vue de limiter les déplacements des écrans.



Le contrôle de ces mouvements sera notamment effectué par la mise en place de témoins topographiques sur les ouvrages et les bâtiments avoisinants, complété par une auscultation inclinométrique des parois.

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

### III.3 – Rabattement de la nappe

En phase provisoire, un rabattement localisé et temporaire de la nappe sera nécessaire à l'intérieur de la paroi moulée.

Ces travaux doivent être envisagés au moyen de puits et pointes filtrantes régulièrement répartis sous l'emprise du projet, mais nous attirons ici l'attention sur les éventuelles difficultés d'essorage des terrains à structure fine qui ont été identifiés.

Dans ce contexte, des dispositifs complémentaires d'assainissement en fond de fouille pourront être nécessaires, notamment pour permettre une meilleure praticabilité pour la circulation des engins (fossés drainants ou apport de ballast par exemple).

Les travaux de pompage doivent faire l'objet d'une auscultation spécifique correspondant notamment à une vérification de l'absence d'abaissement de la nappe à l'extérieur de la paroi (suivi piézométrique), associé à un contrôle de l'absence d'entraînement de fines par bacs de décantation, et à une vérification de l'évolution du débit de pompage par débitmètre.

Une évaluation du débit d'exhaure pourra être utilement envisagée au moyen d'un essai de pompage en vraie grandeur permettant une meilleure approche de ce paramètre très variable, en fonction de l'hétérogénéité des terrains recoupés.

Dans la majeure partie des cas et afin de limiter les débits de pompage, l'ancrage des parois dans les couches argileuses les moins perméables devra bien entendu être privilégié.

Dans la zone Nord, correspondant plus précisément au secteur du sondage P1, des risques d'alimentation privilégiée par l'intermédiaire des passées de granulométrie plus grossière identifiées au droit de cet essai peuvent même nécessiter le recours à des injections complémentaires de colmatage.



### III.4 – Protection des sous-sols

En phase définitive, les parties enterrées du projet seront protégées par un cuvelage et conçu pour résister aux efforts de sous-pression hydrostatiques correspondant à leur niveau d'immersion.

L'évaluation de ces efforts nécessite une extrapolation des niveaux d'eau mesurés compris entre des cotes altimétriques de l'ordre de + 143.00 au moins dans la partie Sud, et + 138.00 environ dans la partie Nord.

Ces niveaux devront bien entendu être majorés pour tenir compte des Hautes Eaux et des Eaux Exceptionnelles, mais ces hypothèses pourront être utilement précisées en fonction des résultats d'un suivi piézométrique de longue durée.

### III.5 – Règles parasismiques

En application de la norme NF EN 1998-5, la prise en compte des résultats des investigations géotechniques, et les conclusions 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 ».

### III.6 – Risques naturels

L'étude géotechnique réalisée a pris en compte le Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles relatifs aux Mouvements de Terrain et applicable à la commune de MOUGINS, conduisant au classement de la zone du projet en catégorie E\* et E\*Ra selon carte de Zonage Réglementaire – Partie Ouest – Version 1 d'avril 2017).

En fonction des résultats obtenus, et sous réserve du respect des préconisations géotechniques ci-dessus, nous donnons au projet un avis géologique et géotechnique favorable.

Biot, le 26 Janvier 2018

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Roger FAURIEL".

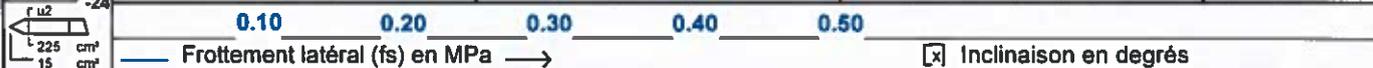
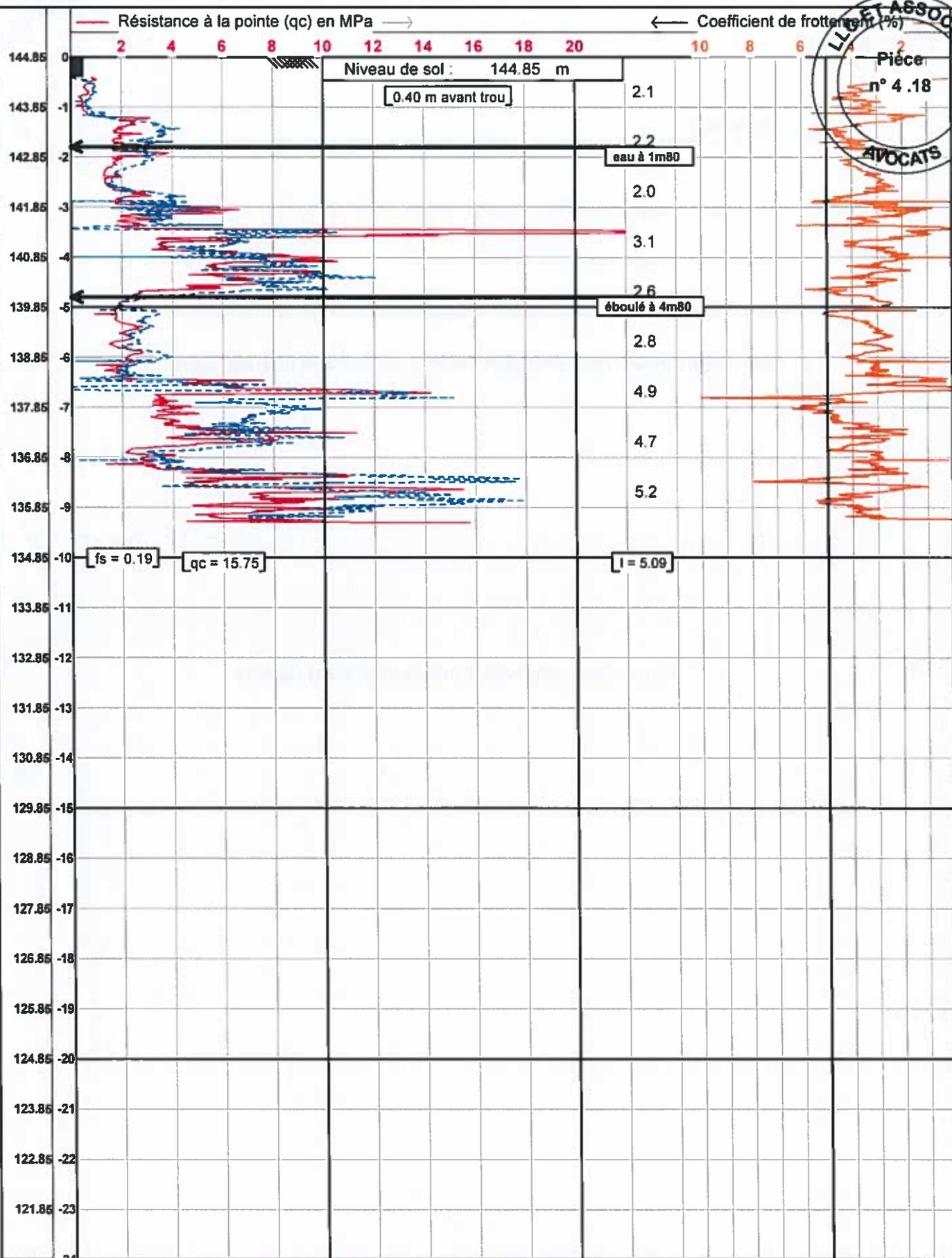
Roger FAURIEL



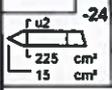
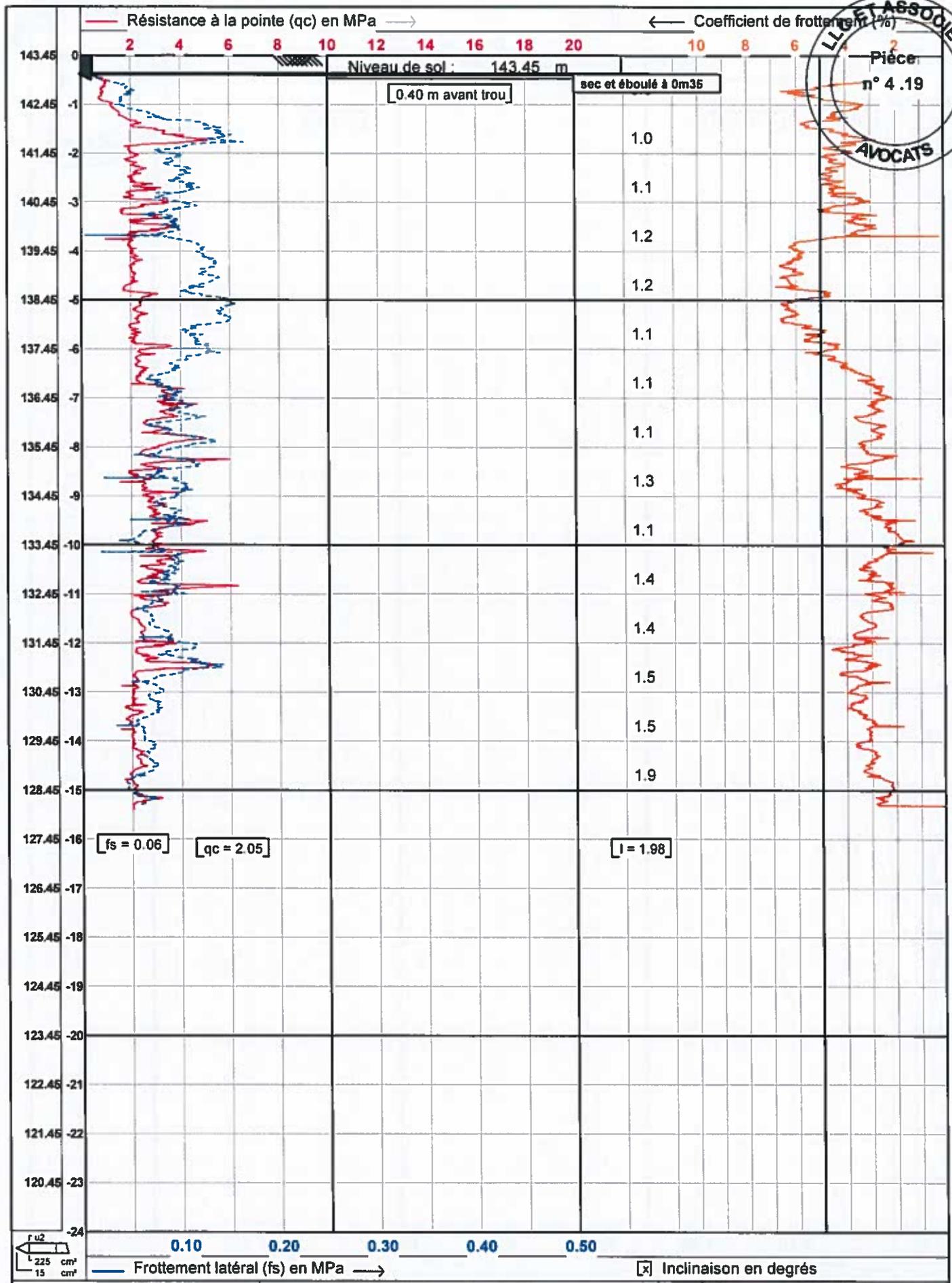
**IV – ANNEXES**

- **Graphiques de pénétration statique lourde 49574-P1 à P9 ;**
- **Coupes de forages carottés 49574-F1 et F2 ;**
- **Résultats d'essais de laboratoire se rapportant aux échantillons testés**
- **Plan d'implantation des sondages 49574-1 sur fond de plan de masse.**

