



BOUC BEL AIR

VIOLESI

Avenue de Violesi

SOLA-D21-0194

RAPPORT D'ETUDE DE SOL

Mission : G2 AVP

AFF.	DATE	PHASE	IND.	Sujet Révision	Rédacteur	Vérif.
SOLA-D21-0194	15/12/2021	R	0	Diffusion	A. MENZOU/MCV	M. DA SILVA
SOLA-D21-0194	05/01/2023	R	1	Fin suivi piézométrique et laboratoire	S.AZZINI/MCV	SAZ

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 Rhône :
7, rue des Maraichers bât A3
69120 VAULX EN VELIN
Tél. 07 78 32 47 55
e-mail : lyon@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

0 – PREAMBULE	3
I – PRESENTATION DE LA MISSION	3
I.1 – Cadre d'intervention	3
I.2 – Mission selon la norme NF P 94-500.....	3
I.3 – Programme de l'intervention.....	3
I.4 – Documents exploités pour les besoins de l'étude.....	4
II – CONTEXTE GENERAL DU SITE	5
II.1 – Présentation du site.....	5
II.2 – Contexte géologique général	5
II.3 – Contexte hydrogéologique général	5
II.4 – Définition de la Zone d'Influence Géotechnique (ZIG).....	6
III – RESULTATS DES INVESTIGATIONS ET ESSAIS.....	7
III.1 – Implantation et nivellement	7
III.2 – Fouilles à la pelle mécaniques	7
III.3 – Sondages pressiométriques	9
III.4 – Sondages de pénétration dynamique lourde	10
III.5 – Résultats d'essais en laboratoire	11
III.6 – Données hydrogéologiques	12
III.6.1 – Niveaux d'eau	12
III.6.2 – Essai de perméabilité.....	12
IV – CONCLUSIONS – ADAPTATION DU PROJET AU SITE.....	13
IV.1 – Caractéristiques du projet	13
IV.2 – Contexte géologique et hydrogéologique du site	13
IV.3 – Règles parasismiques	15
IV.4 – Principales contraintes du site	15
IV.5 – Fondations	15
IV.5.1 –Partie A.....	15
IV.5.2 – Partie B.....	15
IV.5.3 – Partie C.....	16
IV.5.4 – Partie D.....	16
IV.5.5 – Prescriptions générales	17
IV.6 – Niveau bas.....	17
IV.7 – Terrassements	18
IV.7.1– Contexte et rippabilité	18
IV.7.2 – Talus et soutènements	18
IV.8 – Protection contre les eaux	19
IV.9– Continuité des missions géotechniques et levés d'aléa.....	20
V – ANNEXES	21

0 – PREAMBULE

Les modifications apportées à cet indice apparaîtront en bleu dans le corps de texte.

I – PRESENTATION DE LA MISSION

I.1 – Cadre d'intervention

La société BOUYGUES IMMOBILIER a confié à la Société SOL-ESSAIS la reconnaissance de sol et l'étude destinées à les principes généraux de construction d'une opération immobilière sur un terrain situé avenue de Violesi dans la commune de Bouc-Bel-Air (13).

Cette prestation a été exécutée sur la base de notre devis SOLA-P21-606 en date du 26/10/21 accepté par commande du 09/11/21.

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

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

Il est rappelé que la phase AVP doit être complétée par les phases PRO et DCE/ACT de cette mission de conception puis par une mission d'étude d'exécution de type G3 (étude et suivi géotechnique d'exécution) à la charge des entreprises et une mission de type G4 (Supervision des études et du suivi géotechnique d'exécution) afin de limiter les aléas géotechniques qui peuvent apparaître en cours d'exécution ou après réception des ouvrages.

I.3 – Programme de l'intervention

Les investigations ont été réalisées par nos ateliers de sondages en tenant compte des contraintes du site et permettant d'obtenir une représentativité des risques géotechniques qui correspond à un échantillonnage resté limité au regard de l'étendue du secteur d'étude.

Dans le cadre de la mission G2-AVP, la campagne de reconnaissance a consisté en la réalisation de :

- 9 fouilles à la pelle mécanique destinées à apprécier l'homogénéité des terrains de surface.
- 25 essais de pénétration dynamique lourde destinés à apprécier la compacité et l'homogénéité des terrains traversés. Ces essais ont été réalisés suivant l'accessibilité au site, et ont permis d'atteindre des profondeurs de refus comprises entre 1,20 m et 6.00 m.
- 4 forages destructifs avec enregistrement des paramètres de foration et essais pressiométriques tous les 1,50 m dès 1 m de profondeur, descendus à 10,00 m de profondeur ;
- Des essais en laboratoire sur les échantillons prélevés en fouille, avec identification et classification SETRA.

Le piézomètre FP1 a été équipé d'un piézomètre et d'un capteur automatique. Un levé en continu a été réalisé sur un an.

