



AURIBEAU SUR SIAGNE (06)

**PROJET DE CONSTRUCTION
D'UN ENSEMBLE DE BATIMENTS COLLECTIFS
ET DE BASTIDES**

CHEMIN DE CLAVARY

N° 50331

AVIS GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

Mission : G2 AVP

AFF.	DATE	PHASE	IND.	Sujet Révision	Rédacteur	Vérif.
50331	06/11/2018	G2 AVP	0	1 ^{ère} diffusion	RF/ma	JM.A

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

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



TABLE DES MATIERES

I – PRESENTATION DE LA MISSION	3
I.1 – Présentation de la mission.....	3
I.2 – Consistance de la mission	3
I.3 – Mission selon la norme NF P 94-500.....	4
II – RESULTATS.....	4
II.1 – Essais de pénétration dynamique lourde.....	5
II.2 – Sondages destructifs.....	5
II.3 – Contexte géologique.....	6
II.4 – Niveau d'eau	11
III – CONCLUSIONS.....	12
III.1 – Fondations	12
III.2 – Terrassements.....	15
III.3 – Drainage.....	17
III.4 – Règles parasismiques.....	18
IV – ANNEXES	19

I – PRESENTATION DE LA MISSION

I.1 – Présentation de la mission

La société TAMARINS DEVELOPPEMENT 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 comportant des bâtiments collectifs et des bastides, et dont l'édification est envisagée sur un terrain situé Chemin de Clavary à AURIBEAU SUR SIAGNE (06).

Notre intervention est de type G2 AVP, selon notre proposition technique et financière, référence D180725438 du 30 juillet 2018, validée par lettre de commande du maître d'ouvrage également en date du 30 juillet 2018.

I.2 – Consistance de la mission

Notre intervention a comporté les investigations suivantes :

- 4 sondages à la pelle mécanique, descendus à des profondeurs comprises entre 2,20 m et 2,50 m en vue de la reconnaissance visuelle des couches proches de la surface.

Les sondages, réalisés à l'aide d'une mini-pelle, ont également été complétés par l'aménagement d'une piste d'accès sur le terrain.

- 8 essais de pénétration dynamique lourde, plus particulièrement implantés dans la partie haute du terrain où est prévue l'implantation des bastides.

Ces essais, poussés au refus à des profondeurs comprises entre 0,80 m en PD6 et 7,60 m en PD4, ont permis d'apprécier, en continu, les qualités de compacité et d'homogénéité des terrains rencontrés.

- 4 forages destructifs, avec enregistrement continu des paramètres, permettant l'exécution d'essais pressiométriques répartis dans les différentes couches traversées.

Ces sondages ont été descendus à 20 m de profondeur et ont permis d'apprécier les qualités mécaniques et l'homogénéité des terrains traversés.

L'un d'entre eux (forage FP3), a été équipé, sur toute sa hauteur, avec un tube piézométrique crépiné sur 18 m depuis sa base.

- 1 forage carotté de corrélation, descendu à 16 m de profondeur, destiné à la reconnaissance visuelle des terrains traversés et au prélèvement d'échantillons intacts pour l'exécution d'essais d'identification et de cisaillement en laboratoire.

Ce forage a été équipé, sur toute sa hauteur, avec un tube piézométrique crépiné et a permis la réalisation de 3 essais ponctuels de perméabilité de type Lefranc, vers 3 m, 6 m et 9 m de profondeur.

Les forages pressiométriques et carottés ont été répartis sous l'emprise des bâtiments collectifs en fonction des possibilités d'accès actuelles.

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).

II – RESULTATS

On trouvera en annexe :

- Les coupes de sondage à la pelle 50331 A à D
- Les graphiques de pénétration dynamique lourde 50331 PD1 à PD8
- Les graphiques de forage destructif 50331 FP1 à FP4 ainsi que les résultats d'essais pressiométriques s'y rapportant
- La coupe du forage carotté 50331 F1
- Les résultats d'essais de laboratoire se rapportant aux échantillons testés
- Un plan d'implantation des sondages 50331-1 sur fond de plan de masse.

Les cotes de départ des sondages ont été rattachées au nivellement du plan de géomètre qui nous a été communiqué, à l'exception des sondages à la pelle mécanique non nivelés.

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 50331 PD1 à PD8 indiquent la contrainte globale du sol à la rupture en 10^{-1} MPa, en fonction de la profondeur en mètres.

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

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 50331 FP1 à FP4, on peut lire, de gauche à droite :

- **La vitesse instantanée d'avancement**, graduée de 0 à 500 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 sur l'outil (PO)**, graduée de 0 à 100 bars, elle permet une analyse plus fine de la vitesse d'avancement ;
- **La pression du fluide d'injection (PI)**, graduée de 0 à 30 bars ; ses variations traduisent la cohésion du matériau ; son augmentation correspond souvent à un faciès argileux ou marneux ;

- **Le couple de rotation (CR)**, gradué de 0 à 200 bars ; il est également en relation avec la cohésion du matériau.

ESSAIS PRESSIOMETRIQUES

- . La pression limite (PI) et la pression de fluage (Pf), graduées de -2 à 10 MPa.
- . Le module pressiométrique (Em), gradué de 0 à 1 100 MPa.

II.3 – Contexte géologique

Le terrain, concerné par le projet, est situé dans une zone géologiquement assez complexe, normalement caractérisée par la présence d'un substratum d'âge Pliocène pouvant présenter un faciès argilo-marneux ou conglomératique plus ou moins bien cimenté, mais ces différents horizons sont généralement surmontés par des produits meubles de couverture et d'altération ainsi que par d'éventuels remblais, consécutifs à l'aménagement du site.

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

Au droit du forage carotté F1, on remarque, en effet, la présence d'une couche superficielle de matériaux à structure fine prédominante présentant un faciès limono-argileux, localement sablo-graveleux, de couleur beige crème à brunâtre.

Ces matériaux ont été reconnus jusqu'à 1,50 m de profondeur environ et laissent ensuite place à des couches limono-argileuses de couleur beige puis rapidement grisâtre, dont la compacité apparente semble moyenne.

Ce type de terrain a fait l'objet de prélèvements d'échantillons intacts, notamment entre 1,50 m et 2 m de profondeur puis entre 2,70 m et 3 m de profondeur, permettant la réalisation d'essais de laboratoire.

Les résultats obtenus confirment la structure fine des terrains testés, caractérisés par une densité humide de l'ordre de 1,95 à 2, pour une teneur en eau de l'ordre de 23 %.

Une mesure de limites d'Atterberg conduit à un indice de plasticité de l'ordre de 14 %, pour une limite de liquidité de 41 % (argiles peu plastiques selon l'abaque de Casagrande).

Un essai de cisaillement rectiligne à la boîte permet d'évaluer un angle de frottement de l'ordre de 33° pour une cohésion comprise entre 0,06 et 0,075 MPa.

Ces matériaux argileux, localement plastiques, semblent présenter une compacité croissante en fonction de la profondeur passant ainsi à un faciès argilo-marneux notamment au-delà de 4 m de profondeur environ en F1.

Deux échantillons intacts ont également été prélevés dans ces matériaux à dominante marneuse, notamment vers 6 et 9,60 m de profondeur, en vue de l'exécution d'essais de laboratoire permettant d'en apprécier les caractéristiques physiques et mécaniques principales.

Les paramètres physiques mesurés sont ceux de sols argileux consistants (densité humide de l'ordre de 2,05) et une évaluation de limites d'Atterberg, sur l'échantillon prélevé vers 6 m, conduit à considérer ceux-ci comme moyennement plastiques selon l'abaque de Casagrande ($I_p = 13 \%$, $W_l = 40 \%$).

Un essai à l'appareil Triaxial sur le même échantillon conduit à des valeurs de cohésion très élevées ($C_u = 0,2$ MPa) pour un angle de frottement de 28°.

Les caractéristiques de cisaillement drainées sont celles de sols argilo marneux : cohésion drainée : 0,02 MPa et angle de frottement drainé 37°.

Ces matériaux, à dominante argilo-marneuse de couleur grisâtre, ont été reconnus jusqu'à 16 m de profondeur, cote d'arrêt du forage F1.

Les forages destructifs, pour essais pressiométriques, traduisent, pour leur part, selon les zones, la présence d'épaisseurs plus ou moins marquées de terrains meubles de recouvrement qui se traduisent par des vitesses d'avancement irrégulières et souvent très rapides.

Ces caractéristiques semblent correspondre à la traversée de matériaux fins et peu compacts dont l'épaisseur n'excède pas quelques décimètres en FP4 pouvant atteindre environ 4 m en FP3 et près de 7 m en FP2.

Au droit du forage FP1, l'épaisseur moyenne de ces terrains meubles de recouvrement est encore plus importante puisqu'elle atteint près de 8 m environ.

Dans ces formations, les caractéristiques pressiométriques mesurées sont médiocres avec des valeurs de pression limite comprises entre 0,4 et 0,7 MPa en moyenne pour des modules pressiométriques compris entre 3 et 17 MPa selon la proportion d'éléments caillouteux traversés.

Au droit du sondage FP3, les résultats pressiométriques semblent traduire des valeurs globalement plus élevées à l'exception de l'essai effectué vers 1,50 m de profondeur.

Au-delà de ces formations de compacité faible et assez hétérogènes, pouvant correspondre, au moins localement, à des dépôts alluvionnaires de fond de vallon, les forages semblent rencontrer des matériaux sensiblement plus compacts et de meilleure homogénéité se traduisant par des vitesses d'avancement plutôt régulières et faibles.

Le toit de ces couches apparaît respectivement à partir de :

- 1 m de profondeur environ en FP4
- 4 m de profondeur environ en FP3
- 7 m de profondeur environ en FP2
- 8 m de profondeur environ en FP1

A partir de ces niveaux, les caractéristiques pressiométriques mesurées apparaissent sensiblement plus élevées avec des valeurs de pressions limites généralement supérieures à 4 MPa pour des modules pressiométriques qui varient, selon les forages, de 90 à 140 MPa au droit du forage FP1 et le plus souvent supérieurs à 150 ou même 200 MPa pour les autres forages.

Ces particularités correspondent au degré de consolidation variable des matériaux argilo-marneux, ainsi qu'en témoigne l'augmentation concomitante de la pression d'injection du fluide de forage enregistrée au droit des forages destructifs.

Cette particularité ne peut cependant être considérée comme une identification nette de la nature des terrains recoupés que seule la réalisation de forages carottés permet avec précision.

Les forages pressiométriques ont été interrompus à des profondeurs de l'ordre d'une vingtaine de mètres dans ces matériaux de compacité moyenne à bonne et d'homogénéité relativement satisfaisante.

Les résultats des sondages à la pelle mécanique confirment la présence de matériaux superficiels particulièrement hétérogènes constitués, au moins localement, de remblais de gravats de chantier, notamment jusqu'à 0,60 m de profondeur au droit de la fouille B.

Au-delà de ces matériaux, ainsi qu'à proximité de la surface et sur quelques décimètres au droit de la plupart des autres sondages, les terrains recoupés présentent un faciès limoneux correspondant, vraisemblablement, à de la terre végétale avec présence de racines.

Au-delà de ces formations superficielles de recouvrement, les fouilles à la pelle traduisent ensuite la présence de matériaux de granulométrie particulièrement irrégulière, au moins localement assez grossière entre 0,50 m et 1,20 m de profondeur au droit de la fouille A, puis à dominante fine et à faciès argilo-sableux entre 1,20 m et 2,20 m de profondeur toujours au droit de la fouille A.

Dans ce contexte, la tenue des parois apparaît relativement bonne dans ce secteur.

A l'inverse, les autres sondages à la pelle révèlent la présence, notamment à partir de 0,30 m de profondeur en C, 0,90 m de profondeur en B et seulement 2 m de profondeur en D, de matériaux de granulométrie beaucoup plus irrégulière mais souvent grossière, à faciès de galets et graviers roulés de toutes tailles, pris dans un matériau pulvérulent qui confère aux parois des fouilles une tenue assez incertaine.

Au droit de la fouille D, la présence d'une couche argilo-sableuse, ocre roussâtre, de recouvrement a été identifiée entre 0,30 m et 2 m de profondeur.

Dans la partie haute du versant, plus particulièrement concernée par les sondages à la pelle C et D, les essais de pénétration dynamique lourde qui ont pu être effectués confirment également la présence, à faible profondeur sous la surface actuelle, de matériaux de granulométrie plutôt grossière et d'assez bonne compacité d'ensemble.

Ces formations sont en effet caractérisées par des résistances dynamiques très irrégulières, mais généralement assez élevées (supérieures à 8 ou même 10 MPa).

La structure assez grossière et hétérogène des formations recoupées s'accompagne de variations significatives de la résistance dynamique qui peut osciller, selon les cas, entre des valeurs de l'ordre de 6 à 8 MPa dans les zones contenant une structure fine prédominante et supérieures à 15 ou même 20 MPa lors de la traversée de passages très caillouteux.