*Ces annexes sont indissociables du présent rapport.*

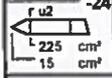
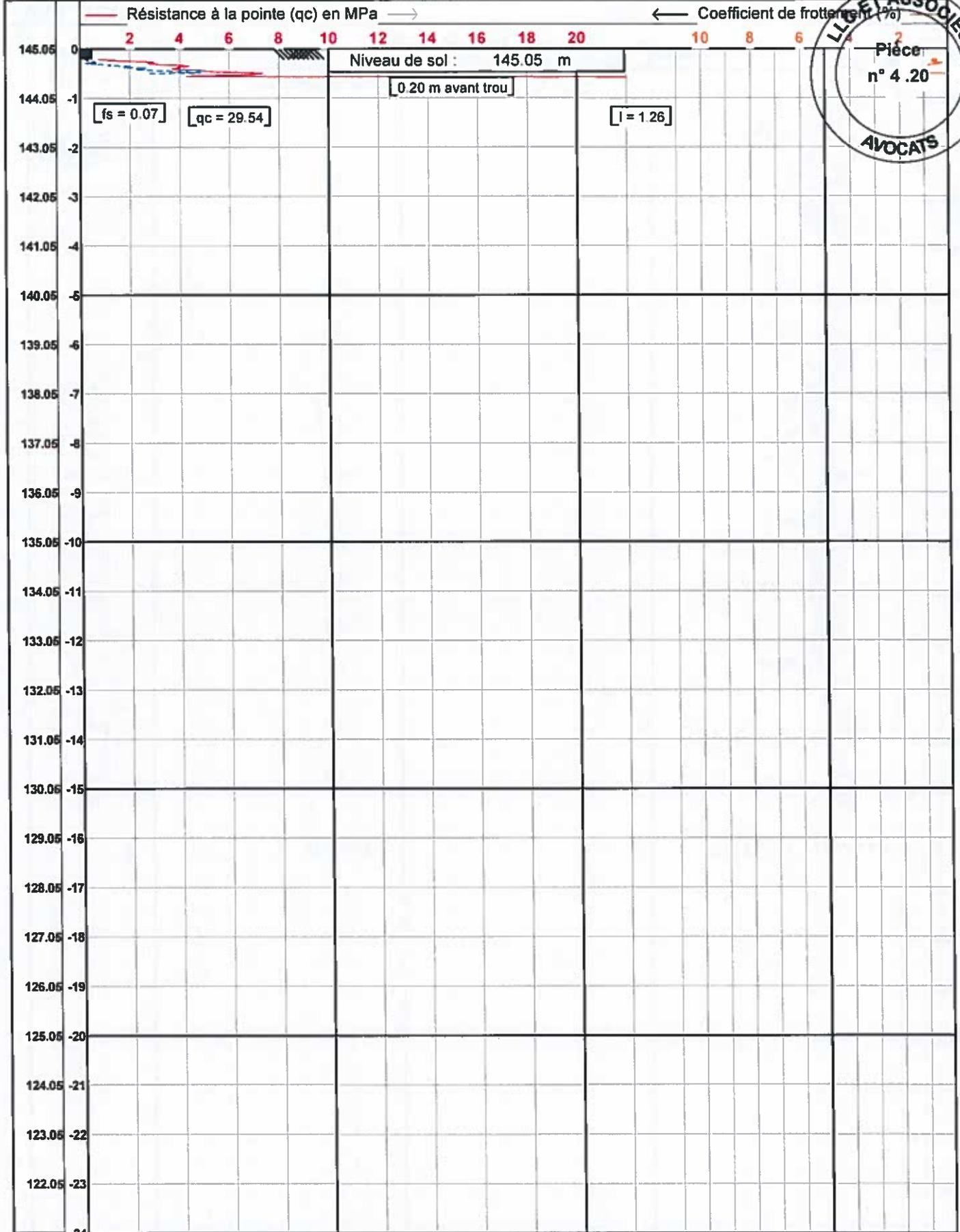
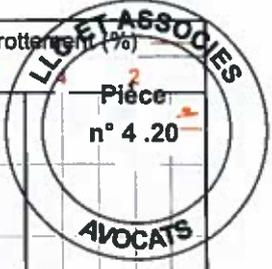


	Profondeur de l'essai : 9m30	Date : 24-10-2017
	Projet : AVENUE DE TOURNAMY - LOT N°1	No. de cône : S15-CFIP.1337
	Nom du site : MOUGINS	No. de projet : 49574
		No. d'essai : P1
		1/1



→ Résistance à la pointe (qc) en MPa
← Coefficient de frottement (%)  
← Frottement latéral (fs) en MPa
[x] Inclinaison en degrés

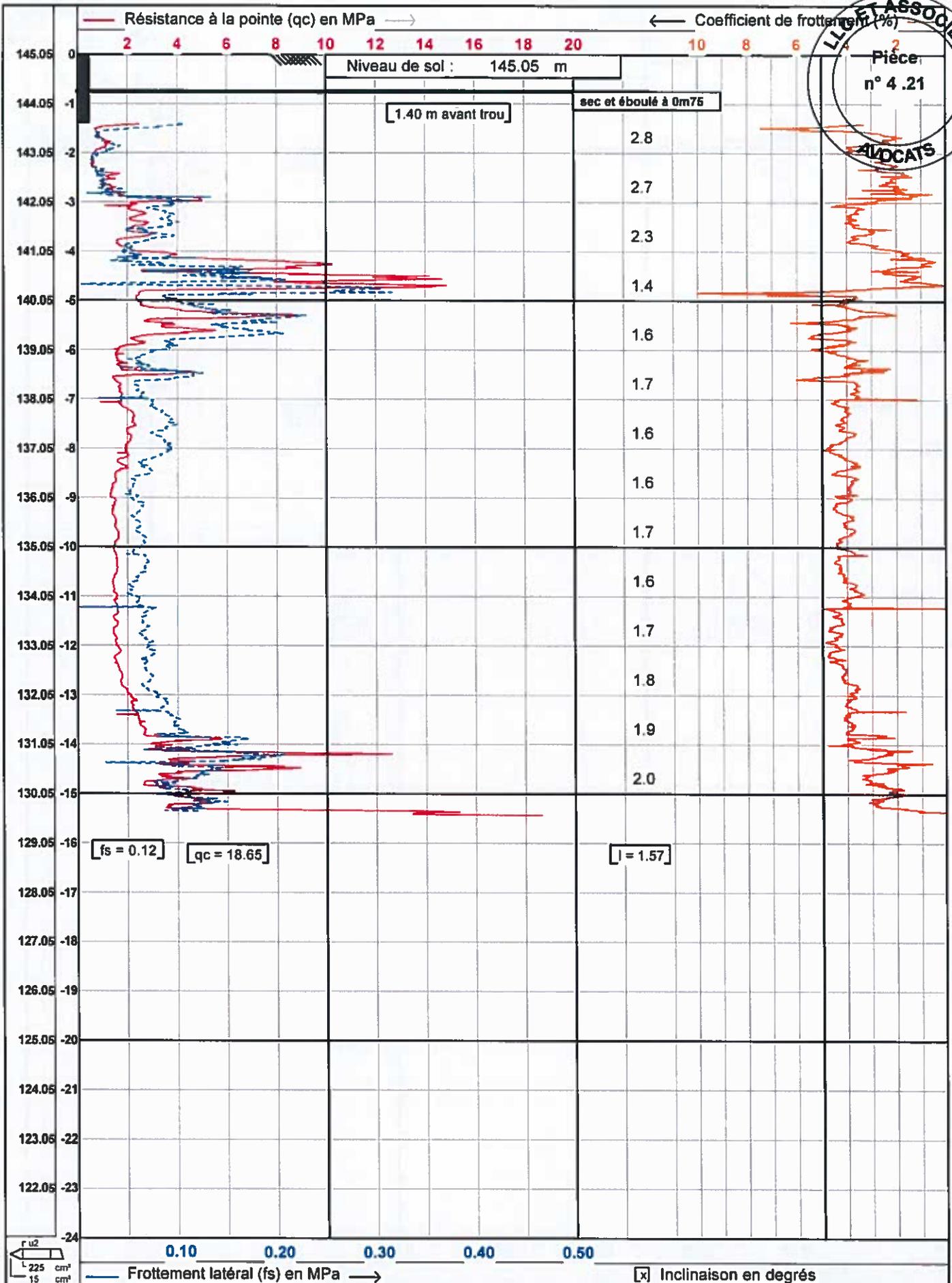
	Profondeur de l'essai : 15m38		Date : 23-10-2017	
	Projet : AVENUE DE TOURNAMY - LOT N°1		No. de cône : S15-CFIP.1337	
	Nom du site : MOUGINS		No. de projet : 49574	
			No. d'essai : P2	1/1



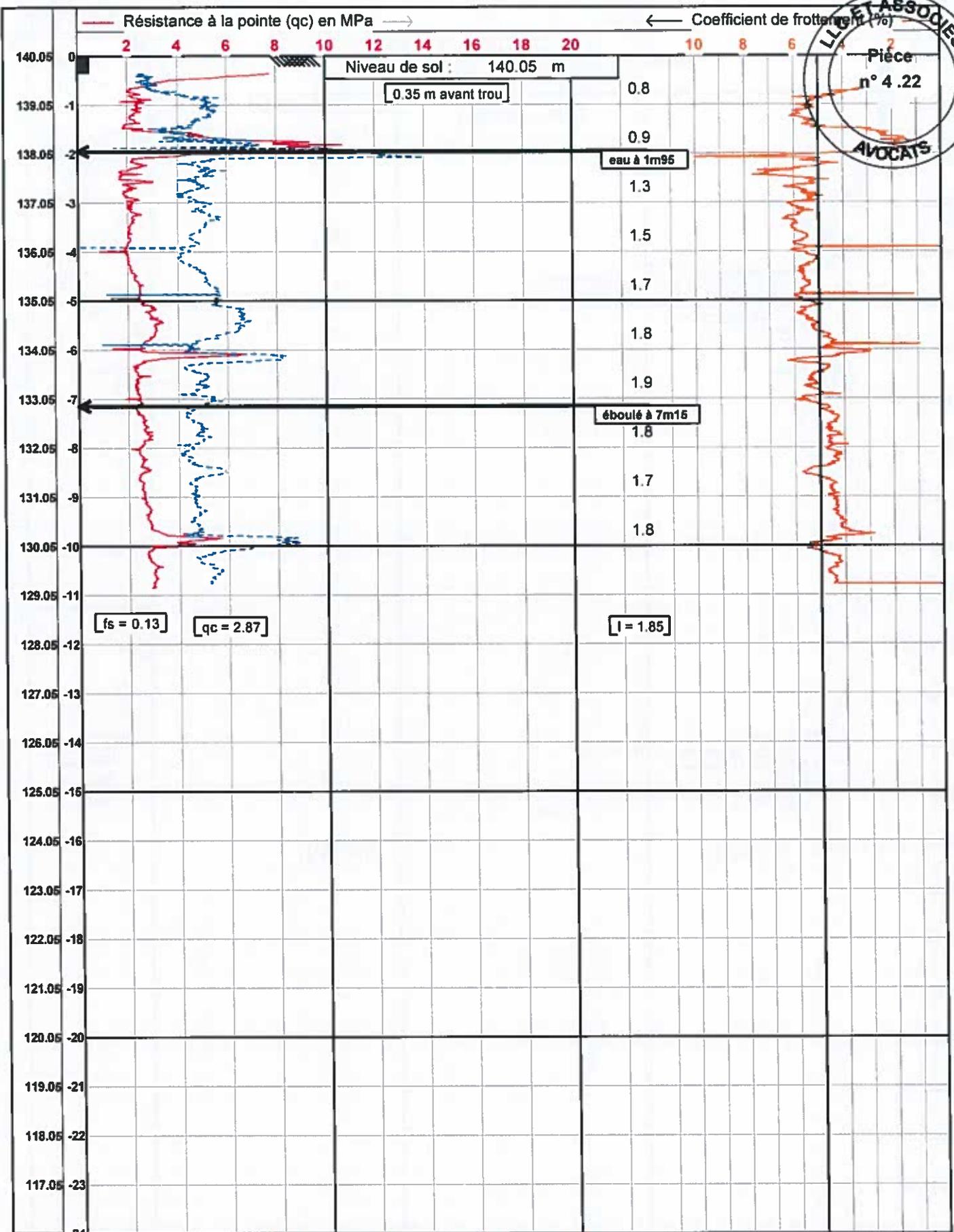
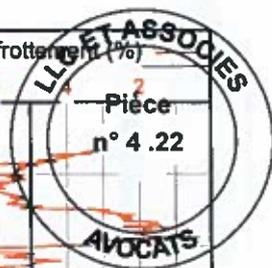
0.10 0.20 0.30 0.40 0.50

— Frottement latéral (fs) en MPa →  Inclinaison en degrés

	Profondeur de l'essai : 0m58		Date : 24-10-2017	
	Projet : AVENUE DE TOURNAMY - LOT N°1		No. de cône : S15-CFIP.1337	
	Nom du site : MOUGINS		No. de projet : 49574	
			No. d'essai : P3	1/1



	Profondeur de l'essai : 15m43		Date : 24-10-2017
	Projet : AVENUE DE TOURNAMY - LOT N°1		No. de cône : S15-CFIP.1337
	Nom du site : MOUGINS		No. de projet : 49574
			No. d'essai : P3bis
			1/1