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

I.4 – Documents exploités pour les besoins de l'étude

Dans le cadre de cette consultation, notre étude sera basée sur l'exploitation des documents suivants :

- Plan de masse phase faisabilité du 29/04/2021
- Plan topographique du 06/04/2020

Nous attirons votre attention, qu'il appartiendra au responsable technique de l'opération ainsi qu'au maître d'œuvre de conception de nous alerter sur l'absence de prise en compte d'un document non listé supra pouvant contenir des particularités spécifiques du projet pouvant modifier les conclusions du présent rapport.

II – CONTEXTE GENERAL DU SITE

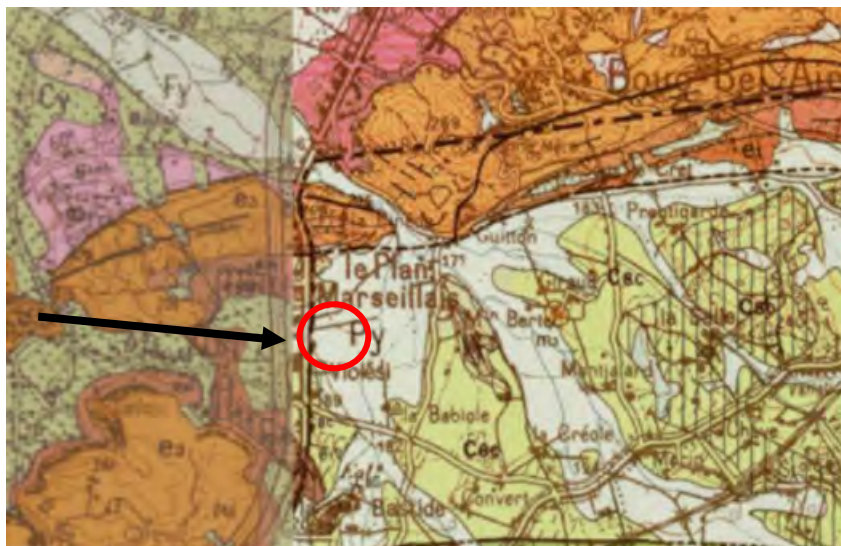
II.1 – Présentation du site

Le site objet de l'étude correspond actuellement à un ensemble de champs, des arbres étaient présents sur le site. Le site était libre de toute construction et présentait une faible pente vers l'Est (altitude globalement entre 172 NGF et 179 NGF).

II.2 – Contexte géologique général

Le site étudié se situe dans un secteur urbanisé. La lithologie attendue sur site d'après la carte géologique au 1/50000^{ème} du BRGM est composée de remblais et de matériaux colluvionnaires surmontant des horizons marno-gréseux.

Futur projet



D'après le site du BRGM, ce site se situe dans une zone d'exposition forte au retrait gonflement des argiles, il n'existe pas de cavité souterraine à proximité et aucun mouvement de terrain n'est répertorié à proximité immédiate du terrain.

Le terrain se situe en zone d'aléa sismique modéré (zone 3) selon le décret n° 20101255 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention des risques sismiques, applicable au 1er mai 2011.

II.3 – Contexte hydrogéologique général

Le site n'est pas en zone inondable selon la DREAL.

Le site n'est pas concerné par les risques de débordement de nappe et d'inondation selon le BRGM.

II.4 – Définition de la Zone d’Influence Géotechnique (ZIG)

La zone d’influence géotechnique (ZIG) ne se limite pas au site global du projet. Elle inclut également :

- Le bâtiment de type RdC en limite Sud-ouest.
- La voirie du parking du supermarché Super U.
- Les villas en limite Nord du terrain.
- Les voiries de dessertes locales en terre au Nord.
- L’Avenue Violesi en limite Ouest du terrain.
- Les villas en limite Sud du terrain.

III – RESULTATS DES INVESTIGATIONS ET ESSAIS

On trouvera en annexe les documents suivants :

- ⇒ les coupes lithologiques des fouilles à la pelle mécanique D21-0194 A à I,
- ⇒ les graphiques des forages destructifs avec essais pressiométriques D21-0194 FP1 à FP4,
- ⇒ les graphiques des essais au pénétromètre dynamique D21-0194 PD1 à PD25,
- ⇒ le plan d'implantation des sondages sur fond de plan de masse D21-0194,
- ⇒ les documents traduisant les résultats des essais Porchet,
- ⇒ [les résultats des essais de laboratoire](#),
- ⇒ [les résultats du suivi piézométrique](#).

Ces annexes sont indissociables du présent rapport.

III.1 – Implantation et nivellement

L'implantation des diverses investigations effectuées est matérialisée sur le plan d'implantation annexé aux présentes conclusions.

Les investigations ont été implantées et réalisées afin d'obtenir une représentativité des risques géotechniques qui correspond à un échantillonnage limité du site.

L'altitude de référence des essais menés se réfère à la cote du plan topographique qui nous a été communiqué.

Toute modification morphologique successive des surfaces pourrait avoir un impact sur les niveaux et les profondeurs et sera à prendre en compte dans les études suivantes. Il conviendra donc de récoiler les sondages sur un fond topographique.