Des refus sont même obtenus plus ou moins rapidement dans ce type de matériaux, notamment vers 0,80 m de profondeur en PD6, 1 m de profondeur en PD8, 1,20 m de profondeur en PD3 et PD7, 2,40 m de profondeur en PD1, 2,60 m de profondeur en PD2 et 3,80 m de profondeur en PD5.

Seul le sondage PD4 a pu atteindre une profondeur d'investigation plus importante, mettant ainsi en évidence des formations à structure irrégulière mais plutôt grossières et de compacité moyenne à bonne jusqu'à 4,50 m de profondeur environ (résistance dynamique comprise, en moyenne, entre 7 et 10 MPa), puis des matériaux vraisemblablement plus fins et de résistance intrinsèque très limitée, s'accompagnant de valeurs de résistance dynamique comprises entre 1 et 4 MPa en moyenne.

Ces formations, assez hétérogènes mais peu compactes, ont été identifiées entre 4,50 m et 7 m de profondeur environ.

Au-delà, on enregistre ensuite une nouvelle augmentation très nette de la résistance dynamique, conduisant à un refus de pénétration obtenu vers 7,30 m de profondeur au droit de cet essai PD4.

Ces différents résultats confirment, à notre sens, l'assez forte hétérogénéité des matériaux recoupés sous l'emprise du futur projet, caractérisés par la présence de matériaux à structure plutôt grossière mais hétérogène dans la partie haute du versant, surmontant un substratum argilo-marneux plus ou moins altéré et recouvert par des dépôts meubles notamment dans la partie basse du versant proche du vallon existant.

Le faciès, souvent argileux des matériaux recoupés au droit du forage carotté F1, a également pu être confirmé par les mesures de perméabilité ponctuelles effectuées au moyen d'essais Lefranc dans ce forage, notamment vers 3 m, 6 m et 9 m de profondeur.

Les résultats obtenus traduisent en effet des valeurs de perméabilité le plus souvent inférieures à 10^{-8} m/s, validant la structure fine prédominante des matériaux testés.

II.4 – Niveau d'eau

Des niveaux d'eau, non parfaitement stabilisés, ont pu être relevés au droit des forages équipés avec des tubes piézométriques, respectivement vers :

- 8,20 m de profondeur en FP3, soit 27.30
- 4,00 m de profondeur en F1, soit +31.10

Ces niveaux peuvent correspondre à des circulations d'eau souterraines, qui s'effectuent au sein de passages plus perméables et qui peuvent, au moins localement, présenter, notamment dans la partie basse du versant, un caractère permanent conduisant à les apparenter à une nappe de fond de vallon.

Le suivi piézométrique prévu permettra de préciser ce point sous la forme de niveaux d'eau correspondant à la cote moyenne de cette nappe et à ses fluctuations saisonnières.

Dans la partie amont du versant, il est également possible que s'effectuent des circulations d'eau privilégiées, notamment au contact entre les couches de perméabilité différentes, et en particulier au toit des formations argilo-marneuses en place.

Ces venues d'eau peuvent varier saisonnièrement de façon importante, aussi bien en intensité qu'en répartition, et peuvent même présenter localement un caractère permanent (sources).

III – CONCLUSIONS

Selon les éléments de coupes, en date de juin 2018, qui nous ont été communiqués, il apparaît que le projet comporte la construction de trois bâtiments collectifs d'habitation en partie basse du versant, en grande partie encastrés au sein de ce dernier, complétée par la réalisation de bastides dans la partie haute du terrain.

III.1 – Fondations

L'adaptation au sol du projet, dans le secteur des bâtiments collectifs, conduit à des terrassements d'ampleurs variables, mais au moins localement très importantes, en particulier au droit des coupes B et C qui nous ont été transmises (hauteur d'excavation comprise entre 8 et 15 m par rapport au niveau moyen du terrain actuel).

L'adaptation au sol de ce projet conduira donc à recouper, au moins localement dans ces secteurs d'excavation importante, le toit des couches de compacité moyenne à bonne, vraisemblablement rattaché au substratum argilo-marneux en place qui semble apparaître respectivement à partir de :

- 1 m de profondeur environ en FP4, soit + 36.75 dans le système de référence
- 4 m de profondeur environ en FP3, soit + 31.50 dans le système de référence
- 4 m de profondeur environ en F1, soit + 31.10 dans le système de référence

Dans ce type de matériaux, la contrainte admissible, pour le dimensionnement de fondations superficielles à semi-superficielles, peut atteindre une valeur de l'ordre de 0,45 MPa (contrainte ELS) au prix d'un encastrement à pleine fouille sur au moins 0,50 m dans les couches à faciès argilo-marneux en place.

Afin de conserver une assise homogène pour les fondations des bâtiments collectifs, il conviendra, vraisemblablement, de prévoir un approfondissement plus ou moins important en direction du vallon existant où le toit des matériaux de compacité équivalente n'apparaît qu'au-delà de :

- 7 m de profondeur environ en FP2, soit + 26.20 dans le système de référence
- 8 m de profondeur environ en FP1, soit + 23.80 dans le système de référence

Dans ces secteurs, et en fonction de l'adaptation au sol définitive du projet, le rattrapage du toit de ces matériaux pourra par exemple s'effectuer sur des profondeurs de l'ordre de 3 m environ au moyen de puits de gros béton coulés à pleine fouille et ancrés sur au moins 0,40 m dans les couches compactes, notamment dans le secteur du sondage FP2.

Dans la zone du forage FP1, où la profondeur de rattrapage est beaucoup plus importante, il pourra être nécessaire de recourir à des techniques de fondations profondes, de type pieux forés, dont le dimensionnement s'effectuera avec un terme de pointe déterminé à partir d'une pression limite équivalente P_{le} de l'ordre de 4 MPa environ au niveau des couches résistantes identifiées à partir de 8 m de profondeur au droit de ce sondage.

Au-delà d'un encastrement de 3 diamètres minimum dans ce type de matériaux, il sera également possible de mobiliser un frottement latéral dont la valeur limite ne pourra, à notre sens, excéder 100 kPa pour tenir compte du faciès argilo-marneux prédominant des terrains d'ancrage.

Le report des efforts de structure sur ces éléments de fondations profondes ou semi-profondes pourra s'effectuer par l'intermédiaire d'ouvrages en béton armé convenablement dimensionnés (poutres, longrines, plots, etc...).

Dans la partie haute du versant, la construction des bastides pourra s'effectuer en recourant à un mode de fondations relativement superficiel, de type semelles ancrées dans les couches de granulométrie plutôt grossière qui ont été généralement identifiées à faible profondeur dans ce secteur.

Le toit des couches d'assise pourra donc être recherché au-delà des matériaux superficiels de type terre végétale et matériaux fins dont l'épaisseur est généralement d'ordre décimétrique à pluridécimétriques et avec une contrainte admissible dont la valeur moyenne, en tenant compte des résultats des essais les plus défavorables (sondage PD4) pourra être prise de l'ordre de 0,25 MPa (contrainte ELS) pour un encastrement minimum sur 0,50 m dans les horizons à structure caillouteuse décrits ci-dessus.

Il conviendra cependant de prévoir, au moins localement, des adaptations possibles de ces fondations nécessitant, notamment, un approfondissement pour s'affranchir de la surépaisseur de matériaux argilo-sableux qui a été identifiée jusqu'à 2 m de profondeur au droit de la fouille D.

On provisionnera donc une quantité de gros béton de rattrapage assez importante pour faire face à ces inévitables variations de faciès et d'altimétrie du toit des couches d'assise.

La forte hétérogénéité des terrains rencontrés, notamment dans la partie haute du versant, caractérisée par des rechutes locales de résistance assez marquées en PD4, impose également de donner à l'ensemble fondations/ossatures de ces constructions, une forte rigidité leur permettant d'encaisser un défaut local éventuel de portance.

Cette rigidification pourra par exemple être recherchée en privilégiant un mode de fondations de type semelles filantes entrecroisées, de forte inertie, traitées comme des poutres de raideur.

On pourra ainsi envisager, dans le cas de vide-sanitaire, de prévoir un réseau de poutres voiles entrecroisées sur la hauteur de celui-ci.

D'une manière générale, on veillera, tout particulièrement, au centrage et à la répartition homogène des charges.

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.

Lors des travaux, on portera attention à toutes variations de faciès ou anomalies 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 des futures fondations.

Les semelles devront être coulées le plus rapidement possible après ouverture des fouilles afin de limiter les phénomènes de décompression et d'altération souvent très sensibles, notamment dans les zones à faciès argilo-marneux prédominant.

III.2 – Terrassements

Le projet comporte la réalisation de terrassements de déblais de très grande ampleur, notamment pour certaines zones des bâtiments collectifs prévus dans la partie basse du versant.

Sur les coupes BB et CC, qui nous ont été communiquées, il apparaît en effet que les hauteurs d'excavation atteignent, dans ces zones, des amplitudes significatives, de l'ordre de 8 à 15 m environ.

Les terrains, qui seront recoupés par ces terrassements, présentent, le plus souvent, une structure assez grossière à proximité de la surface, avec une cohésion d'enchevêtrement particulièrement limitée, puis essentiellement un faciès à dominante argileuse à argilo-marneuse, caractérisée par une cohésion à court terme assez élevée mais pouvant être affectée de phénomènes particuliers de déformabilité résultant de leur déconfinement lors des terrassements prévus.

Il convient donc, à notre sens, de proscrire absolument toute ouverture de fouille, en grande masse et sans précaution particulière dans ces zones où les terrassements seront alors entrepris à l'abri d'ouvrages de soutènement adaptés pouvant, par exemple, être constitués par des écrans de type berlinois reposant sur la mise en œuvre d'éléments verticaux de forte inertie, scellés dans des forages réalisés à l'avance et stabilisés, à l'avancement des terrassements, par des tirants d'ancrage, si le voisinage le permet, ou par des dispositifs de butonnages.

Le dimensionnement des soutènements sera effectué en tenant compte des caractéristiques stratigraphiques et géomécaniques moyennes suivantes :

Couche n° 1 : terrains meubles de recouvrement à structure irrégulière et de cohésion limitée (épaisseur moyenne 4 m)

- poids volumique humide	≈ 22 kN/m ³
- cohésion à court terme	maximum 5 kPa en l'absence de venue d'eau d'infiltration
- cohésion à long terme	nulle
- angle de frottement interne à court terme	≈ 30°
- angle de frottement interne à long terme	≈ 33°
- frottement latéral limite	qs négligé

Couche n° 2 : substratum argilo-marneux

- poids volumique humide	≈ 22 kN/m ³
- cohésion à court terme	≈ 2 à 25 kPa en l'absence de venue d'eau d'infiltration
- cohésion à long terme	maximum 10 kPa
- angle de frottement interne à court terme	≈ 26°
- angle de frottement interne à long terme	≈ 32°
- frottement latéral limite	qs = 100 kPa pour une injection de scellement de type IGU

Cette hypothèse de frottement devra faire l'objet d'une vérification, au moins au démarrage des travaux, par l'exécution d'essais de traction préalables, à longs paliers de fluage poussés à la rupture.

Le faciès argilo marneux des terrains d'ancrage nous conduit à insister sur le maintien d'une durée importante des paliers de mise en tension des tirants, notamment dans l'hypothèse de tirants définitifs pour lesquels le scellement, dans ce type de terrain, peut effectivement se traduire par des phénomènes de fluage différés.

L'exécution des travaux de terrassements et de fondations spéciales devra être considérée comme des reconnaissances de sol complémentaires à l'avancement dont les résultats pourront conduire à des modifications ou adaptations du projet initial.

Il convient également de prévoir l'auscultation du comportement des ouvrages de soutènement, conformément à la méthode observationnelle décrite à l'Eurocode n° 7, par exemple au moyen d'une instrumentation de type suivi topographique et inclinométrique.

Ces contrôles devront notamment permettre de vérifier le déplacement éventuel des écrans de soutènement et des terrains environnants ainsi que l'évolution potentielle de la tension des tirants d'ancrage si ce type de solution technique est retenu, en particulier dans le cas d'éventuels ouvrages définitifs.

Dans la partie basse du versant, la reprise des efforts de poussées, en phase définitive, pourra être effectuée par les éléments d'infrastructure des bâtiments convenablement dimensionnés et éventuellement renforcés par des ancrages.

L'exécution des terrassements de déblais pourra localement nécessiter l'emploi de moyens lourds d'excavation dont la compatibilité avec l'environnement du chantier devra être appréciée au préalable et contrôlée, en cours d'exécution, notamment par un suivi au moyen de capteurs de vibrations installés sur les constructions situées dans la zone d'influence du projet.

Ce contrôle pourra être utilement maintenu durant la phase de réalisation des travaux de fondations spéciales.