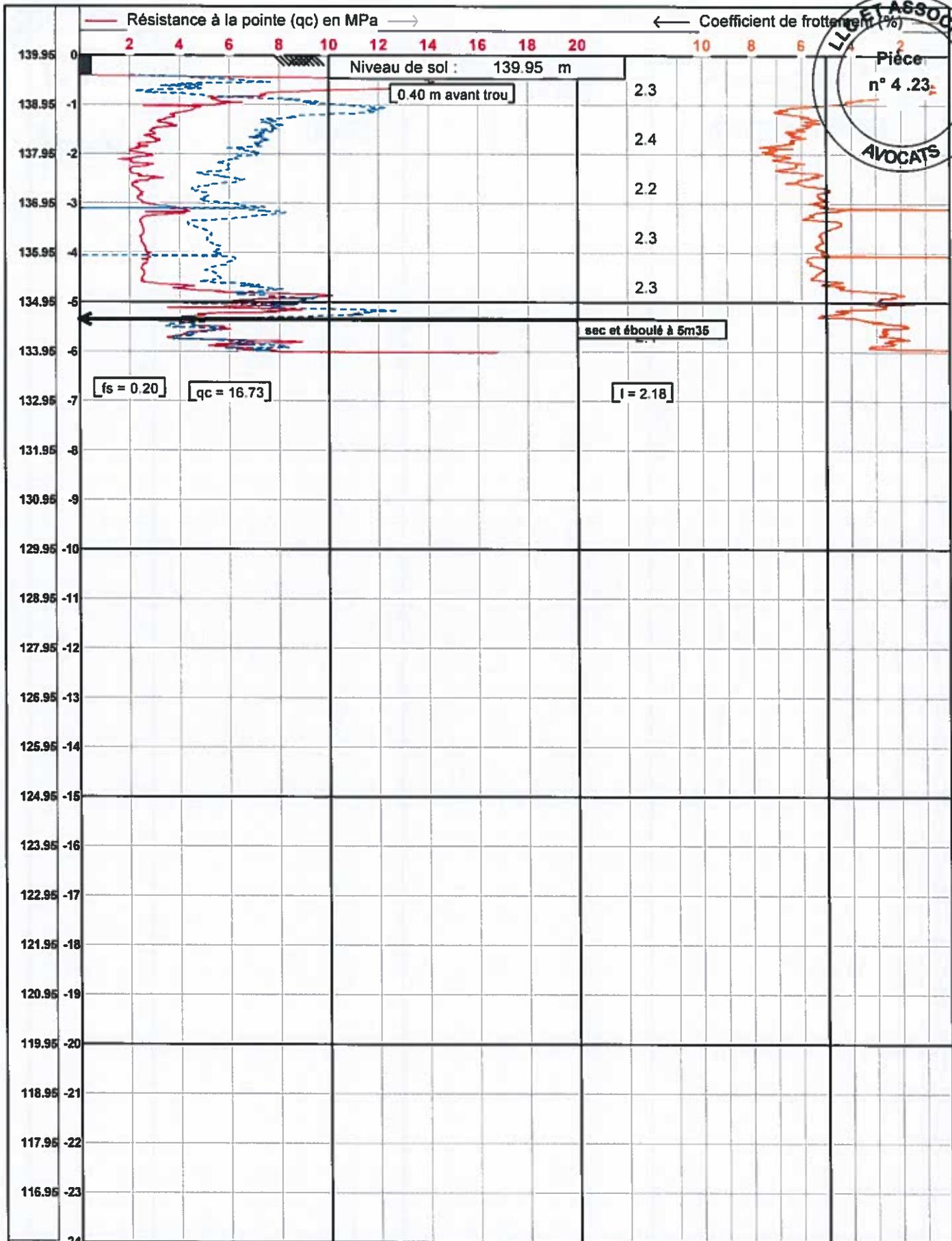


$r_{u2}$ 
0.10    0.20    0.30    0.40    0.50
 $L_{225}$  cm<sup>2</sup>
Frottement latéral (fs) en MPa →
[x] Inclinaison en degrés
 $L_{15}$  cm<sup>2</sup>



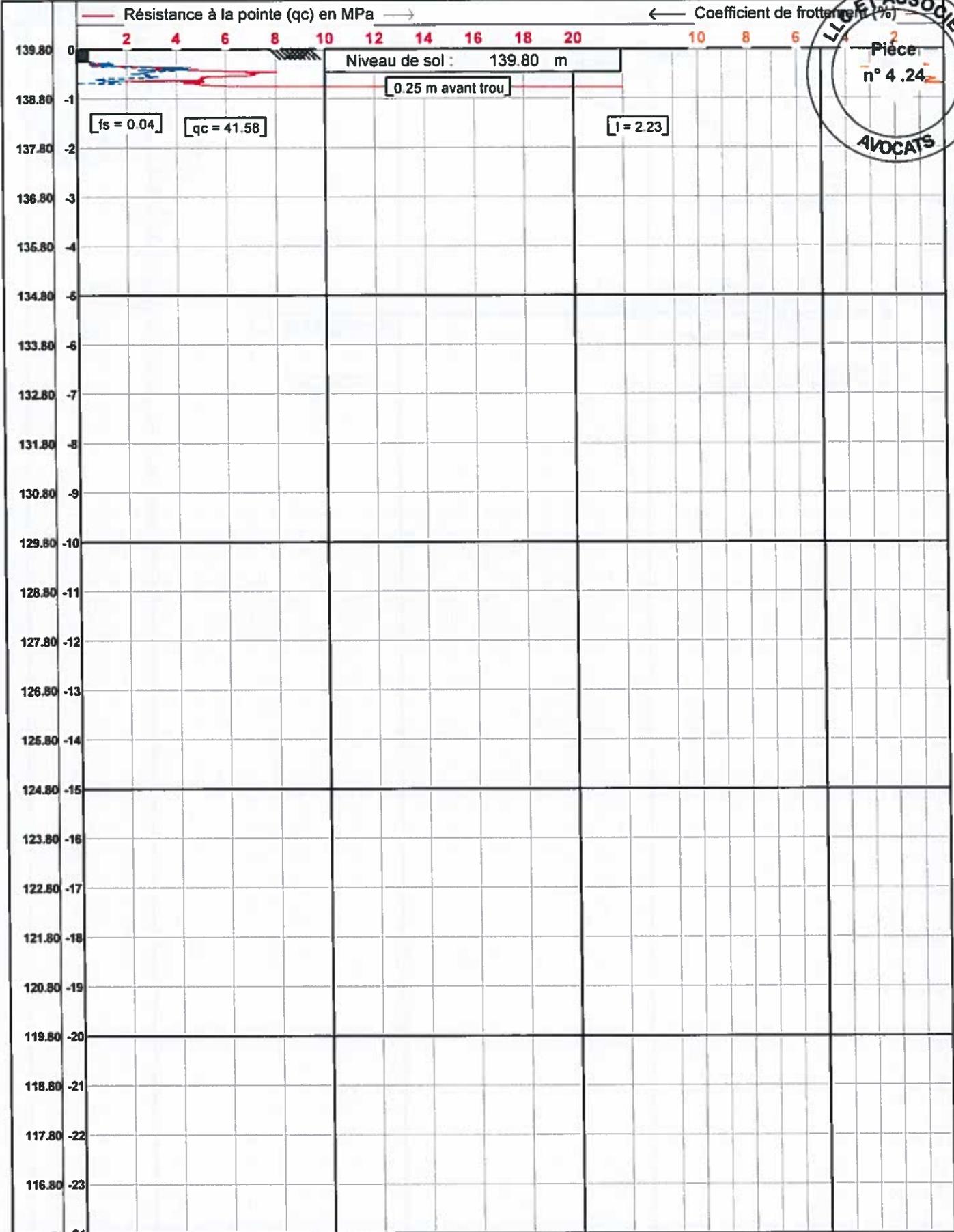
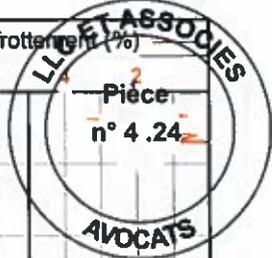
Profondeur de l'essai : 10m85  
 Projet : AVENUE DE TOURNAMY - LOT N°1  
 Nom du site : MOUGINS

Date : 24-10-2017  
 No. de cône : S15-CFIP.1337  
 No. de projet : 49574  
 No. d'essai : P4    1/1



$\frac{r}{u^2}$   
 $\frac{225}{15}$  cm<sup>2</sup> / cm<sup>2</sup>  
 0.10    0.20    0.30    0.40    0.50  
 — Frottement latéral (fs) en MPa →     Inclinaison en degrés

	Profondeur de l'essai : 6m02		Date : 24-10-2017
	Projet : AVENUE DE TOURNAMY - LOT N°1		No. de cône : S15-CFIP.1337
	Nom du site : MOUGINS		No. de projet : 49574
			No. d'essai : P5
			1/1

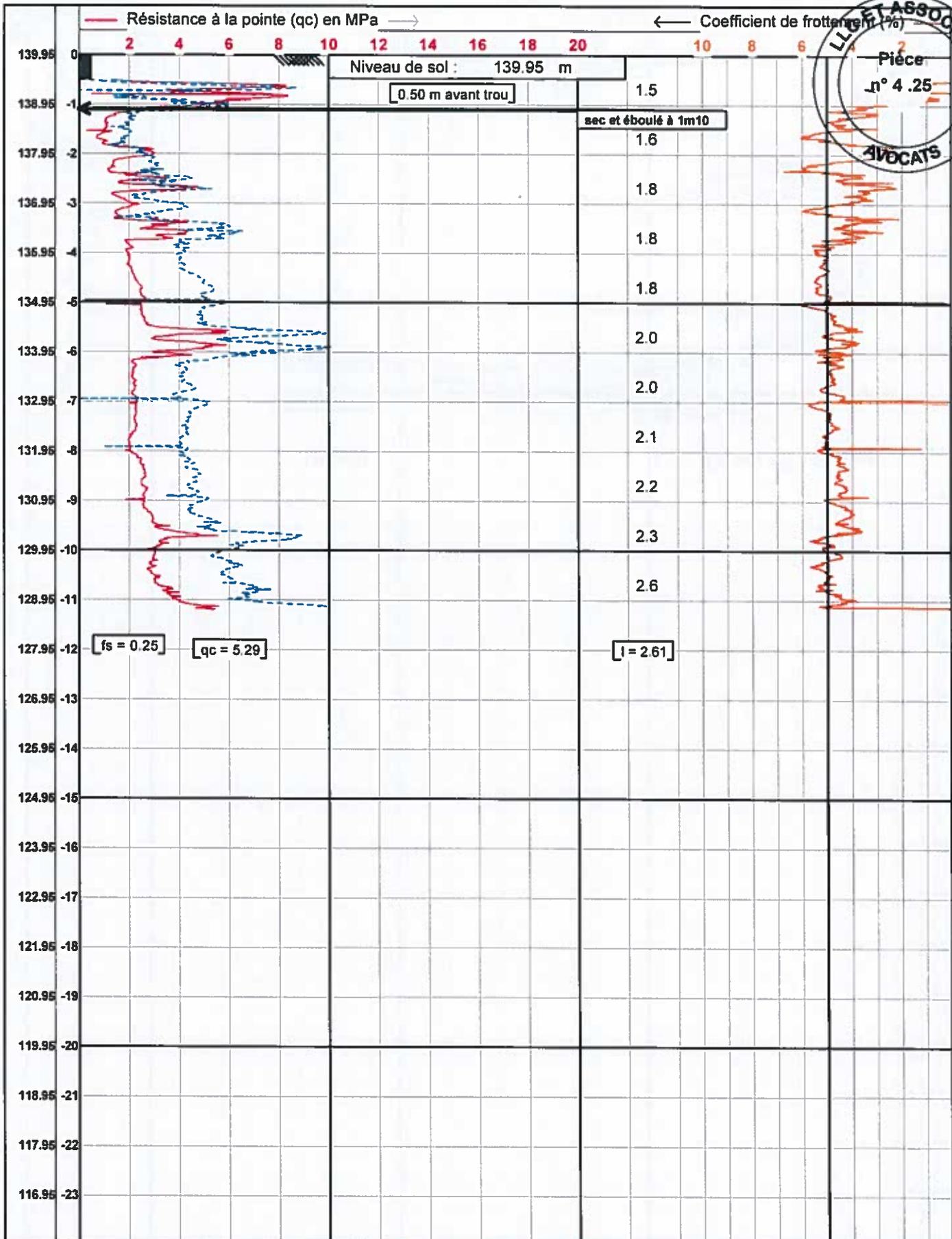


0.10    0.20    0.30    0.40    0.50

← Frottement latéral (fs) en MPa →       Inclinaison en degrés

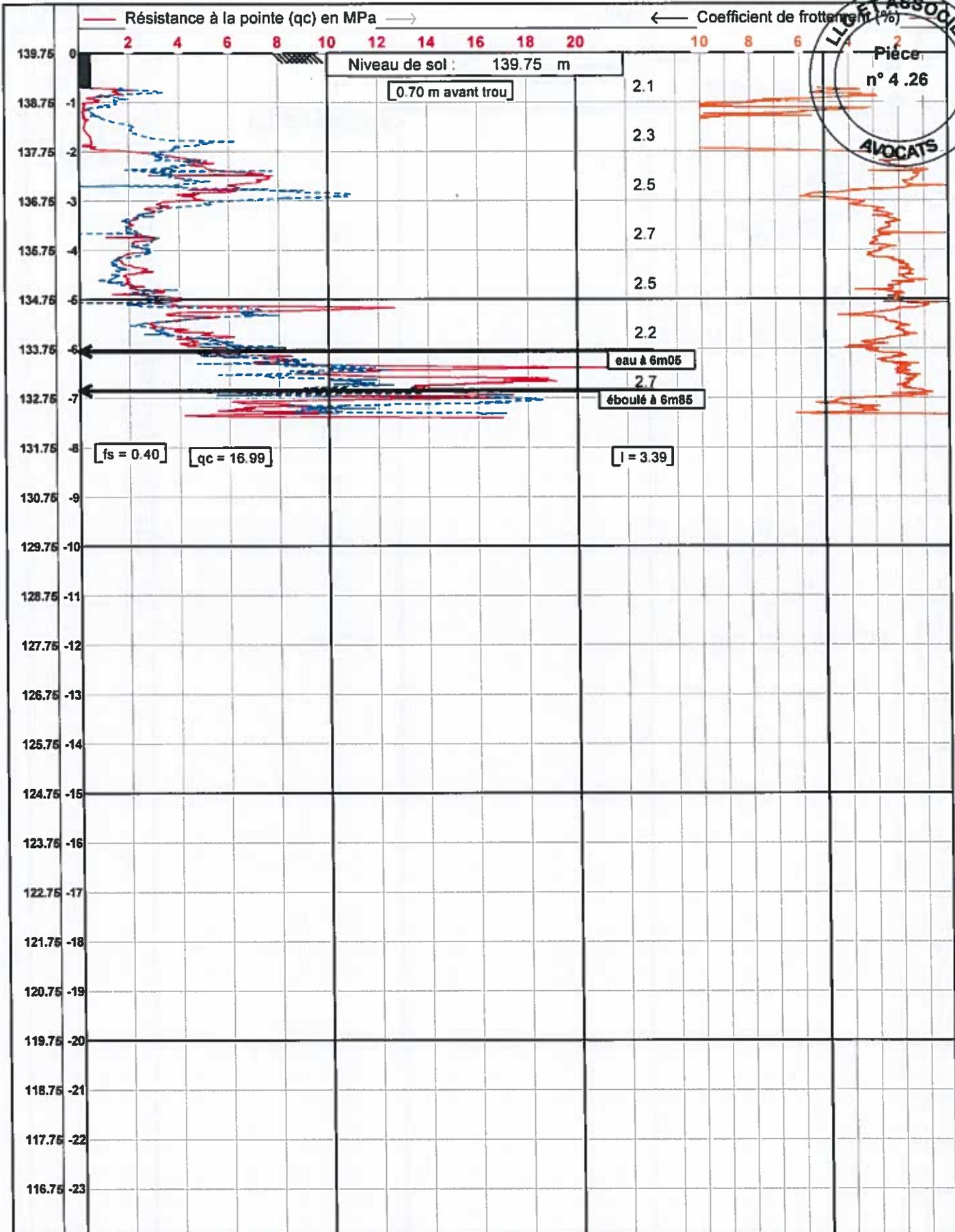


Profondeur de l'essai : 0m78		Date : 24-10-2017
Projet : AVENUE DE TOURNAMY - LOT N°1		No. de cône : S15-CFIP.1337
Nom du site : MOUGINS		No. de projet : 49574
		No. d'essai : P6
		1/1



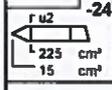
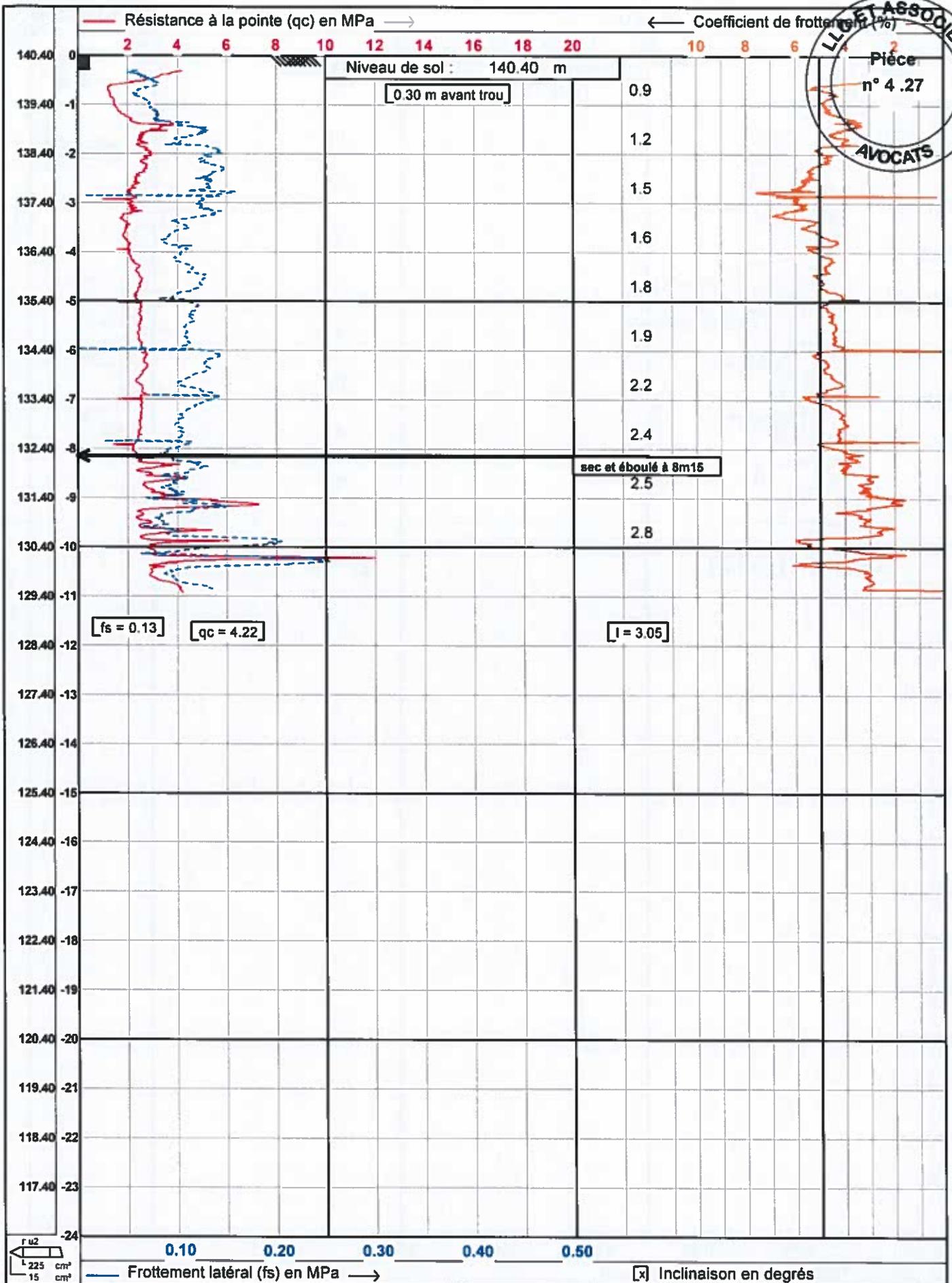
$r_{u2}$ 
0.10    0.20    0.30    0.40    0.50
Frottement latéral (fs) en MPa →
 Inclinaison en degrés

	Profondeur de l'essai : 11m20	Date : 25-10-2017
	Projet : AVENUE DE TOURNAMY - LOT N°1	No. de cône : S15-CFIP.1337
	Nom du site : MOUGINS	No. de projet : 49574
		No. d'essai : P6bis



$r_{u2}$ 
0.10   0.20   0.30   0.40   0.50
 Inclinaison en degrés

	Profondeur de l'essai : 7m40	Date : 24-10-2017
	Projet : AVENUE DE TOURNAMY - LOT N°1	No. de cône : S15-CFIP.1337
	Nom du site : MOUGINS	No. de projet : 49574
		No. d'essai : P7
		1/1

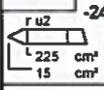
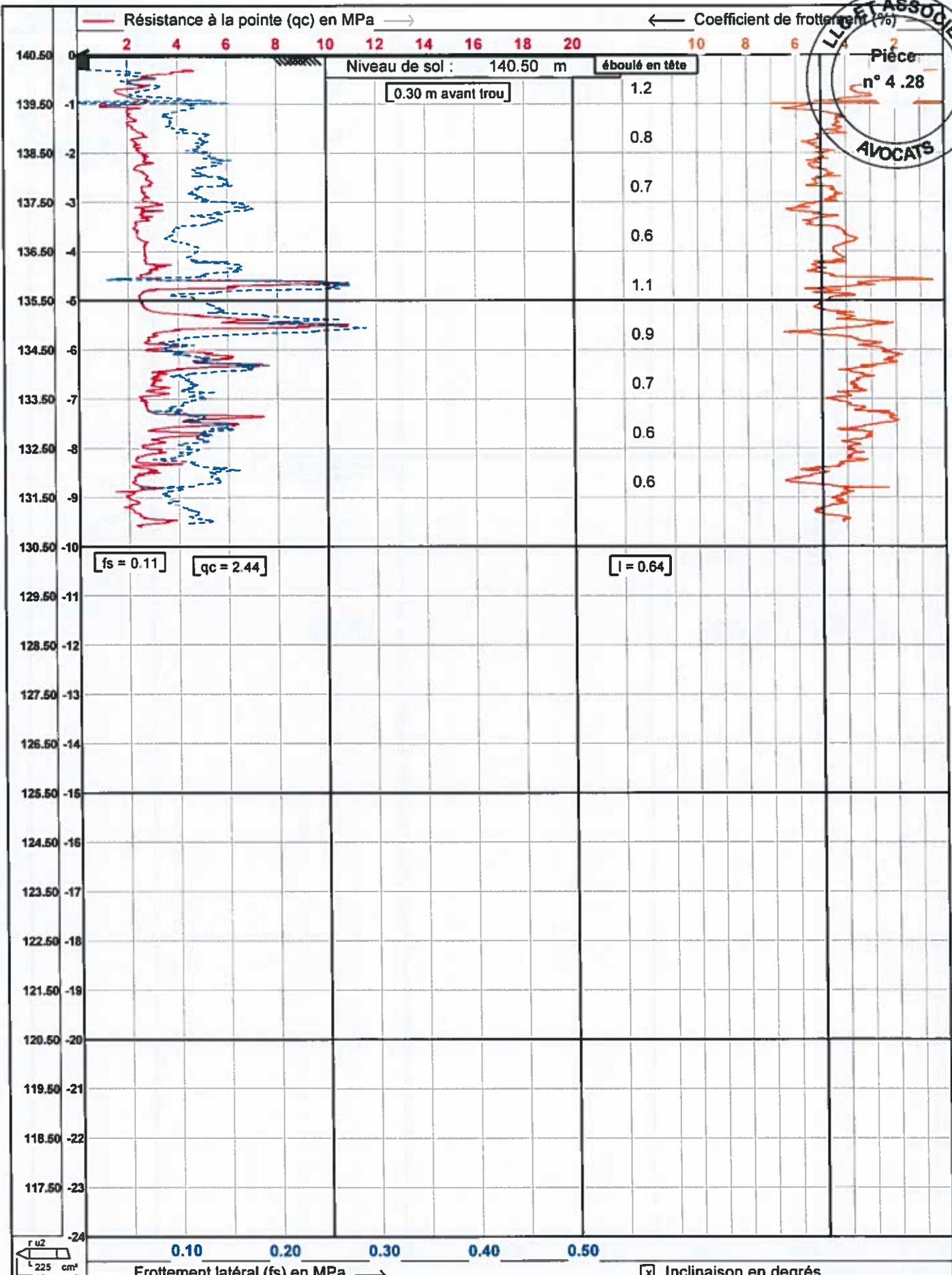


0.10 0.20 0.30 0.40 0.50

Frottement latéral (fs) en MPa →

Inclinaison en degrés

	Profondeur de l'essai : 10m92	Date : 25-10-2017
	Projet : AVENUE DE TOURNAMY - LOT N°1	No. de cône : S15-CFIP.1337
	Nom du site : MOUGINS	No. de projet : 49574
		No. d'essai : P8