Dans la partie supérieure du versant, il est prévu l'aménagement d'une voirie de desserte des bastides nécessitant le décapage systématique des matériaux de pure surface, dont l'épaisseur est généralement pluridécimétriques, et leur substitution par des épaisseurs adaptées de tout venant calibré, de classe D selon la norme GTR, mises en place par couches horizontales minces successives sur un terrain préalablement décapé, aménagé en redans et drainé.

Il conviendra également de prévoir l'interposition d'un filtre géotextile anti-contaminant, de type Bidim, à fort grammage entre les remblais d'apport et le terrain naturel.

Les matériaux, ainsi mis en place, seront contrôlés par des essais à la plaque, successivement effectués au cours du montage des remblais, et dont les critères de réception, sur la plate-forme définitive, pourront être de l'ordre de :

- $E_{v2}/E_{v1} \leq 2$
- $E_{v2} \geq 80 \text{ MPa}$

III.3 – Drainage

Ce point prend ici une importance prépondérante notamment compte tenu de l'importance des excavations de déblais envisagées.

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 et son voisinage.

En cas de venue d'eau persistante ou de trace d'humidité, on prévoira leur captage et évacuation au moyen de dispositifs drainants spécifiques tels que drains forés subhorizontaux par exemple.

Une approche préalable de l'incidence éventuelle de la mise en place de tels drains devra cependant être effectuée afin d'éviter toutes perturbations du comportement des aménagements voisins.

Dans la partie basse du versant proche du vallon existant, des précautions complémentaires pourront être nécessaires en fonction des résultats du suivi piézométrique actuellement en cours (rabattement localisé par puits et pointes filtrantes, cuvelage en phase définitive...).

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 de l'ensemble du projet dans la catégorie « **B** ».

Sous réserve du respect des recommandations ci-dessus, nous donnons à ce projet, et au défrichement qui s'y rapporte, **un avis géologique et géotechnique favorable.**

Biot, le 6 novembre 2018

Roger FAURIEL



IV – ANNEXES

- Les coupes de sondage à la pelle 50331 A à D
- Les graphiques de pénétration dynamique lourde 50331 PD1 à PD8
- Les graphiques de forage destructif 50331 FP1 à FP4 ainsi que les résultats d'essais pressiométriques s'y rapportant
- La coupe du forage carotté 50331 F1
- Les résultats d'essais de laboratoire se rapportant aux échantillons testés
- Un plan d'implantation des sondages 50331-1 sur fond de plan de masse.

Ces annexes sont indissociables du présent rapport.

AURIBEAU (06) – Chemin de Clavary

Projet de construction de bâtiments collectifs et bastides

Aff. n° 50331

Fouilles à la pelle

• Fouille A	
0 => 0,50	Terre végétale limoneuse brun-grisâtre
0,50 => 1,20	Limons sablo-caillouteux grisâtres, avec galets arrondis de toutes tailles
1,20 => 2,20	Argiles sableuses beige-crème à marron, mi-consistantes mais assez pulvérulentes
<i>Arrêt à - 2,20 m : Limite pelle - Assez bonne tenue des parois</i>	

• Fouille B	
0 => 0,60	Remblais de gravats (briques, etc...)
0,60 => 0,90	Terre végétale limono-caillouteuse brun-grisâtre
0,90 => 2,50	Limons sablo-caillouteux brunâtres, avec galets roulés de toutes tailles, passages pulvérulents sans cohésion vers la abse
<i>Arrêt à - 2,50 m : Limite pelle – Mauvaise tenue des parois</i>	

• Fouille C	
0 => 0,30	Terre végétale limoneuse avec racines
0,30 => 2,30	Sables et galets beige-rougeâtre, avec passages limono-argileux beige-crème en tête et vers la base sur quelques décimètres d'épaisseur
<i>Arrêt à - 2,30 m : Limite pelle –</i>	

• Fouille D	
0 => 0,30	Terre végétale limoneuse brunâtre avec racines
0,30 => 2,00	Argile sableuse ocre-roussâtre
2,00 => 2,20	Sables grisâtres avec galets roulées de toutes tailles
<i>Arrêt à - 2,20 m : Limite pelle –</i>	



SOL-ESSAIS

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

AURIBEAU SUR SIAGNE
CHEMIN DE CLAVARY
BATIMENTS COLLECTIFS ET BASTIDES

PENETROMETRE DYNAMIQUE

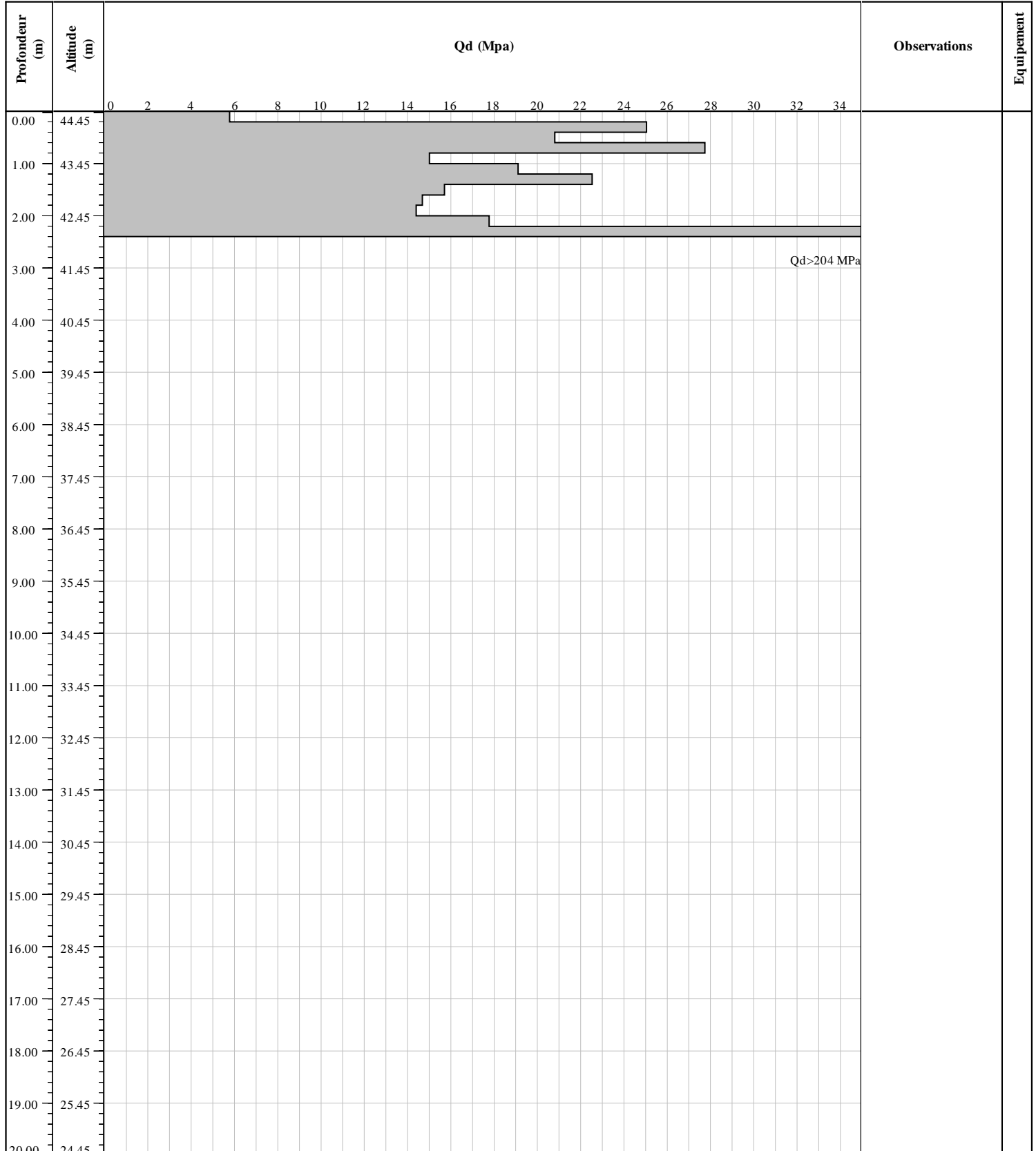
(Mouton 36 DaN - Chute 0.72 m - Pointe 50 mm.)

PD1

X:
Y: N° : 50331
Z: 44.45 m **Date :** 11/09/2018

Profondeur : 2.4 m

GM le 17/09/18





AURIBEAU SUR SIAGNE
CHEMIN DE CLAVARY
BATIMENTS COLLECTIFS ET BASTIDES

PENETROMETRE DYNAMIQUE

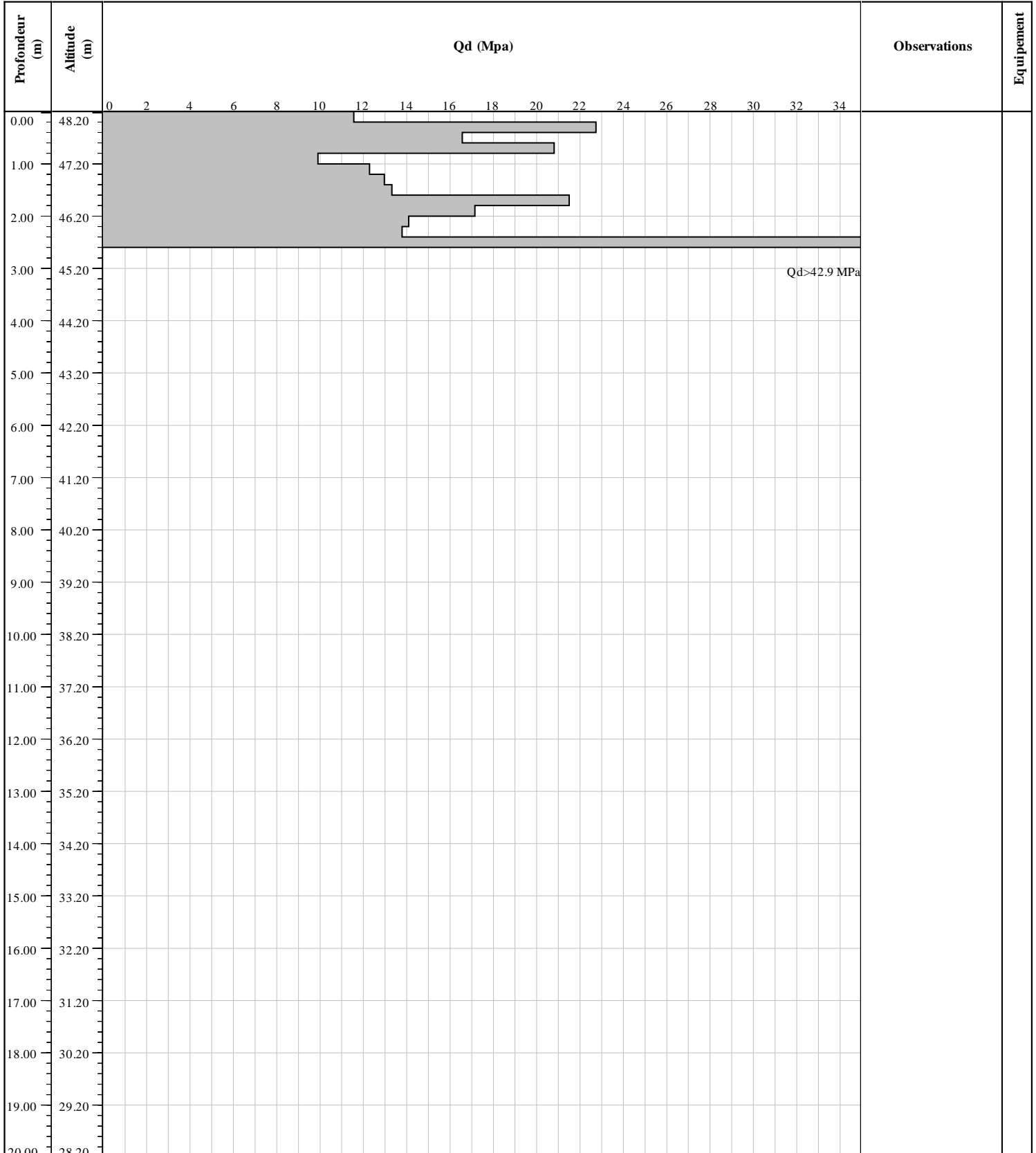
(Mouton 36 DaN - Chute 0.72 m - Pointe 50 mm.)