0.10 0.20 0.30 0.40 0.50

Frottement latéral (fs) en MPa →

Inclinaison en degrés



Profondeur de l'essai : 9m60		Date : 25-10-2017
Projet : AVENUE DE TOURNAMY - LOT N°1		No. de cône : S15-CFIP.1337
Nom du site : MOUGINS		No. de projet : 49574
		No. d'essai : P9
		1/1



# SOL-ESSAIS

460 Avenue Jean Perrin - 13290 AIX EN PROVENCE Cedex 3  
 Tél. 04 42 39 74 85 - Télécopie 04 42 39 73 91 - e-mail : aix@sol-essais.fr



**MOUGINS**  
**AVENUE DE TOURNAMY - LOT N°1**  
**ENSEMBLE IMMOBILIER**

## FORAGE CAROTTE

### F1 + Piézom.

COTE DE DEPART : +139,50      Date : 04-05/01/18      N° : 49574

COTES	PROFONDEUR	EPAISSEUR	NATURE DU TERRAIN	Récupération (%)	Symboles	OBSERVATIONS
				20 40 60 80		
+139,00	0,50	0,50	Dalle béton sur 0m10, puis remblais limono-caillouteux grisâtres.			
+138,50	1,00	0,50	Limons argilo-graveleux brunâtres à noirâtres peu compacts.			
+134,30	5,20	4,20	Argile limoneuse brunâtre à ocre roussâtre avec rares passées graveleuses. Quelques éléments caillouteux épars vers 4m00.			
+133,30	6,20	1,00	Echantillon intact.	EI 1		eau à 5m70
+132,30	7,20	1,00	Argile finement silteuse gris brunâtre, assez plastique et homogène.			
+131,90	7,60	0,40	Echantillon intact.	EI 2		
+130,30	9,20	1,60	Argile brunâtre mi-consistante et moyennement plastique avec passages "feuilletés" vers 8m50 et 9m00.			
+124,30	15,20	6,00	Marne argileuse gris noirâtre à reflets bleutés, assez plastique par endroits, et mi-consistante. Passages plastiques et argileux vers 14m00.			

Piézomètre ø 60 à 12m00 - Crépiné de 3m00 à 12m00 avec boîtier

RF / GM      Fin de forage carotté à 15m20 - 15 caisses



# SOL-ESSAIS

460 Avenue Jean Perrin - 13290 AIX EN PROVENCE Cedex 3  
 Tél. 04 42 39 74 85 - Télécopie 04 42 39 73 91 - e-mail : aix@sols.fr



**MOUGINS**  
**AVENUE DE TOURNAMY - LOT N°1**  
**ENSEMBLE IMMOBILIER**

## FORAGE CAROTTE

### F2 + Piézo.

COTE DE DEPART : +144,50      Date : 08-09/01/18      N° : 49574

COTES	PROFONDEUR	EPAISSEUR	NATURE DU TERRAIN	Récupération (%)	Symboles	OBSERVATIONS
				20 40 60 80		
+143,70	0,80	0,80	Remblais argilo-caillouteux gris brunâtre.			
+142,90	1,60	0,80	Argile gris brunâtre à lie de vin, assez plastique, avec quelques rognons calcaireux.			eau à 1m60
+141,50	3,00	1,40	Limons argileux peu consistants à très altérés en tête, assez plastiques, de couleur gris beige à ocre à la base avec traces brun noirâtre.			
+139,50	5,00	2,00	Argile plastique beige crème, mi-consistante avec passages plus pulvérulents vers 4m00 à 4m20.			
+138,60	5,90	0,90	Argile sableuse beige crème, peu consistante.			
+138,10	6,40	0,50	Echantillon intact.	E1		
+137,50	7,00	0,60	Argile sableuse beige crème, peu consistante.			
+137,00	7,50	0,50	Echantillon intact.	E2		
+129,50	15,00	7,50	Argile silteuse à passées sableuses et graveleuses, beige crème, plastique et mi-consistante. Passages caillouteux vers 13m80 à 14m20, avec récupération plus difficile. Argiles devenant plus grisâtres à la base.			

Piézomètre ø 60 à 14m00 - Crépiné de 2m00 à 14m00 avec boîtier

Tubage à 15m00

RF / GM

Fin de forage carotté à 15m00 - 13 caisses



# SOL-ESSAIS

460 Avenue Jean Perrin  
13851 AIX EN PROVENCE Cedex 3

Tél. 04 42 39 74 85      Télécopie 04 42 39 73 91

SONDAGE: **F 1**    Profondeur: **5,20** à **6,20** m

## DESCRIPTION

Argile marron, molle sur 25 cm, puis consistante.

# ANALYSE GRANULOMETRIQUE

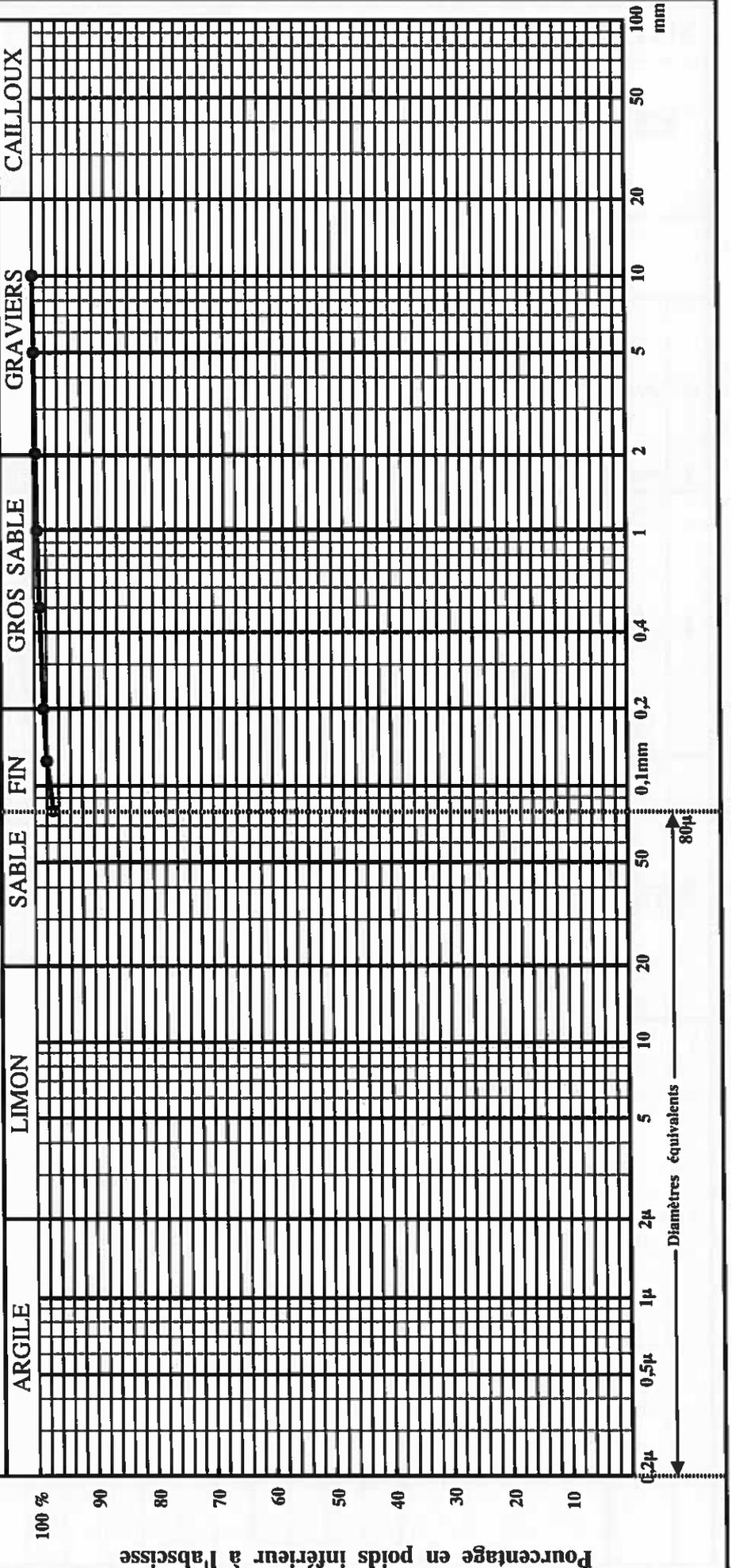
( NF P 94-056 - 94-057 )

NF P 94-050	Teneur en eau initiale	W % :	28,4
NF P 94-053	Masse volumique humide	$\gamma$ :	1,96
	Masse volumique sèche	$\gamma_d$ :	1,53
	Masse volumique particules solides	$\gamma_s$ :	2,70
	Indice des vides	e :	0,77
	Degré de saturation	Sr % :	99,7
	CLASSIFICATION " SETRA "		A4

NF P 94-051	Limite de liquidité	WL % :	68,0
NF P 94-060-1	Limite de plasticité	Wp % :	26,0
	Indice de plasticité	Ip :	42,0
NF P 94-068	Indice de consistance	Ic :	0,94
	Valeur de bleu D5/D50 :	VBS :	

## SEDIMENTATION

## TAMISAGE



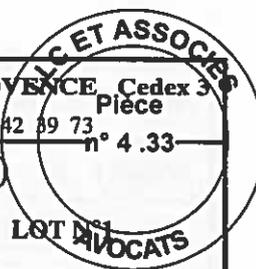
**MOUGINS (09) C ET ASSOCIES**  
**AVENUE DE TOURNAMY - L'ŒŒÈRE 1**  
**ENSEMBLE IMMOBILIER n° 4 .32**  
 N°: 49574      10-23/01/2018

LIMITES D'ATTERBERG: **AVOCATS**

# SOL-ESSAIS

460, Avenue Jean Perrin - 13851 AIX EN PROVENCE, Cedex 3

Tél. 04 42 39 74 85 - Télécopie 04 42 89 73 81



## CISAILLEMENT RECTILIGNE

MOUGINS (06)