PD2

X:
Y: N° : 50331
Z: 48.20 m **Date :** 11/09/2018

Profondeur : 2.6 m

GM le 17/09/18





SOL-ESSAIS

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

AURIBEAU SUR SIAGNE
CHEMIN DE CLAVARY
BATIMENTS COLLECTIFS ET BASTIDES

PENETROMETRE DYNAMIQUE

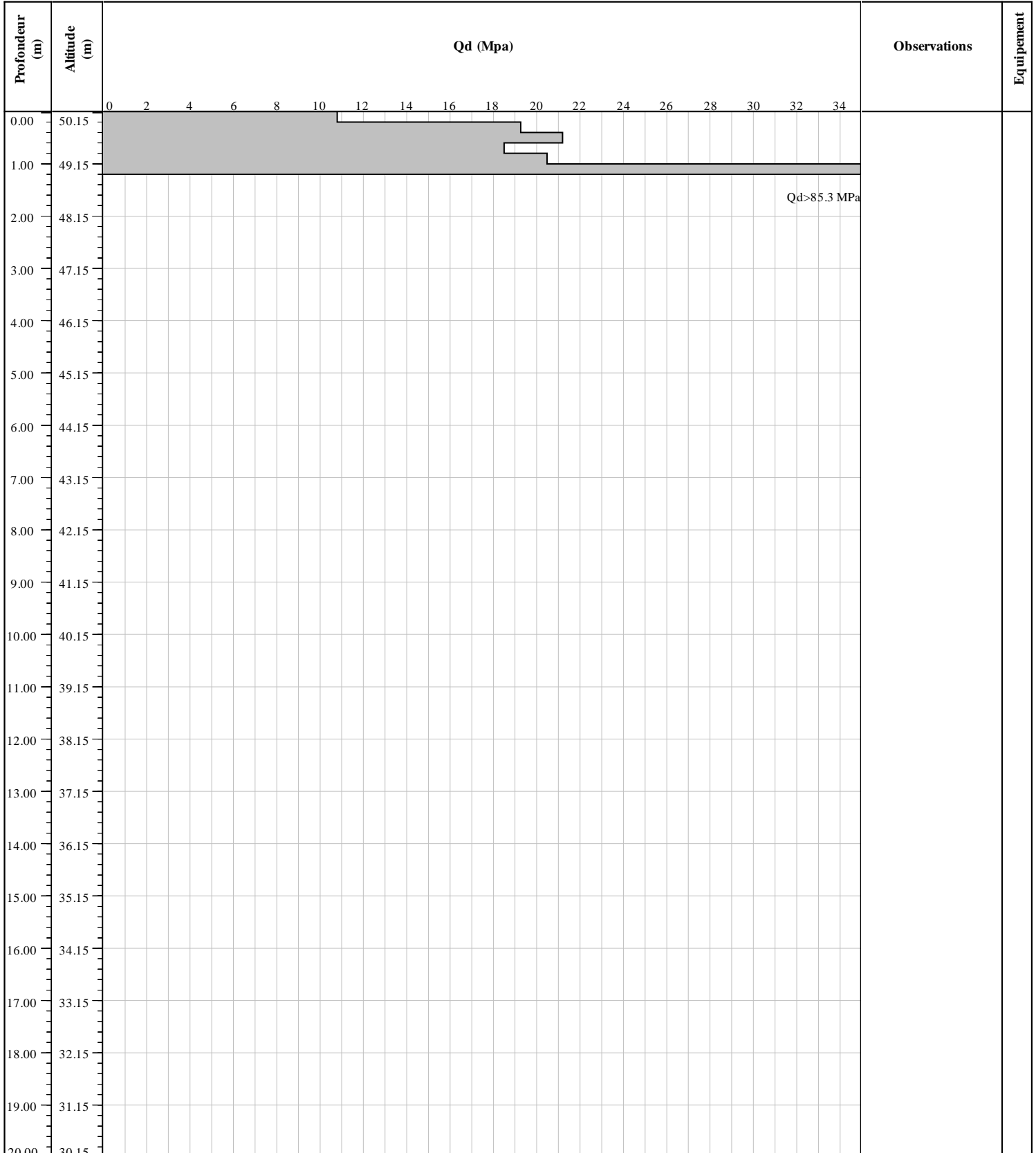
(Mouton 36 DaN - Chute 0.72 m - Pointe 50 mm.)

PD3

X:
Y: N° : 50331
Z: 50.15 m **Date :** 11/09/2018

Profondeur : 1.2 m

GM le 17/09/18



AURIBEAU SUR SIAGNE
CHEMIN DE CLAVARY
BATIMENTS COLLECTIFS ET BASTIDES

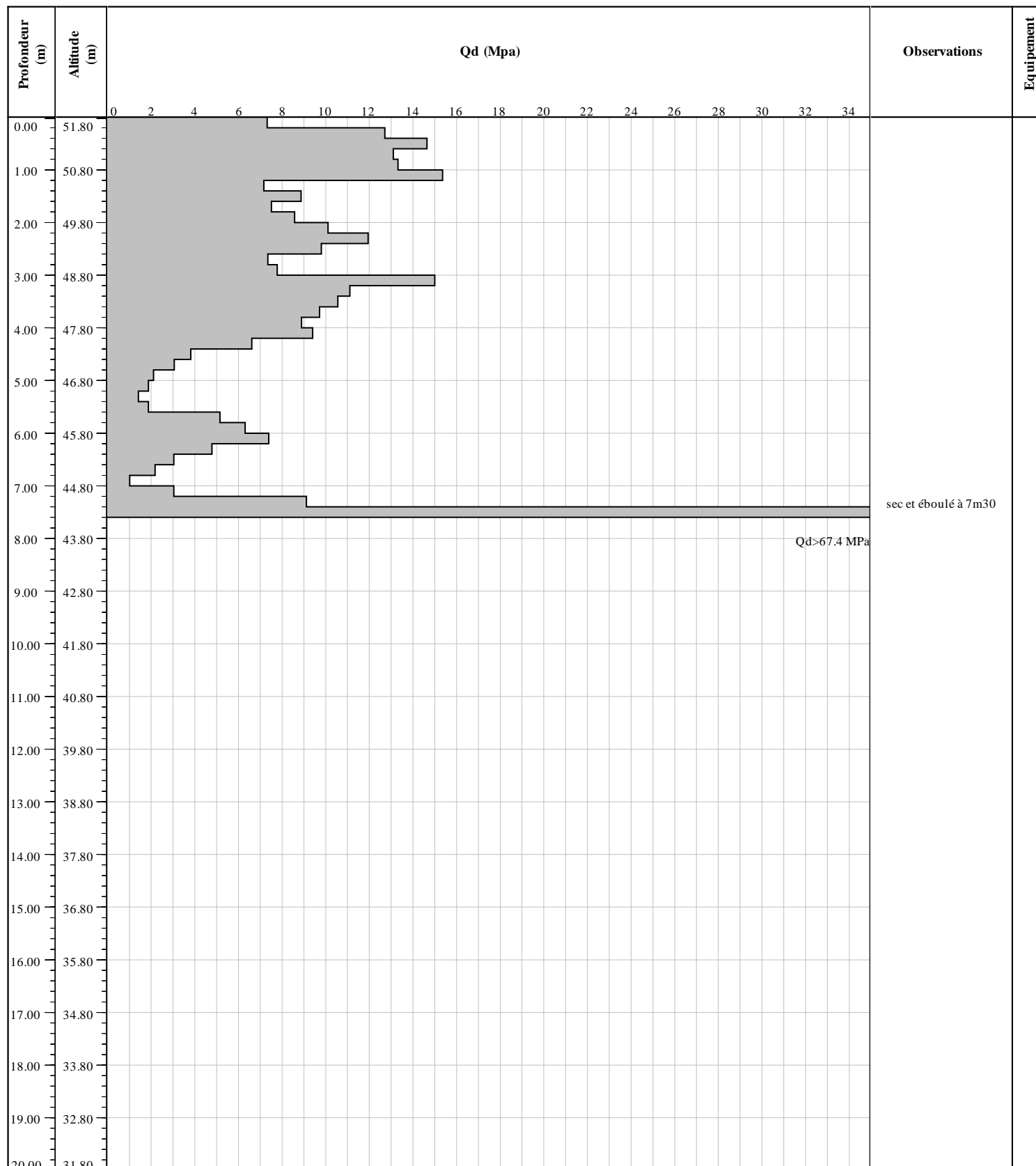
PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 36 DaN - Chute 0.72 m - Pointe 50 mm.)

PD4

X:
Y: N° : 50331
Z: 51.80 m **Date :** 11/09/2018

Profondeur : 7.6 m **GM le** 17/09/18





AURIBEAU SUR SIAGNE CHEMIN DE CLAVARY BATIMENTS COLLECTIFS ET BASTIDES

PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 36 DaN - Chute 0.72 m - Pointe 50 mm.)

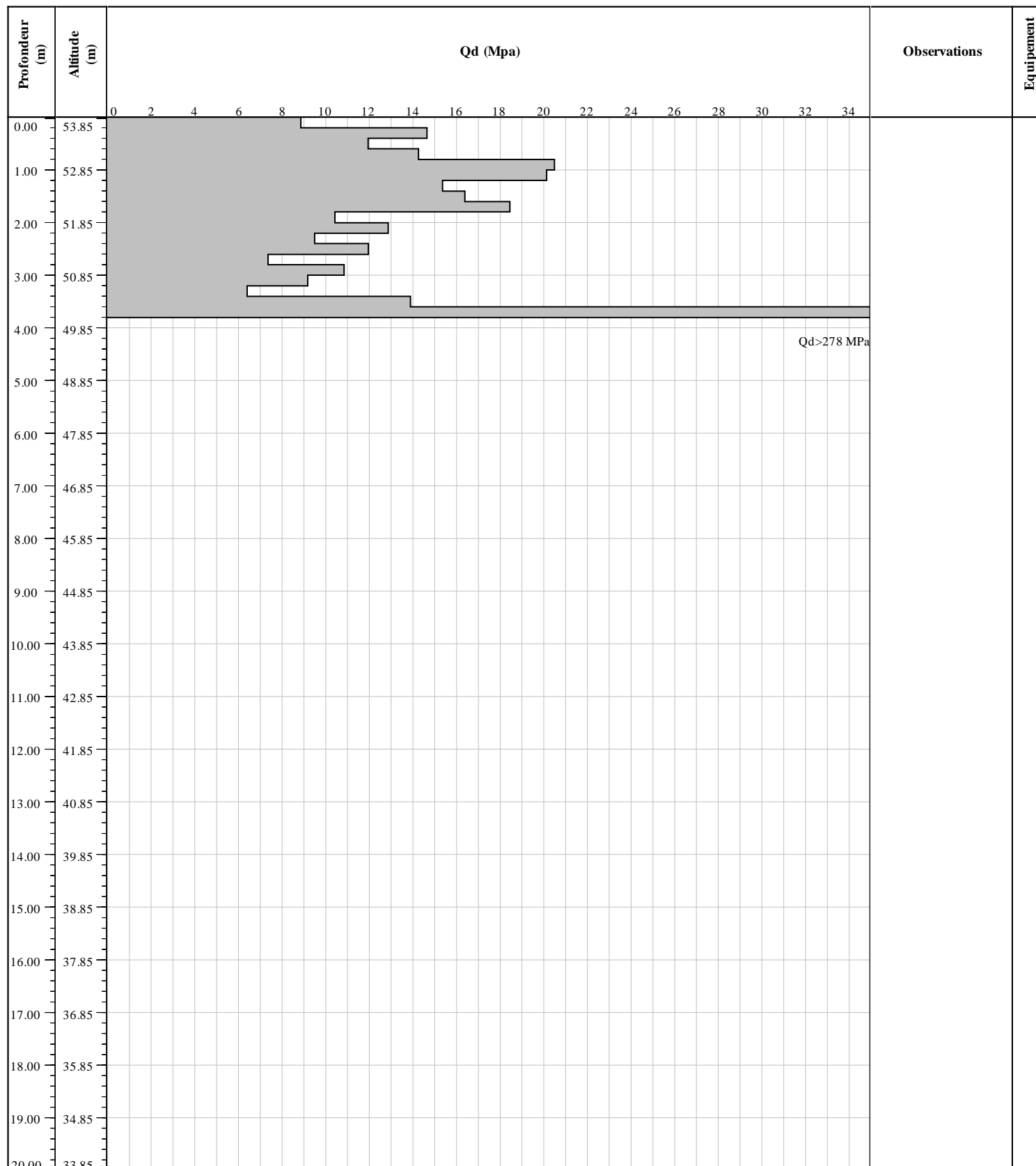
PD5

X:
Y:
Z: 53.85 m

N° : 50331
Date : 04/10/2018

Profondeur : 3.8 m

GM le 05/10/18





SOL-ESSAIS

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

AURIBEAU SUR SIAGNE
CHEMIN DE CLAVARY
BATIMENTS COLLECTIFS ET BASTIDES

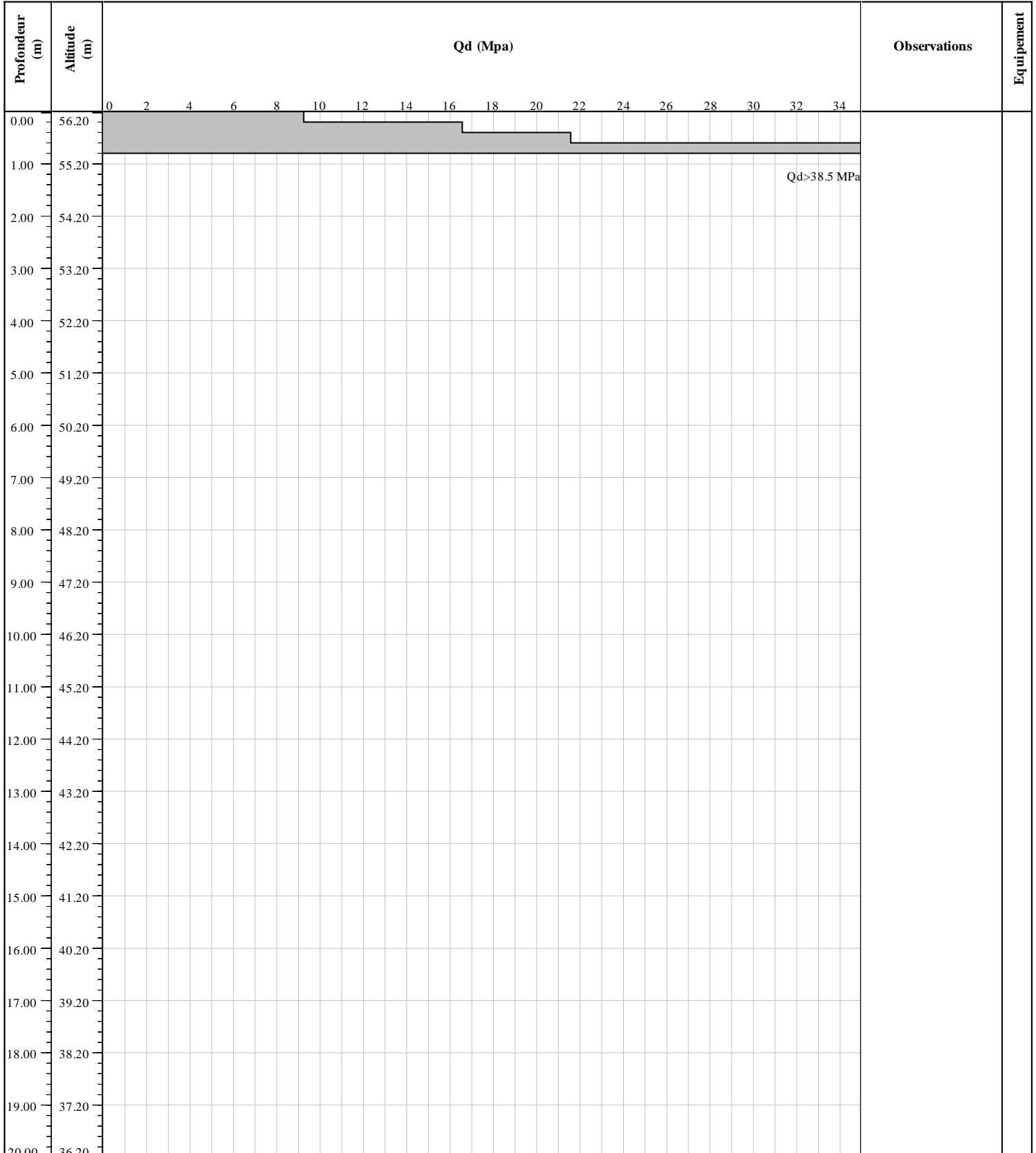
PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 36 DaN - Chute 0.72 m - Pointe 50 mm.)

PD6

X:
Y: N° : 50331
Z: 56.20 m **Date :** 04/10/2018

Profondeur : 0.8 m **GM le** 05/10/18





SOL-ESSAIS

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

AURIBEAU SUR SIAGNE
CHEMIN DE CLAVARY
BATIMENTS COLLECTIFS ET BASTIDES

PENETROMETRE DYNAMIQUE

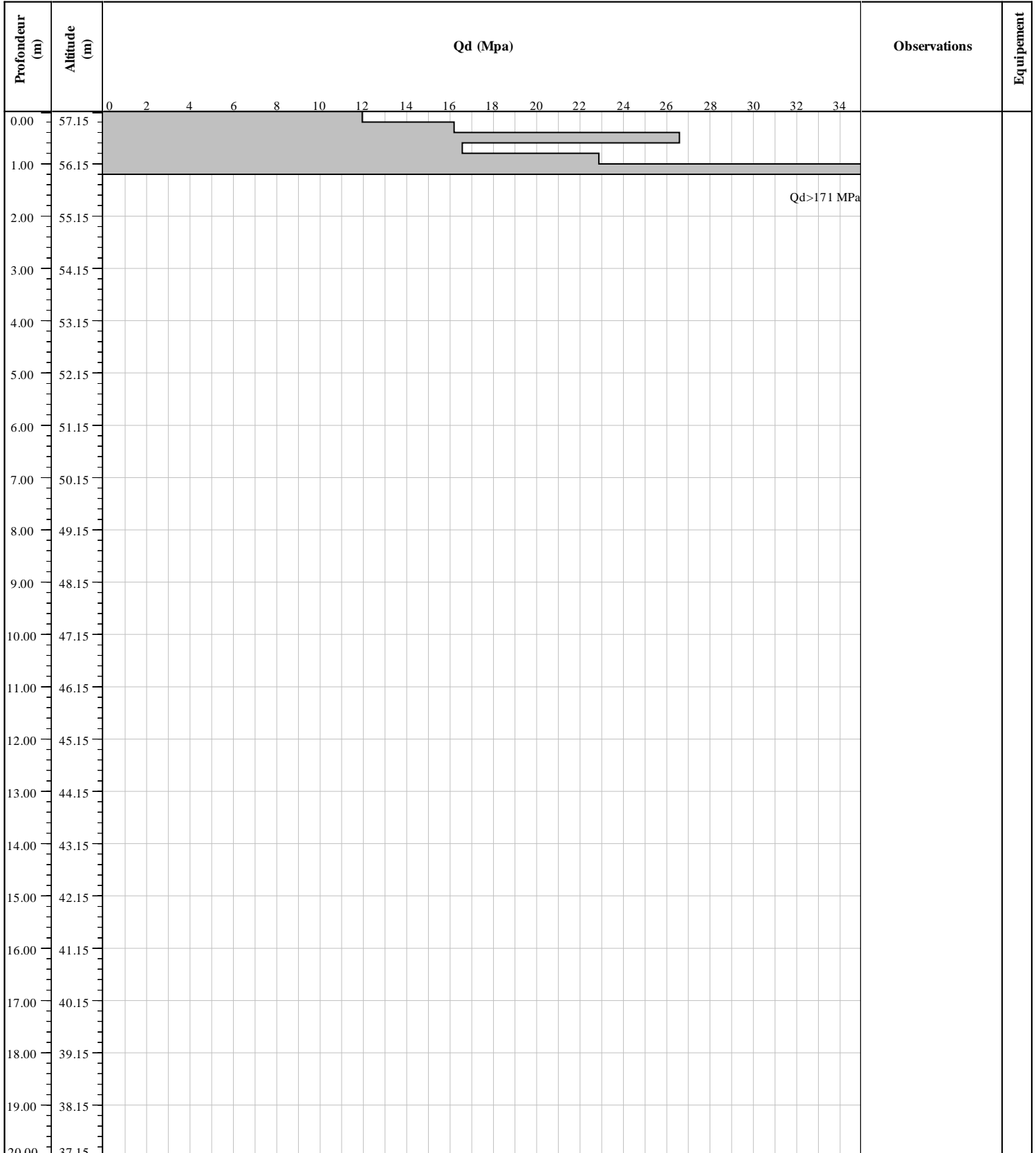
(Mouton 36 DaN - Chute 0.72 m - Pointe 50 mm.)

PD7

X:
Y: N° : 50331
Z: 57.15 m **Date :** 04/10/2018

Profondeur : 1.2 m

GM le 05/10/18





SOL-ESSAIS

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

AURIBEAU SUR SIAGNE
CHEMIN DE CLAVARY
BATIMENTS COLLECTIFS ET BASTIDES

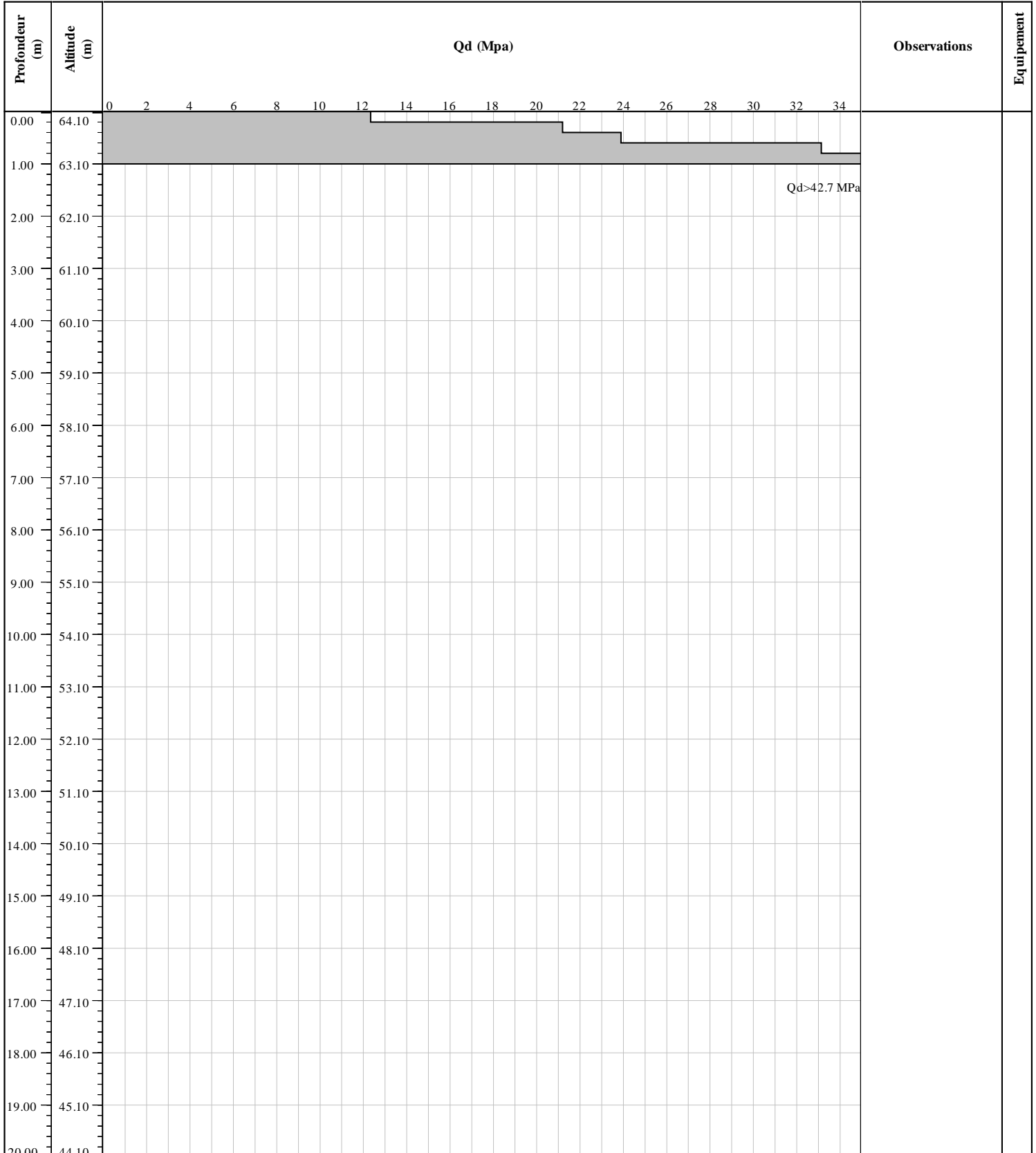
PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 36 DaN - Chute 0.72 m - Pointe 50 mm.)