AVENUE DE TOURNAMY - LOT

ENSEMBLE IMMOBILIER

23-25/01/2018

Forage N° : F 2

Carotte N° : EI

Profondeur : 5,90 à 6,40 m

SE N° : 49574

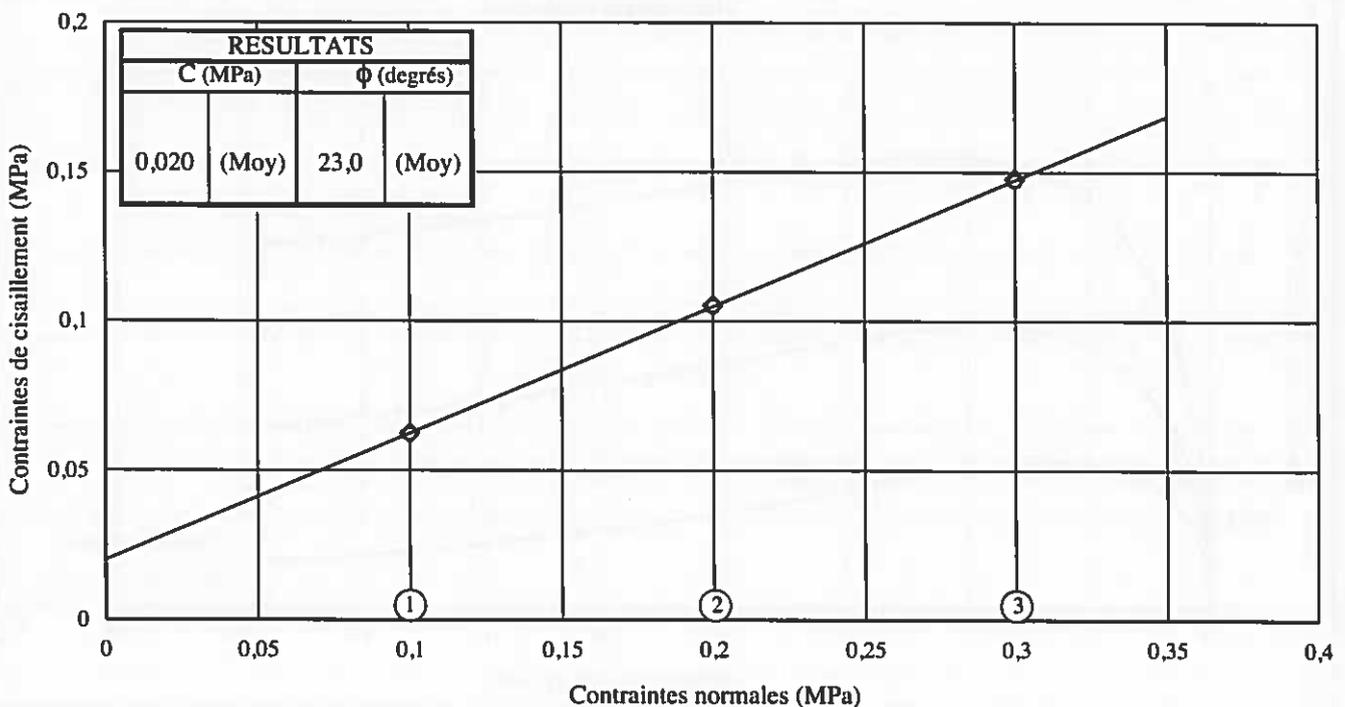
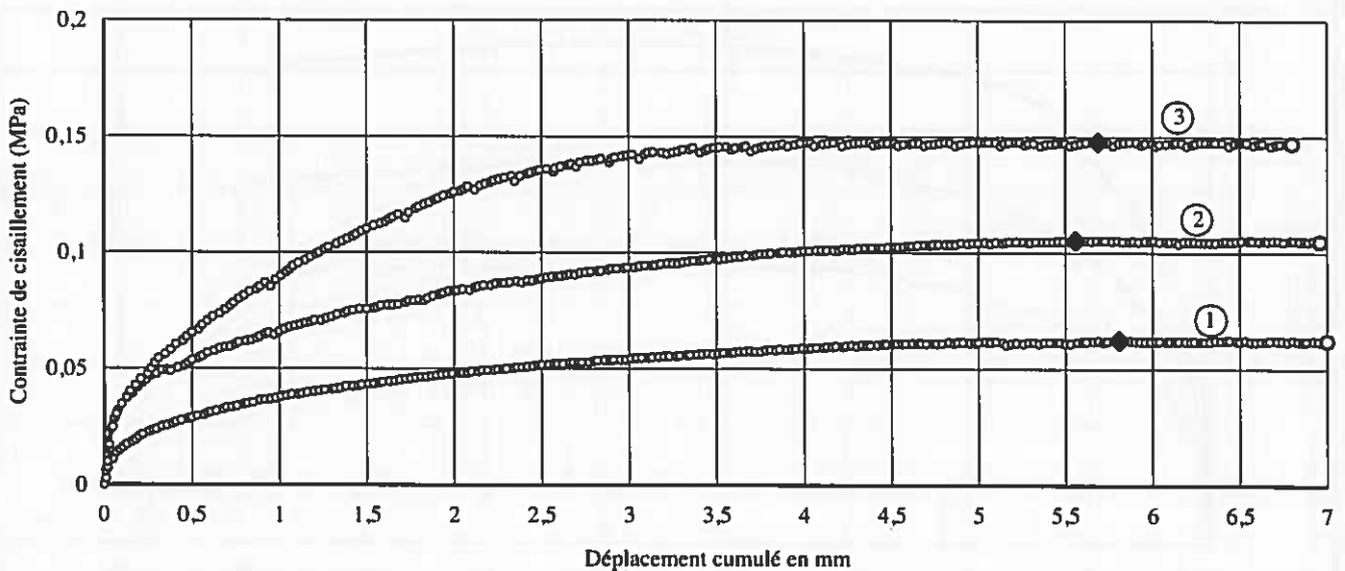
DESCRIPTION : Argile graveleuse marron clair, carbonatée, consistante, légèrement plastique, présence de blocs calcaires (100 mm).

OBSERVATIONS : Epruvettes reconstituées, matériau < 10 mm

$\gamma_s$  estimé : 2,70

$\gamma_s$  mesuré :

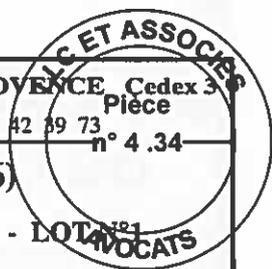
Epr. N°	CARACTERISTIQUES INITIALES							CARACTERISTIQUES FINALES							CISAILLEMENT				
	$\phi$ (cm)	Haut. (cm)	W (%)	$\gamma$ ( $t/m^3$ )	$\gamma_d$ ( $t/m^3$ )	e	$S_r$ (%)	$\sigma'_v$ (MPa)	T100 (mn)	W (%)	$\gamma$ ( $t/m^3$ )	$\gamma_d$ ( $t/m^3$ )	$S_r$ (%)	Vit. lente (mm/mm)	Vit. Rapide (mm/mm)	$\tau_f$ Max (MPa)	$\delta_l$ Max (mm)	$\tau_f$ Min (MPa)	$\delta_l$ Min (mm)
1	6,35	3,44	14,0	2,23	1,96	0,38	99,4	0,10		13,2	2,25	1,99	99,4	0,0030		0,063	5,81	0,062	7,00
2	6,35	3,44	13,7	2,24	1,97	0,37	99,8	0,20		11,3	2,30	2,07	99,5	0,0030		0,105	5,56	0,105	6,96
3	6,35	3,44	12,0	2,28	2,04	0,33	99,3	0,30		11,0	2,31	2,08	99,9	0,0030		0,148	5,69	0,147	6,80
4																			
5																			



# SOL-ESSAIS

460, Avenue Jean Perrin - 13851 AIX EN PROVENCE Cedex 3

Tél. 04 42 39 74 85 - Télécopie 04 42 39 73



## ESSAI AU TRIAXIAL (CU + u). NFP 94-074

MOGINS (06)

Forage N° : F 1

Carotte N° : EI

AVENUE DE TOURNAMY - LOT n°1 MOGINS

Profondeur : 5,20 à 6,20 m

SE N° : 49574

ENSEMBLE IMMOBILIER

**DESCRIPTION :** Argile marron, molle sur 25 cm, puis consistante.

$\gamma_s$  Estimé : 2,70

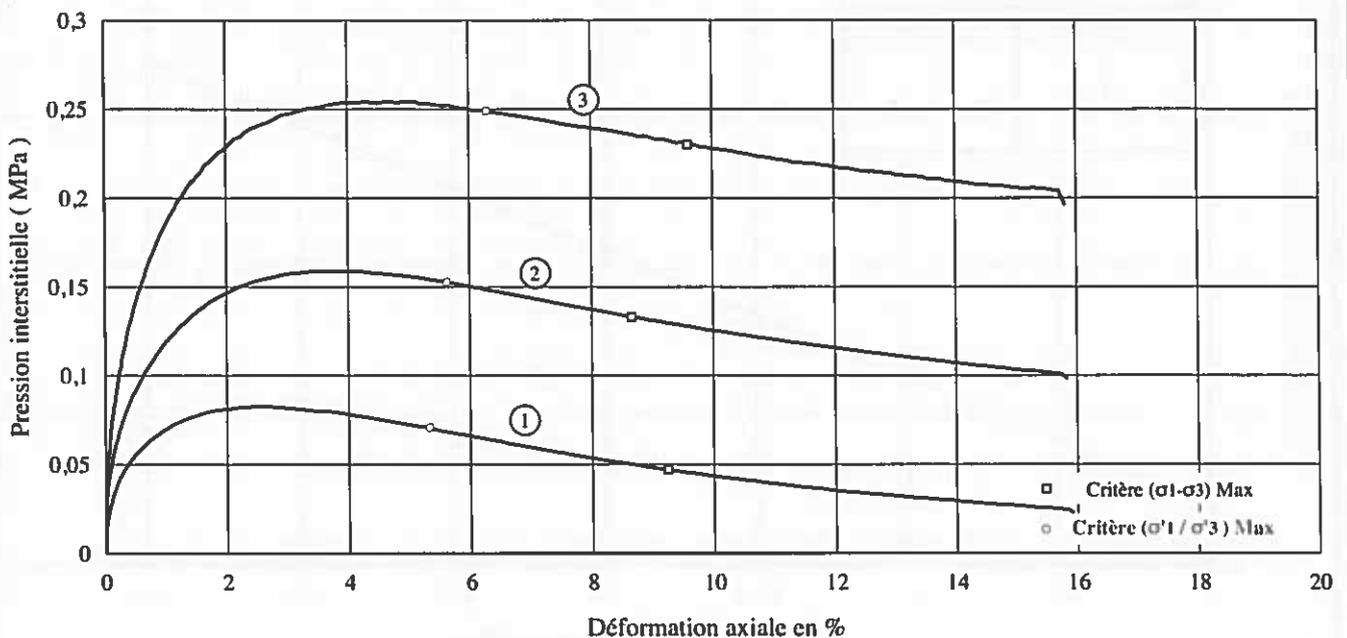
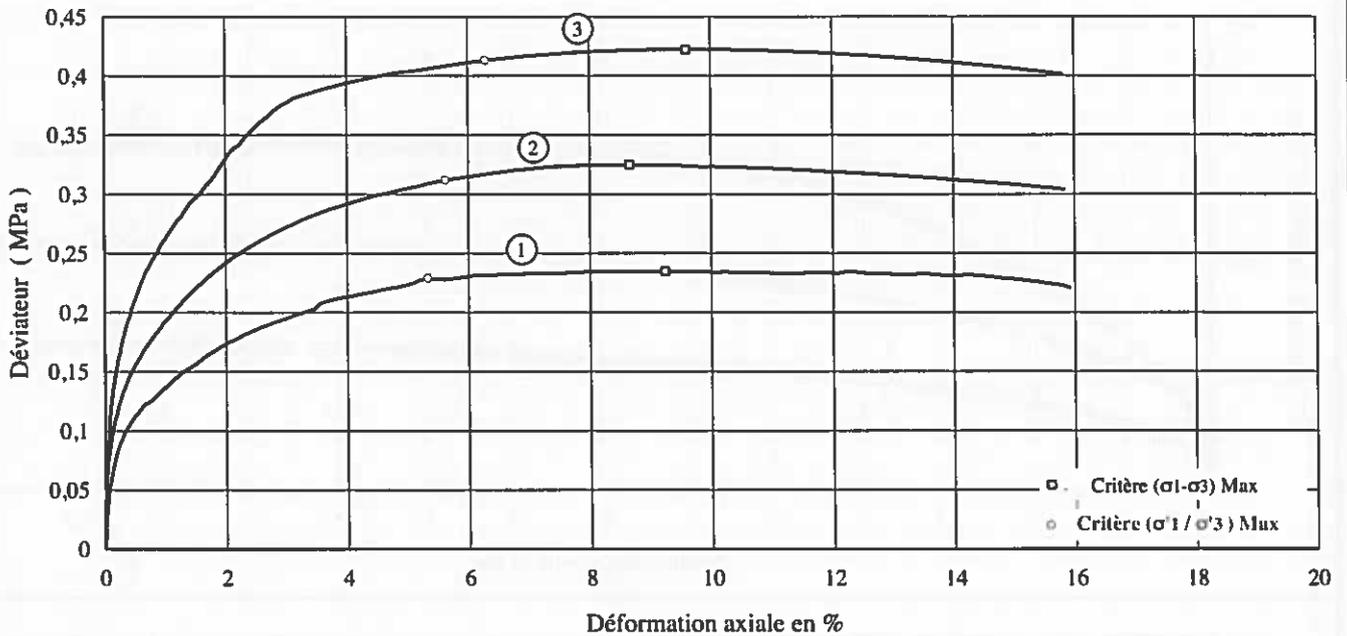
Pas de plan de rupture, déformation plastique en " tonneau ".