PD8

X:
Y: N° : 50331
Z: 64.10 m **Date :** 04/10/2018

Profondeur : 1 m **GM le** 05/10/18





SOL-ESSAIS

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

AURIBEAU SUR SIAGNE
CHEMIN DE CLAVARY
BATIMENTS COLLECTIFS ET BASTIDES

FORAGE PRESSIOMETRIQUE

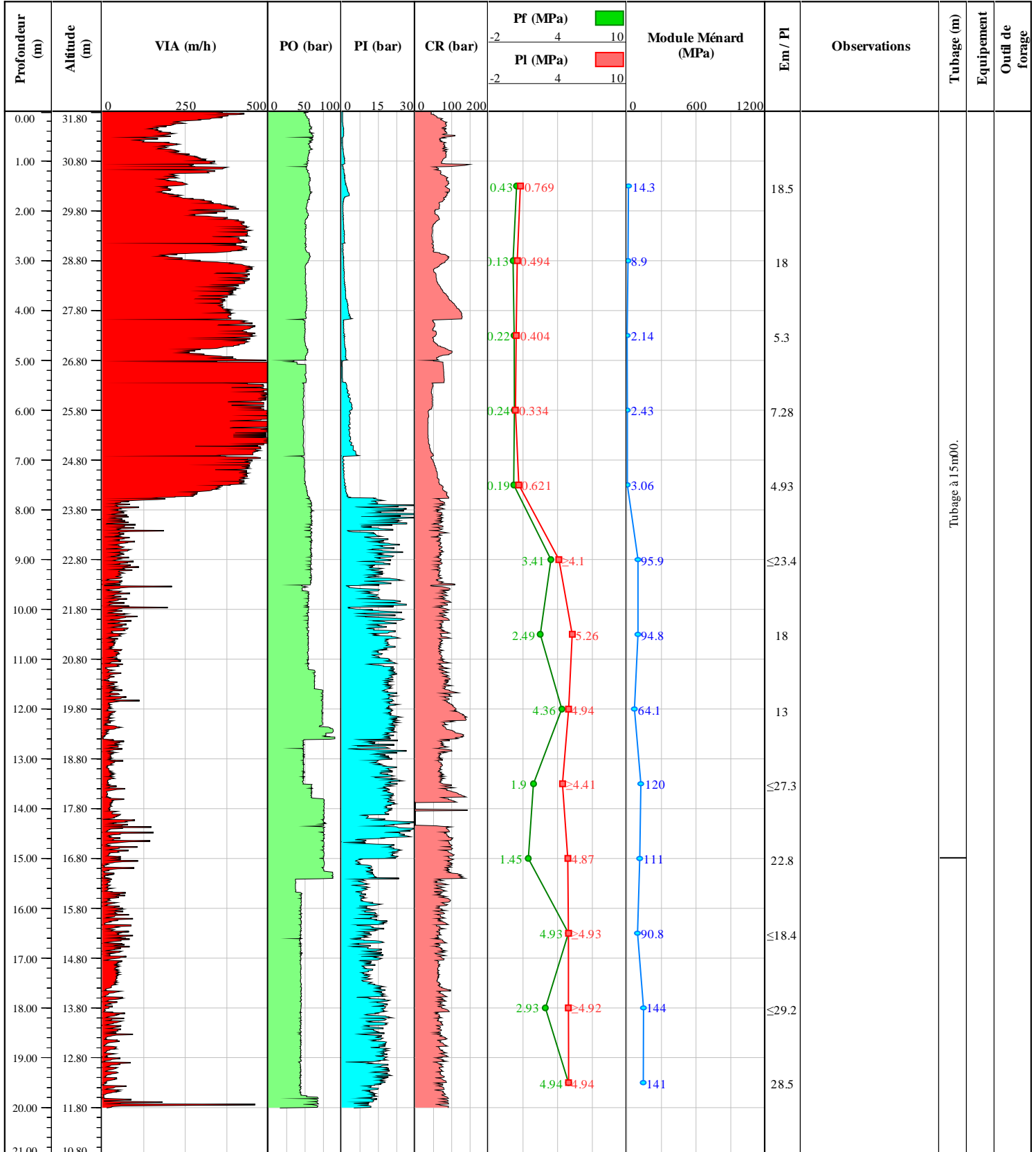
(Norme ISO 22476-4)

FP1

X:
 Y:
 Z: 31.80 m

N° : 50331
 Date : 11/09/2018

Profondeur : 20 m GM le 05/10/18



Tubage à 15m00.



SOL-ESSAIS

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

AURIBEAU SUR SIAGNE
CHEMIN DE CLAVARY
BATIMENTS COLLECTIFS ET BASTIDES

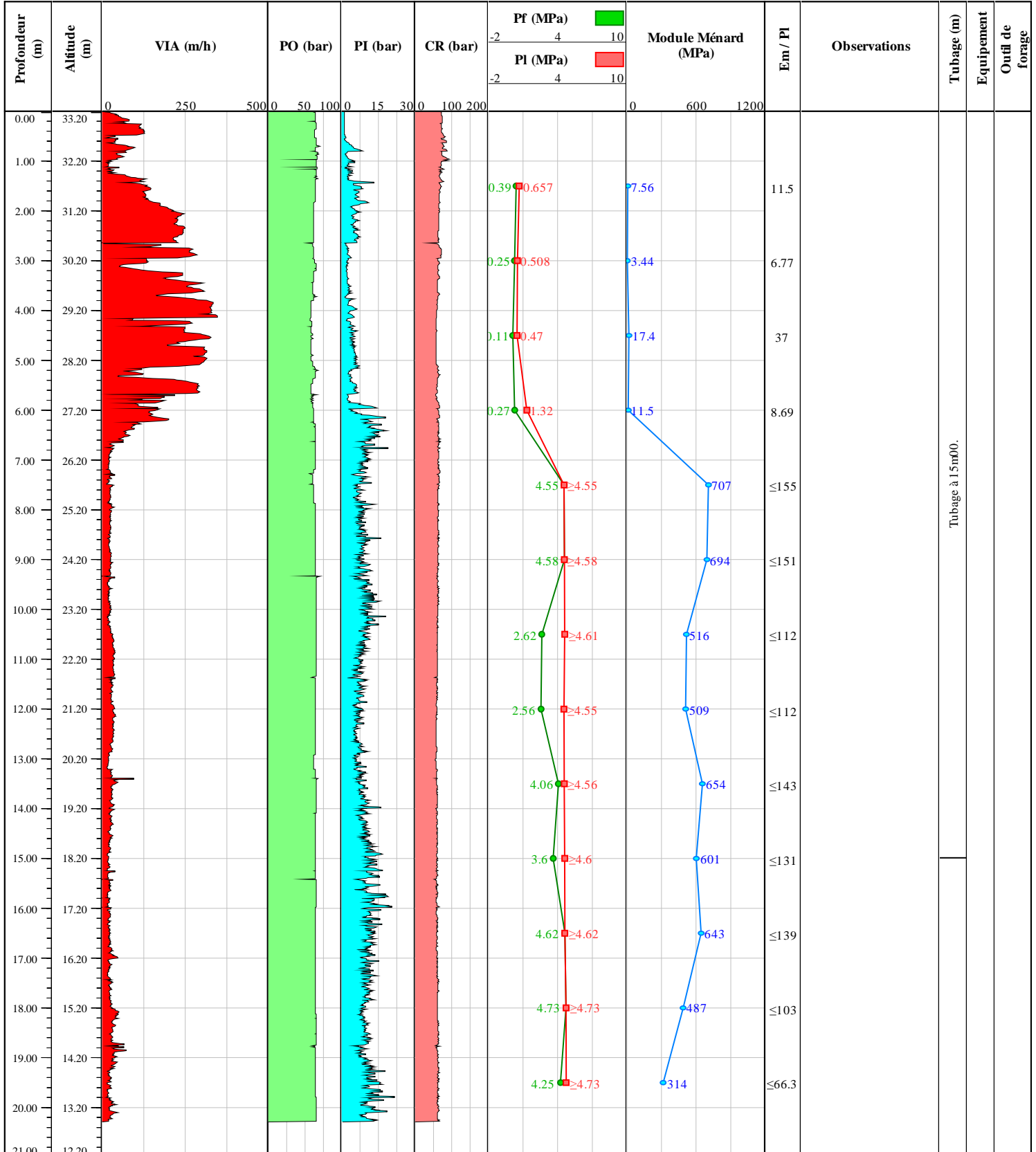
FORAGE PRESSIOMETRIQUE

(Norme ISO 22476-4)

FP2

X:
Y:
Z: 33.20 m
N° : 50331
Date : 17/09/2018

Profondeur : 20.28 m
GM le 24/09/18



Tubage à 15m00.

AURIBEAU SUR SIAGNE
CHEMIN DE CLAVARY
BATIMENTS COLLECTIFS ET BASTIDES

FORAGE PRESSIOMETRIQUE

(Norme ISO 22476-4)

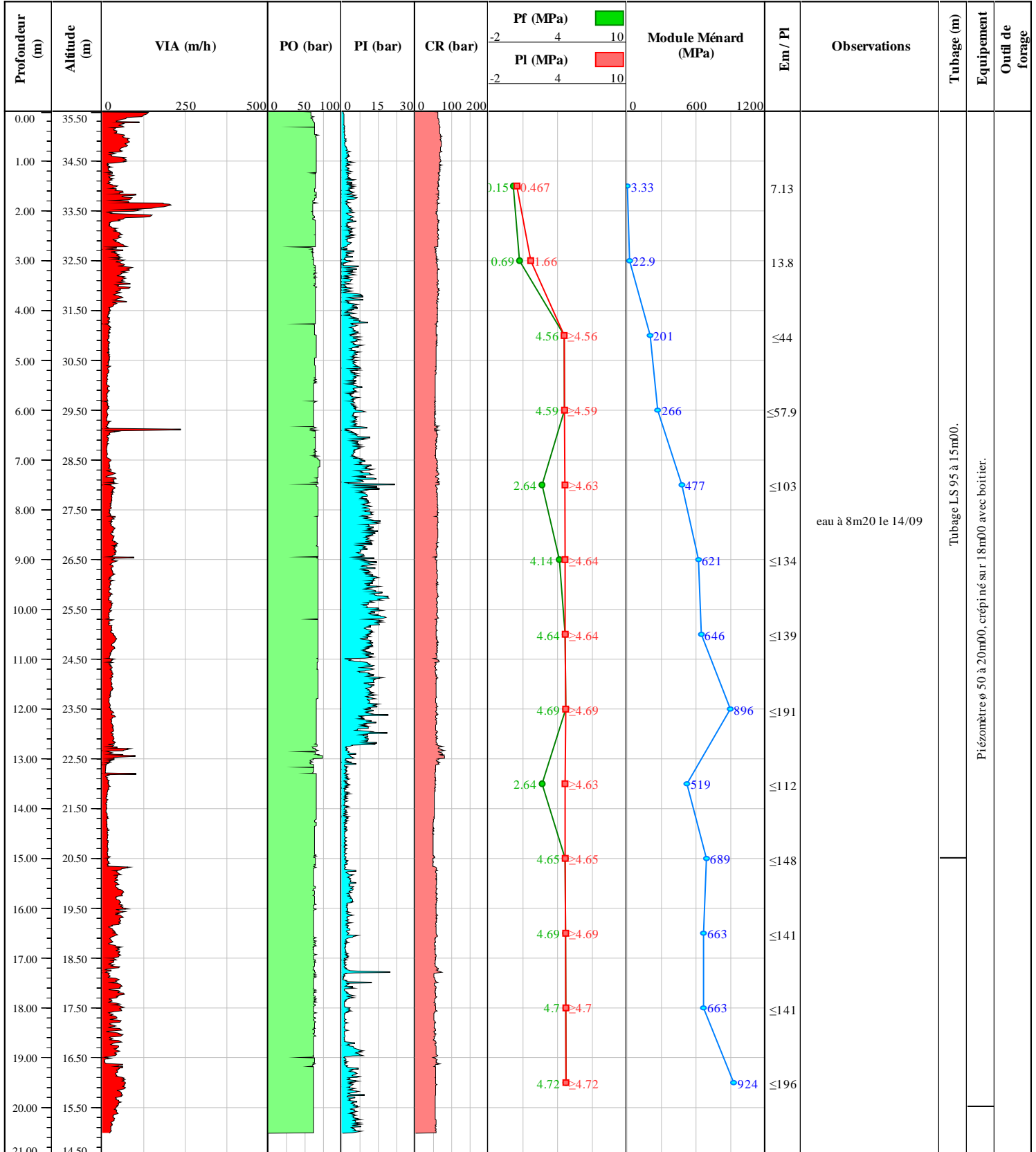
FP3

+Piézo.

X:
Y:
Z: 35.50 m

N° : 50331
Date : 12/09/2018

Profondeur : 20.51 m GM le 24/09/18



eau à 8m20 le 14/09

Tubage LS 95 à 15m00.

Piézomètre ø 50 à 20m00, crépiné sur 18m00 avec boîtier.