$\gamma_s$  Mesuré :

**OBSERVATIONS :** Peu de différences dans les résultats entre les deux critères.

Date: 10/01/2018

Eprouvette N°	CARACTERISTIQUES							CARACTERISTIQUES FINALES				
	$\phi$ (mm)	H (mm)	W (%)	$\gamma$	$\gamma_d$	e	$S_r$ (%)	W (%)	$\gamma$	$\gamma_d$	e	$S_r$ (%)
1	35,0	69,7	28,3	1,95	1,52	0,77	98,9	28,3	1,95	1,52	0,77	99,0
2	35,0	69,7	28,5	1,96	1,53	0,77	99,8	27,5	1,97	1,55	0,74	99,8
3	35,0	69,6	28,2	1,96	1,53	0,76	99,9	26,3	1,99	1,58	0,71	99,9
4												
5												



# SOL-ESSAIS

460, Avenue Jean Perrin - 13851 AIX EN PROVENCE, Cedex 3

Tél. 04 42 39 74 85 - Télécopie 04 42 39 73

ESSAI AU TRIAXIAL (CU + u). NF P 94-074

MOUGINS (06)

Forage N° : F 1

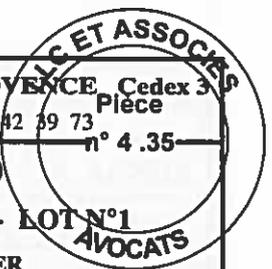
Carotte N° : EI

AVENUE DE TOURNAMY - LOT N°1

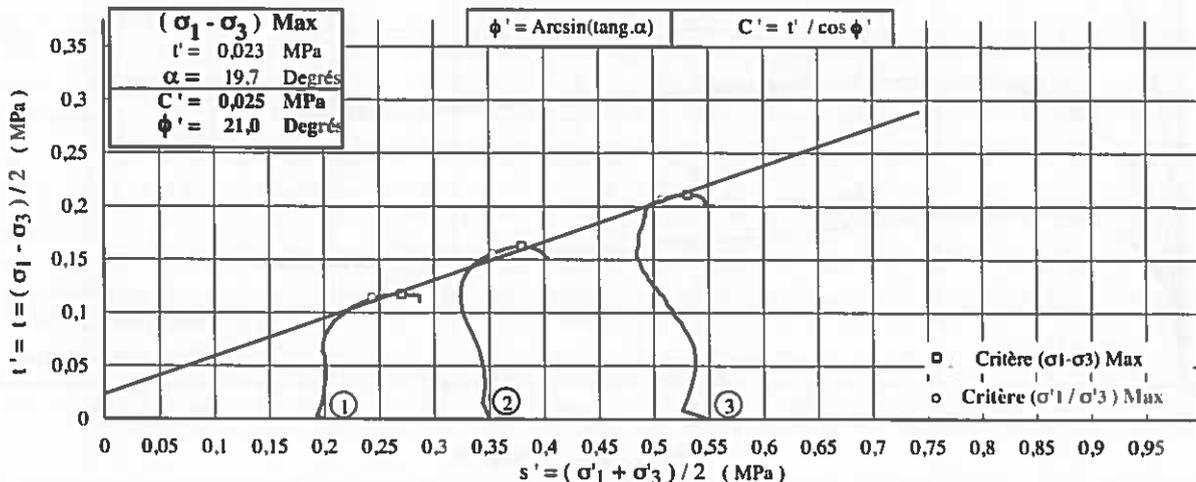
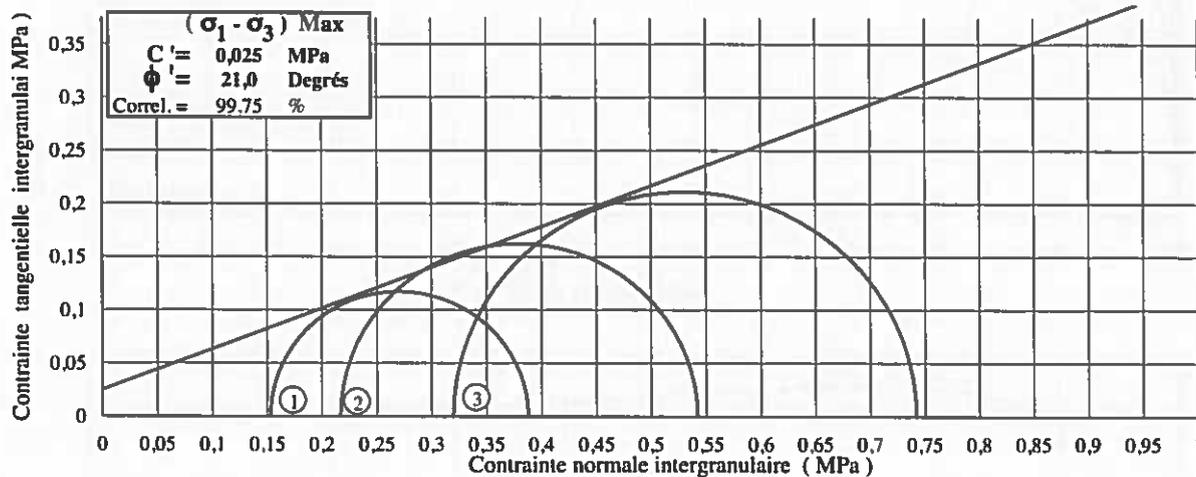
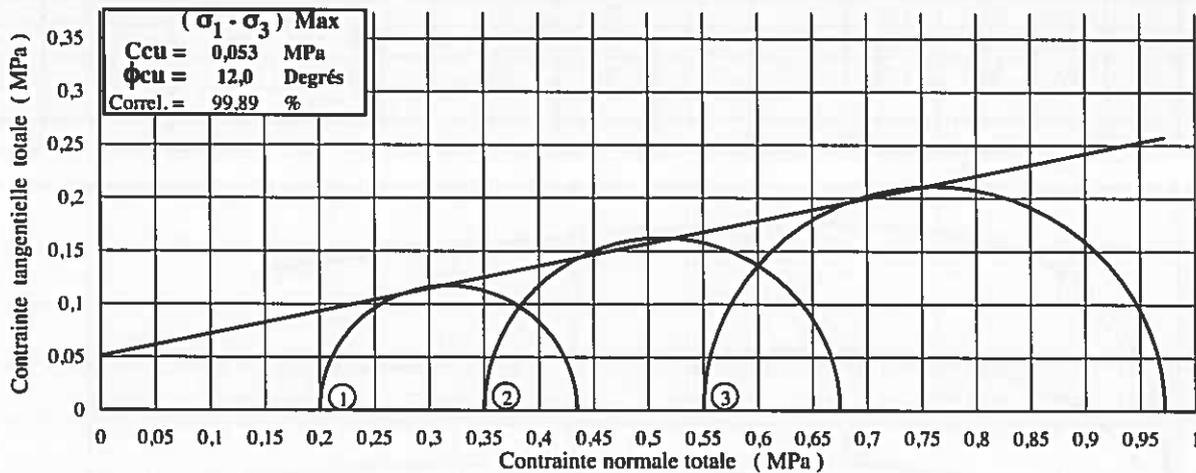
Profondeur : 5,20 à 6,20 m

SE N° : 49574

ENSEMBLE IMMOBILIER



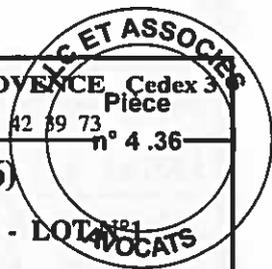
Eprv.	CRITERE ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) Max					CRITERE ( $\sigma'_1 / \sigma'_3$ ) Max					Date: 10/01/2018					
	( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) (MPa)	U (MPa)	$\epsilon$ (%)	s' (MPa)	t (MPa)	( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) (MPa)	U (MPa)	$\epsilon$ (%)	s' (MPa)	t (MPa)	$\sigma_3$ (MPa)	Ucp (MPa)	T100 (mm)	B (%)	$\Delta V_s$ (cm <sup>3</sup> )	Vit. mm/mn
1	0.235	0.047	9.2	0.270	0.117	0.229	0.071	5.3	0.244	0.115	0.200	0.30	290	NON	2.21	0.009
2	0.325	0.133	8.7	0.379	0.162	0.312	0.153	5.6	0.353	0.156	0.350	0.30	250	NON	3.03	0.009
3	0.422	0.230	9.6	0.531	0.211	0.413	0.249	6.3	0.507	0.207	0.550	0.30	280	98.9	3.67	0.008
4																
5																



# SOL-ESSAIS

460, Avenue Jean Perrin - 13851 AIX EN PROVENCE Cedex 3

Tél. 04 42 39 74 85 - Télécopie 04 42 39 73 43



## ESSAI AU TRIAXIAL (CU + u). NF P 94-074

MOUGINS (06)

Forage N° : F 1

Carotte N° : EI

AVENUE DE TOURNAMY - LOT n° 1 MOCATS

Profondeur : 7,20 à 7,60 m

SE N° : 49754

ENSEMBLE IMMOBILIER

**DESCRIPTION :** Argile légèrement limoneuse marron-grisâtre, mi-consistante à consistante, plastique.

$\gamma_s$  Estimé : 2,70

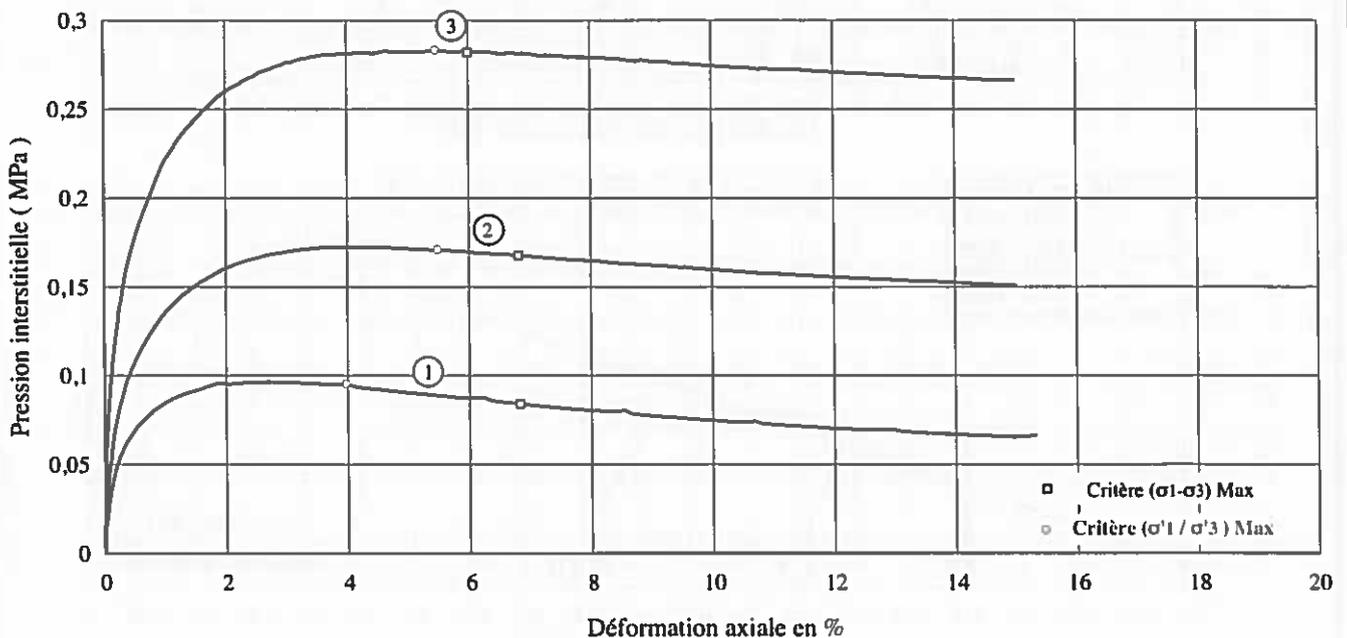
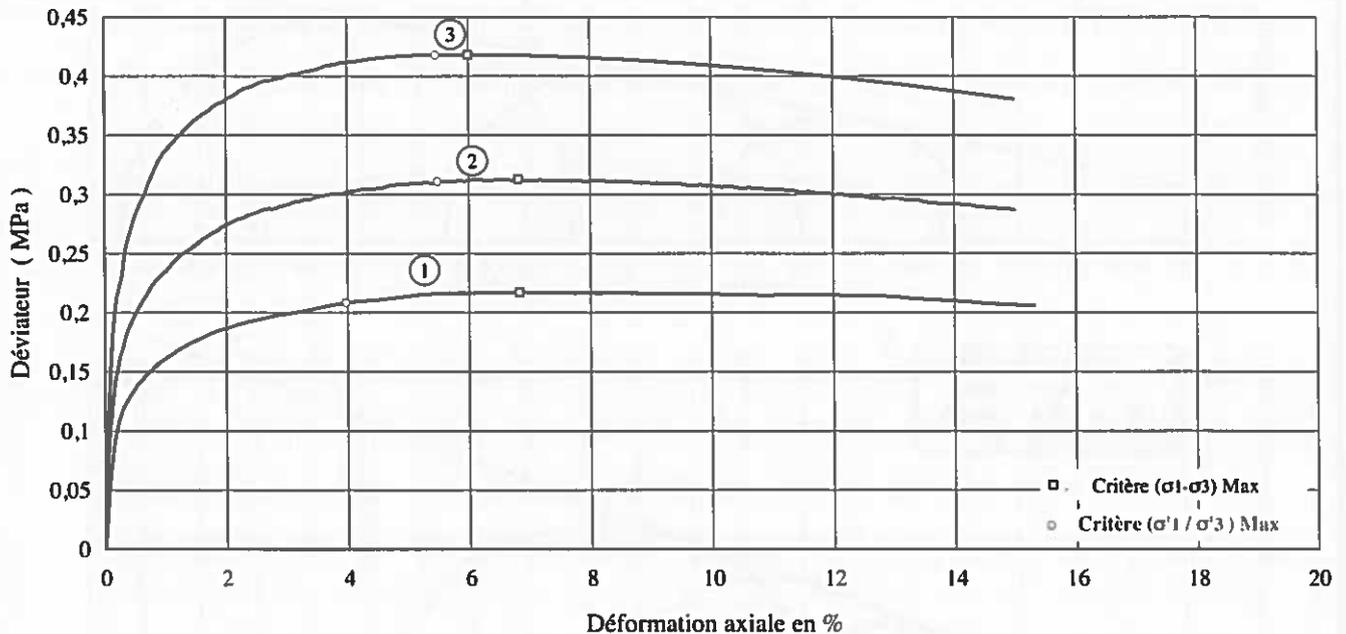
Pas de plan de rupture, déformation plastique en " tonneau ".

$\gamma_s$  Mesuré :

**OBSERVATIONS :** Peu de différences dans les résultats entre les deux critères.

Date: 18/01/2018

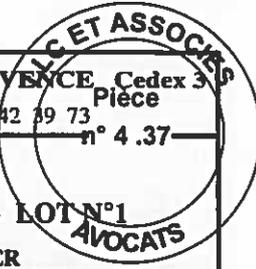
Eprouvette N°	CARACTERISTIQUES							CARACTERISTIQUES FINALES				
	$\phi$ (mm)	H (mm)	W (%)	$\gamma$	$\gamma_d$	e	$S_r$ (%)	W (%)	$\gamma$	$\gamma_d$	e	$S_r$ (%)
1	35,0	69,7	29,2	1,95	1,51	0,79	99,9	27,8	1,97	1,54	0,75	99,9
2	35,0	69,5	28,4	1,96	1,53	0,77	99,8	25,9	2,00	1,59	0,70	99,8
3	35,0	69,6	28,6	1,96	1,52	0,77	99,9	25,0	2,01	1,61	0,67	99,9
4												
5												



# SOL-ESSAIS

460, Avenue Jean Perrin - 13851 AIX EN PROVENCE Cedex 3

Tél. 04 42 39 74 85 - Télécopie 04 42 39 73



## ESSAI AU TRIAXIAL (CU + u). NFP 94-074

MOUGINS (06)

Forage N° : F 1

Carotte N° : EI

AVENUE DE TOURNAMY - LOT N°1

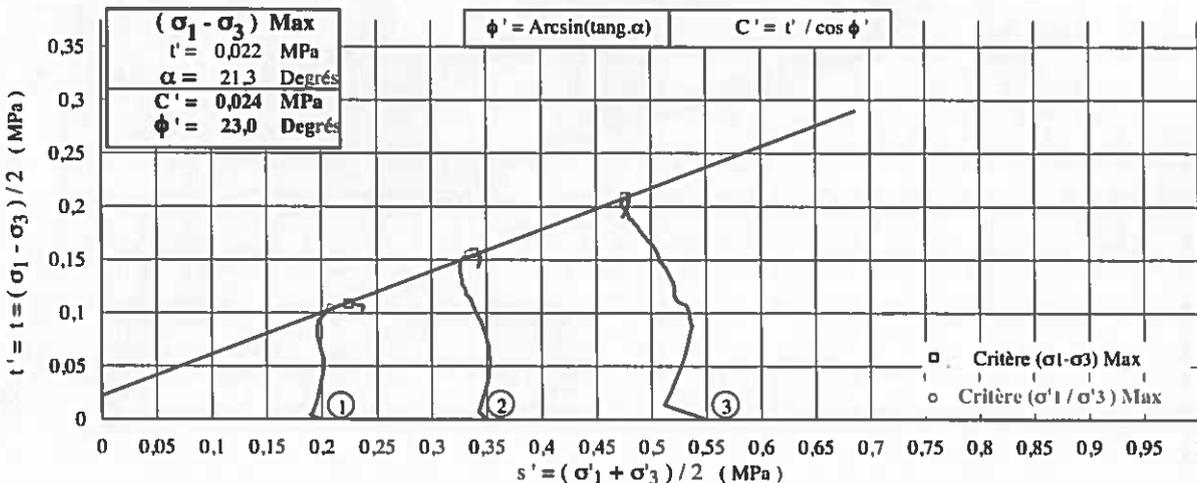
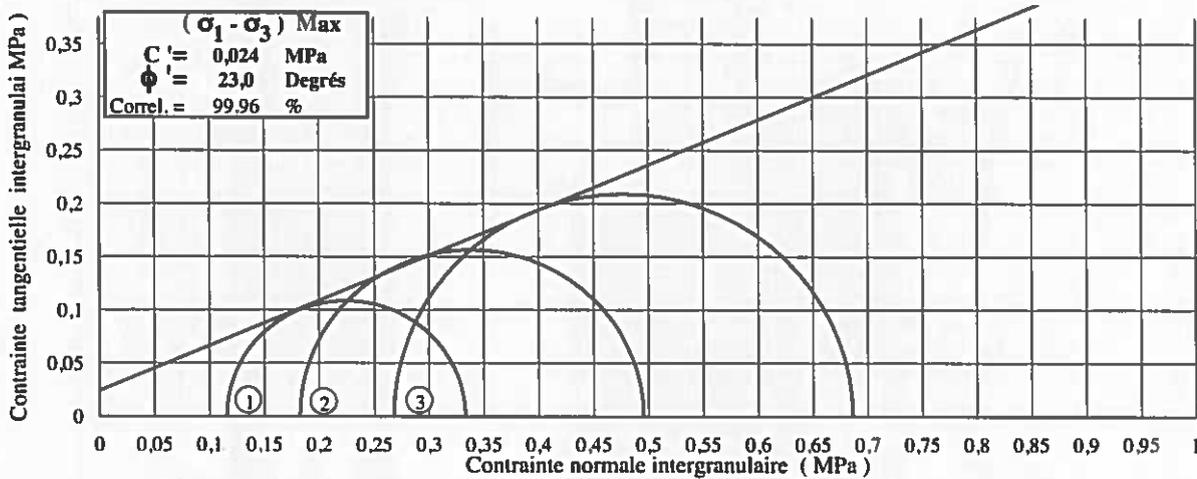
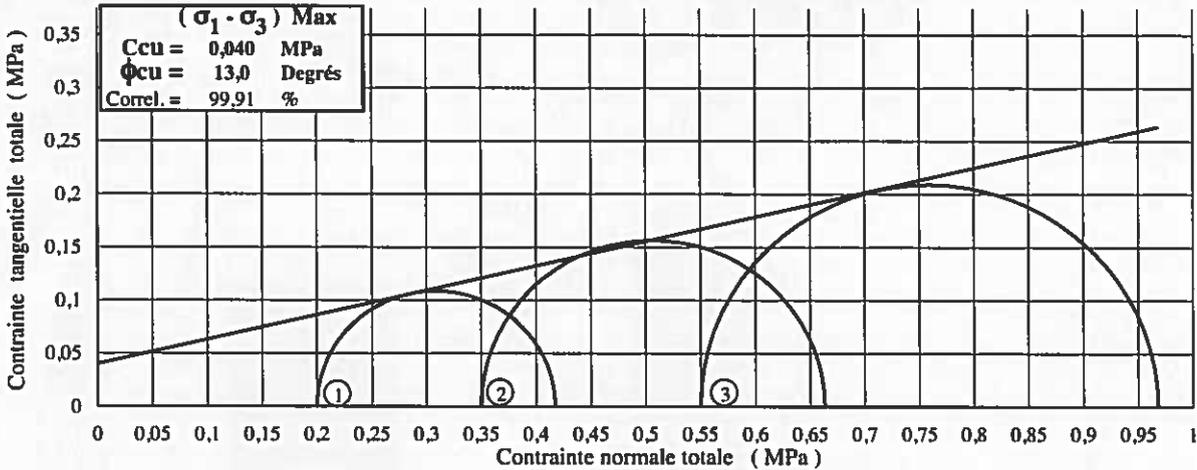
Profondeur : 7,20 à 7,60 m

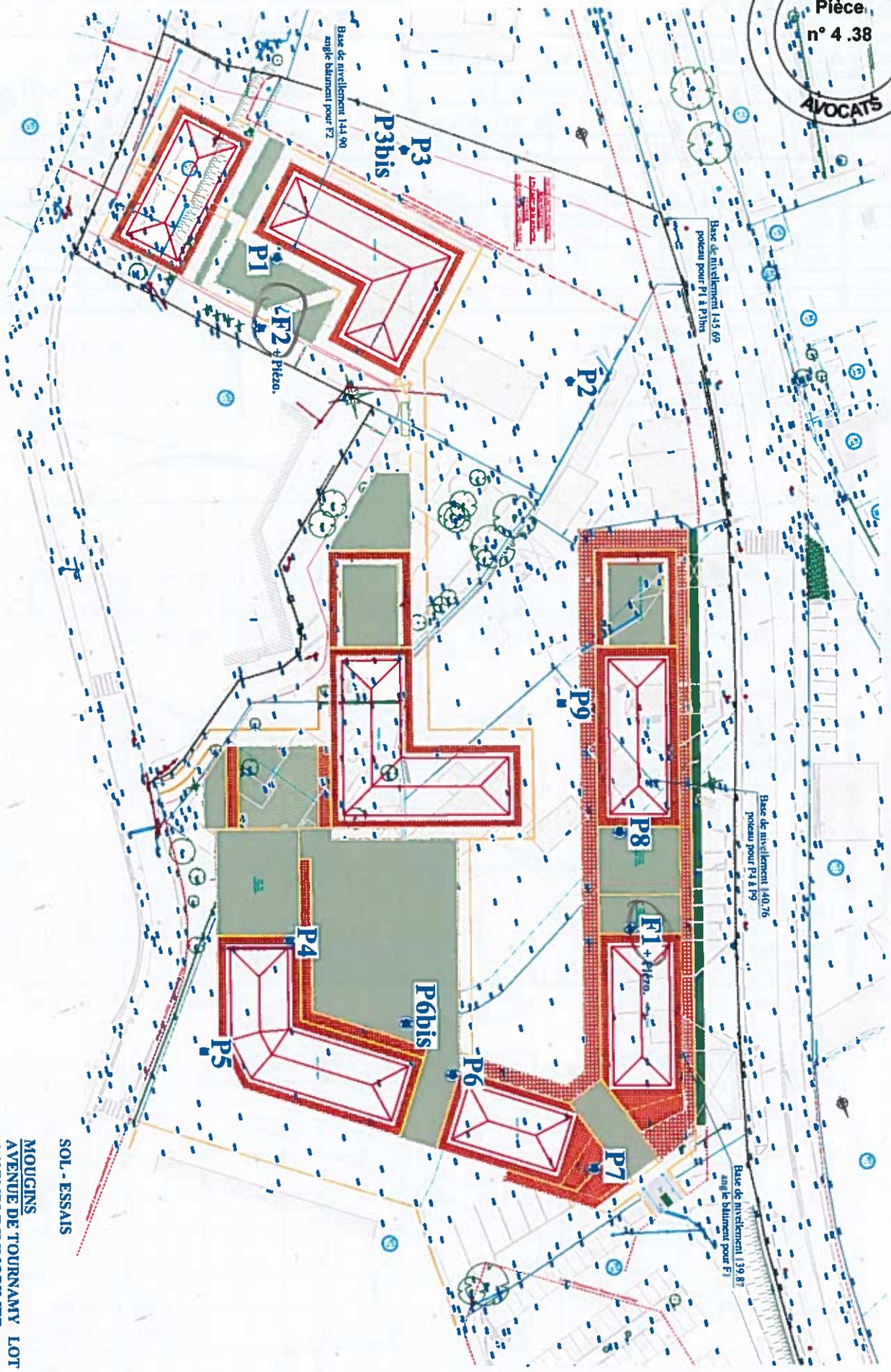
SE N° : 49754

ENSEMBLE IMMOBILIER

Date: 18/01/2018

Eprv.	CRITERE ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) Max					CRITERE ( $\sigma'_1 / \sigma'_3$ ) Max					Date: 18/01/2018					
	( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) (MPa)	U (MPa)	$\epsilon$ (%)	$s'$ (MPa)	t (MPa)	( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) (MPa)	U (MPa)	$\epsilon$ (%)	$s'$ (MPa)	t (MPa)	$\sigma_3$ (MPa)	Ucp (MPa)	T100 (mn)	B (%)	$\Delta V_s$ (cm <sup>3</sup> )	Vit. mm/mn
1	0.217	0.084	6.8	0.225	0.109	0.209	0.095	4.0	0.209	0.104	0.200	0.30	150	NON	2.43	0.012
2	0.313	0.168	6.8	0.339	0.157	0.311	0.171	5.5	0.335	0.155	0.350	0.30	200	NON	3.28	0.012
3	0.418	0.282	6.0	0.477	0.209	0.418	0.283	5.5	0.476	0.209	0.550	0.30	237	99.6	5.88	0.012
4																
5																





SOL - ESSAIS

MOUGINS  
 AVENUE DE TOURNAMY LOT N°1  
 ENSEMBLE IMMOBILIER

IMPLANTATION DES SONDAGES  
 N° : 49574 - 1

Le 17 janvier 2018 - CM