SOL-ESSAIS

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

AURIBEAU SUR SIAGNE
CHEMIN DE CLAVARY
BATIMENTS COLLECTIFS ET BASTIDES

FORAGE PRESSIOMETRIQUE

(Norme ISO 22476-4)

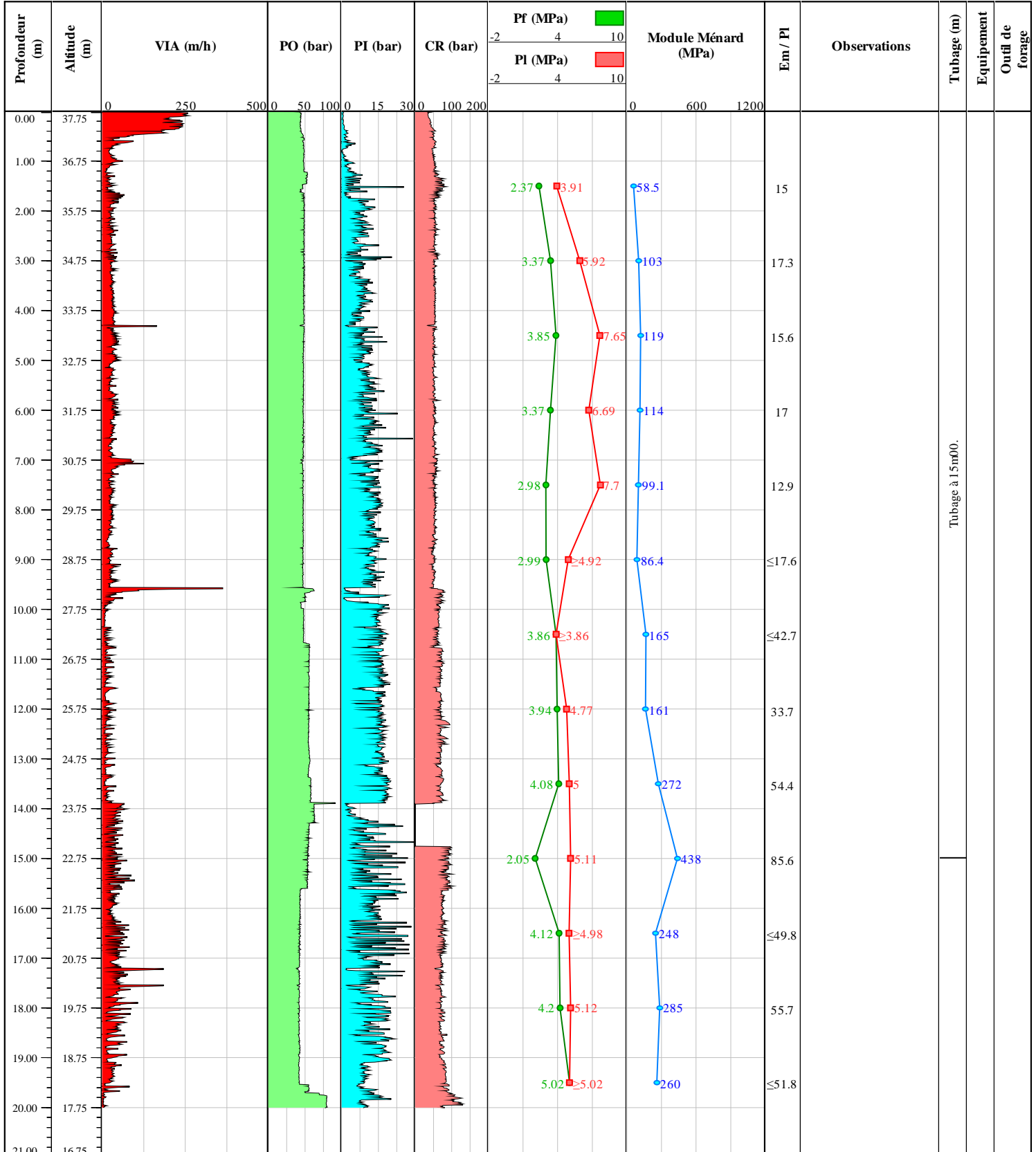
FP4

X:
 Y:
 Z: 37.75 m

N° : 50331
 Date : 17/09/2018

Profondeur : 20 m

GM le 05/10/18



Tubage à 15m00.

CISAILLEMENT RECTILIGNE

AURIBEAU SUR SIAGNE (06)

CONSOLIDÉ LENT

CHEMIN DE CLAVARY

Forage N° : F 1

Carotte N° : EI2

Profondeur : 2,70 à 3,00 m

SE N° : 50331

19-25/09/2018

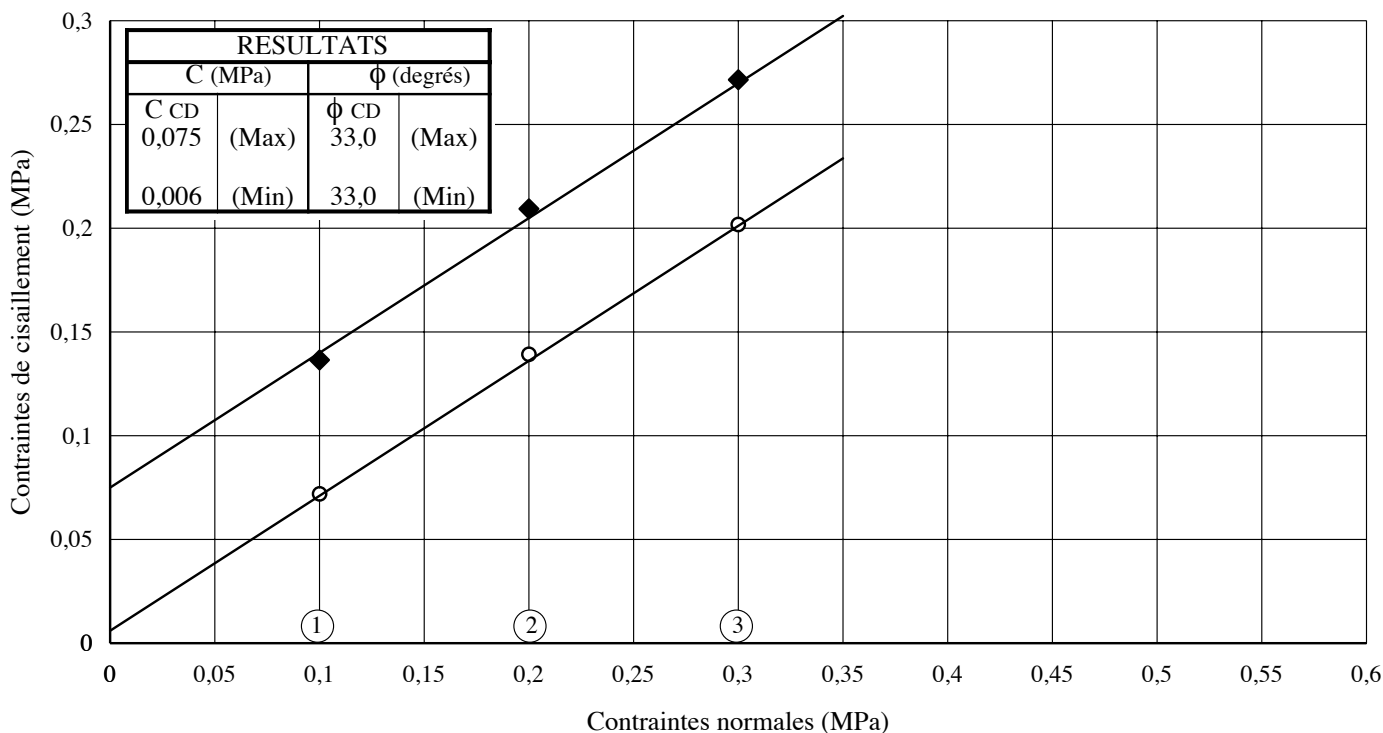
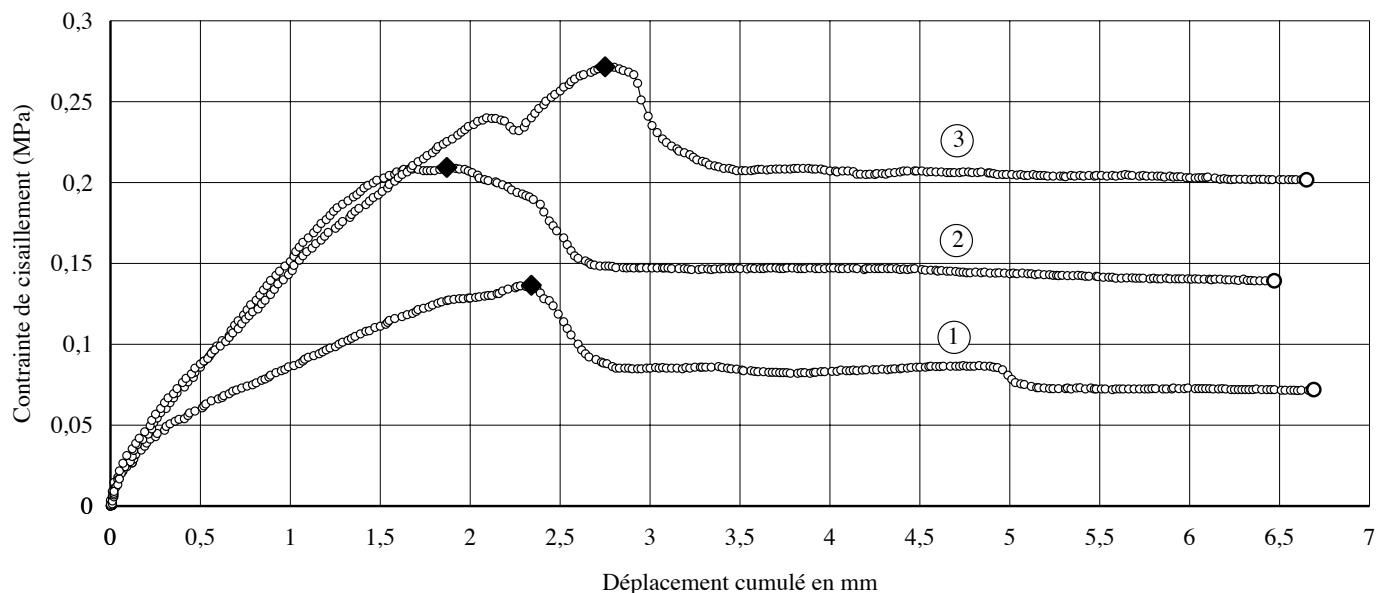
DESCRIPTION : Limon légèrement et finement sableux, marneux, gris-foncé-noirâtre, consistant.

OBSERVATIONS: Eprouvettes intactes.

 γ_s estimé : 2,70

 γ_s mesuré:

Epr. N°	CARACTERISTIQUES INITIALES							CARACTERISTIQUES FINALES						CISAILLEMENT					
	ϕ (cm)	Haut. (cm)	W (%)	γ (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	e	S_r (%)	σ'_v (MPa)	T100 (mm)	W (%)	γ (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	S_r (%)	Vit. (mm/min)		τ_f Max (MPa)	δl Max (mm)	τ_f Min (MPa)	δl Min (mm)
			lente		Rapide														
1	6,35	3,27	22,8	1,95	1,59	0,70	87,9	0,10		25,6	2,06	1,64	107,0	0,0020		0,136	2,34	0,072	6,69
2	6,35	3,27	22,0	1,97	1,61	0,67	88,4	0,20		23,4	2,08	1,69	105,0	0,0020		0,209	1,87	0,139	6,47
3	6,35	3,27	22,0	2,00	1,64	0,65	91,8	0,30		23,1	2,10	1,71	107,0	0,0020		0,272	2,75	0,202	6,65
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 91

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

AURIBEAU SUR SIAGNE (06)

Forage N° : F 1

Carotte N° : EI

CHEMIN DE CLAVARY

Profondeur : 6,00 à 6,70 m

SE N° : 50331

DESCRIPTION : Limon marneux gris foncé, consistant à trs consistant.

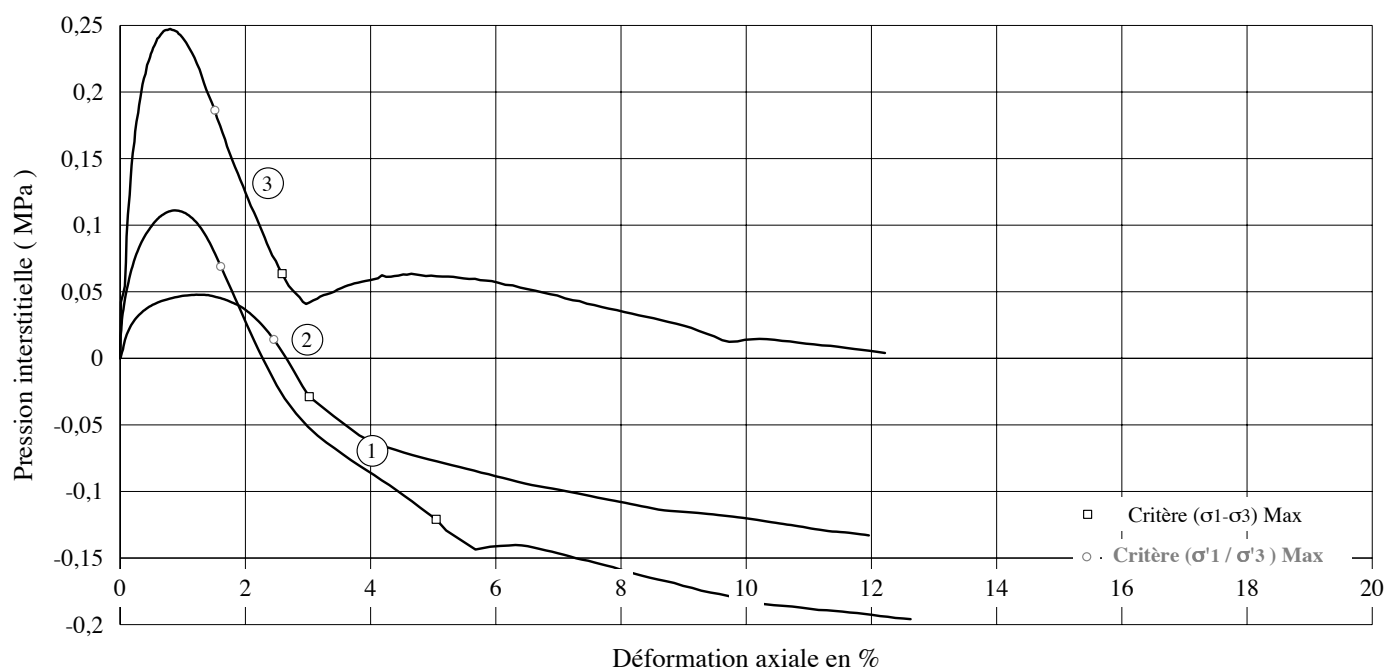
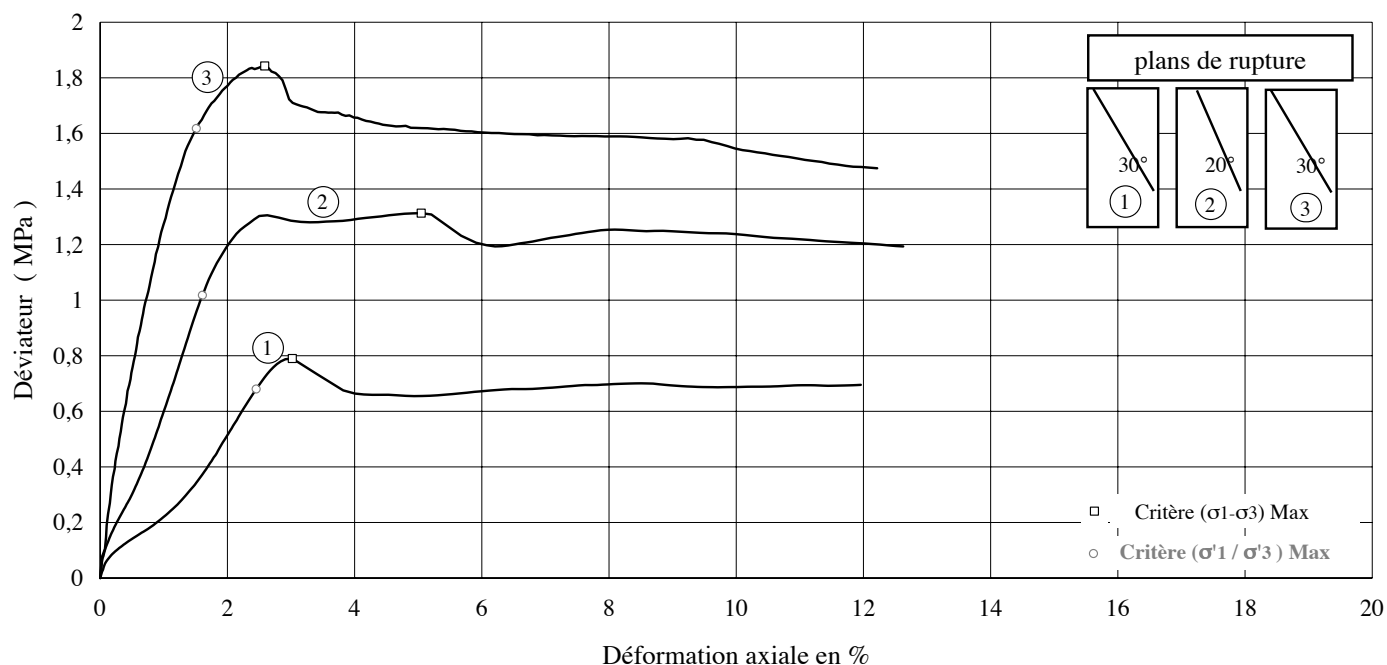
γ_s Estimé : 2,70

γ_s Mesuré :

OBSERVATIONS : Rupture rapide des éprouvettes.

Date: 27/09/2018

Eprouvette N°	CARACTERISTIQUES							CARACTERISTIQUES FINALES				
	ϕ (mm)	H (mm)	W (%)	γ	γ_d	e	S_r (%)	W (%)	γ	γ_d	e	S_r (%)
1	35,0	69,6	22,0	2,06	1,68	0,60	98,7	22,3	2,06	1,68	0,60	99,7
2	35,0	69,6	21,8	2,05	1,68	0,61	96,8	22,4	2,06	1,68	0,61	99,5
3	35,0	69,6	21,6	2,06	1,70	0,59	98,6	21,8	2,07	1,70	0,59	99,3
4												
5												



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

AURIBEAU SUR SIAGNE (06)

Forage N° : F 1

Carotte N° : EI

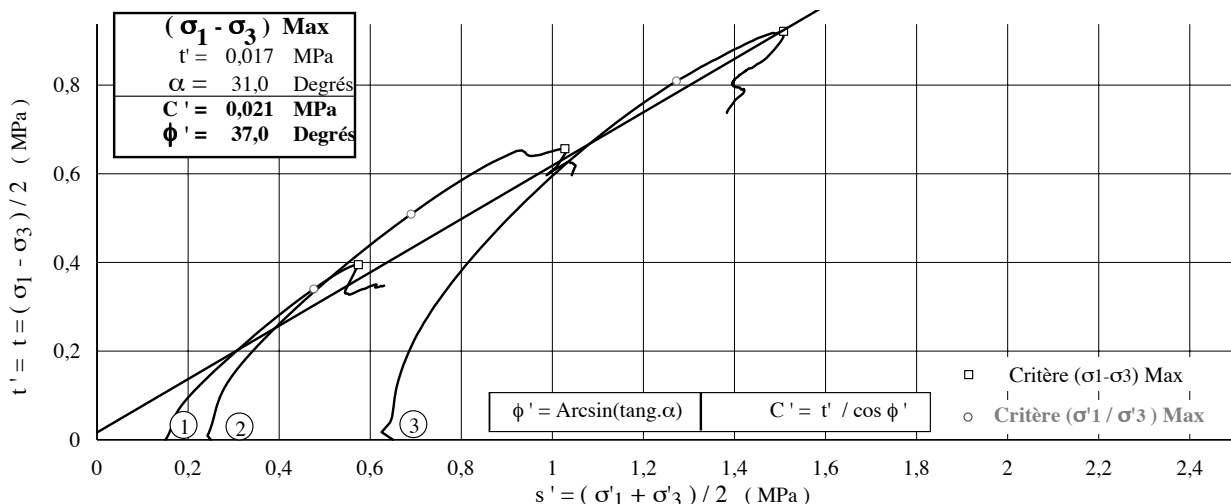
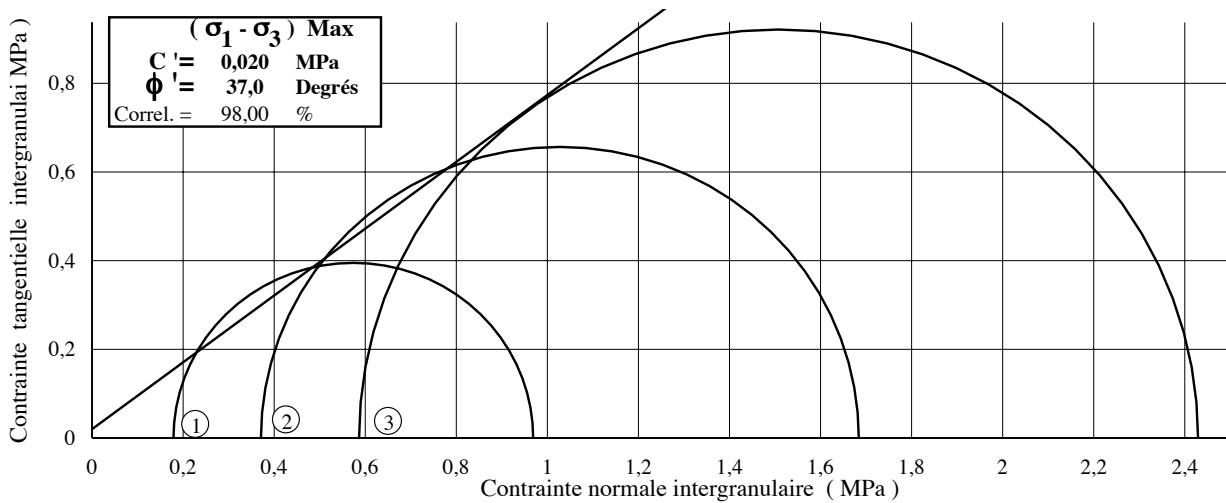
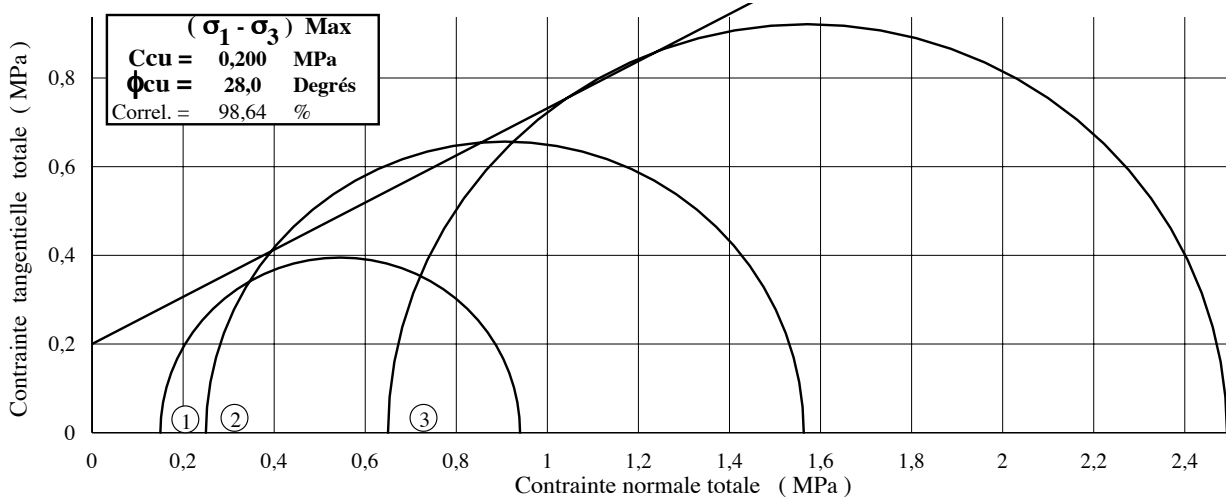
CHEMIN DE CLAVARY

Profondeur : 6,00 à 6,70 m

SE N° : 50331

Date: 27/09/2018

Eprv.	CRITERE $(\sigma_1 - \sigma_3)$ Max					CRITERE (σ'_1 / σ'_3) Max					Date: 27/09/2018					
	$(\sigma_1 - \sigma_3)$ (MPa)	U (MPa)	ϵ (%)	s' (MPa)	t (MPa)	$(\sigma_1 - \sigma_3)$ (MPa)	U (MPa)	ϵ (%)	s' (MPa)	t (MPa)	σ_3 (MPa)	Ucp (MPa)	T ₁₀₀ (mn)	B (%)	ΔV_s (cm ³)	Vit. mm/mn
1	0,790	-0,029	3,0	0,574	0,395	0,680	0,014	2,5	0,476	0,340	0,150	0,31	7	NON	2,62	0,044
2	1,313	-0,121	5,0	1,027	0,657	1,018	0,069	1,6	0,690	0,509	0,250	0,31	7	NON	2,38	0,044
3	1,843	0,064	2,6	1,508	0,921	1,618	0,186	1,5	1,273	0,809	0,650	0,31	8,5	100,0	3,38	0,044
4																
5																





SOL - ESSAIS
 AURIBEAU SUR SIAGNE
 CHEMIN DE CLAVARY
 BATIMENTS COLLECTIFS ET BASTIDES
 IMPLANTATION DES SONDAGES
 N° : 50331 - 1

Le 9 octobre 2018 - GM