III.2 – Fouilles à la pelle mécaniques

- Remblais

Les sondages A à C ont permis de mettre en évidence en surface, une couche de remblais de nature limono-sableuse, jusqu'à des profondeurs comprises entre 1.60 m et 2.60 m respectivement au droit des sondages C et A. Ces remblais n'ont pas été rencontrés sur le reste du site.

- Dépôts colluvionnaires

Sous les remblais au droit des sondages A, B et C et directement à l'affleurement au niveau du reste des sondages, il a été mis en évidence une couche de matériaux colluvionnaires constituée de sables +/- limono-argileux.

La base de cette couche s'étend au-delà de la cote d'arrêt des sondages A à E et jusqu'à des profondeurs comprises entre 1.80 m et 2.20 m / TN au droit des sondages F à I.

- Dépôts marno-gréseux

D'après la carte géologique et notre expérience du site, les refus obtenus au tractopelle ont été rencontrés au toit des dépôts marno-gréseux situés sous les dépôts colluvionnaires sous-jacents décrits ci-dessus.

Le tableau suivant récapitule la géologie relevée :

Sondage	A	B	C	D
Base des remblais / Toit des dépôts colluvionnaires (m/TN)	2.60	2.00	1.60	-
Base des dépôts colluvionnaires / Toit des dépôts marno-gréseux (m/TN)	>3.60 (Présence d'eau en fond de fouille)	>3.60 (Présence d'eau vers 3.20 m)	>2.90 (Présence d'eau vers 3.20 m)	>2.10

Sondage	E	F	G	H	I
Base des remblais / Toit des dépôts colluvionnaires (m/TN)	-	-	-	-	-
Base des dépôts colluvionnaires / Toit des dépôts marno-gréseux (m/TN)	>1.20	1.80 (Refus tractopelle)	2.10 (Refus tractopelle)	2.20 (Refus tractopelle)	2.10 (Refus tractopelle) Présence d'eau avec fort débit et drain agricole Ø 0.30 m

III.3 – Sondages pressiométriques

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

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

- **La vitesse instantanée d'avancement**, graduée de 0 à 250 m/h ; ce paramètre traduit la compacité et la cohésion des matériaux ; il permet également de déceler d'éventuels vides ou zones fortement décomprimées ;
- **La pression du fluide d'injection**, graduée de 0 à 30 bars ; ses variations traduisent la cohésion du matériau ; son augmentation correspond souvent à un faciès argileux ou marneux ;
- **La pression sur l'outil (PO)**, graduée de 0 à 100 bars, elle permet une analyse plus fine de la vitesse d'avancement ;
- **La couple de rotation (CR)**, gradué de 0 à 250 bars ; il est également en relation avec la cohésion du matériau.
- La pression de fluage et pression limite, graduées de 0 à 10 MPa.
- Le module pressiométrique graduée de 0 à 600 MPa.

L'examen des diagrammes d'avancement montre la présence d'un horizon de faibles caractéristiques mécaniques allant jusqu'à 2.20 m de profondeur en FP4, caractérisés par des pressions limites très faibles (< 1 MPa), associées à des modules pressiométriques ≤ 5 MPa.

Ensuite, nous observons des horizons de meilleures caractéristiques mécaniques :

- des vitesses instantanées d'avancement relativement basses (globalement de l'ordre de 75 m/h),
- des pressions d'injection élevées, traduisant une forte cohésion,
- des pressions limites élevées (1.4 à 7.2 MPa), associées à des modules pressiométriques compris entre 17 à 450 MPa.

Ces forages ont été interrompus à une profondeur de 10,00 m.

[Le sondage FP1 a été équipé d'un piézomètre et suivi sur un an.](#)

III.4 – Sondages de pénétration dynamique lourde

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

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

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

Les caractéristiques du pénétromètre utilisé sont les suivantes :

- Diamètre de la pointe : 50 mm
- Diamètre du train de tiges : 36 mm
- Masse du mouton : 63,5 daN
- Hauteur de chute : 0,75 m

L'analyse des graphiques de pénétration dynamique lourde permet de mettre en évidence des terrains de subsurface de compacité faible à moyennement élevée, caractérisés par des résistances dynamiques comprises entre 1 MPa et 8 MPa jusqu'aux profondeurs suivantes :

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| - 3.00 m en PD1, | - 1,60 m en PD14 ⁽¹⁾ , |
| - 2.00 m en PD2, | - 2,80 m en PD15, |
| - 3.00 m en PD3 ⁽¹⁾ , | - 0.80 m en PD16, |
| - 1.20 m en PD4 ⁽¹⁾ , | - 3.60 m en PD17 ⁽¹⁾ . |
| - 1.20 m en PD5 ⁽¹⁾ , | - 1,60 m en PD18, |
| - 1,20 m en PD6 ⁽¹⁾ , | - 1.60 m en PD19 ⁽¹⁾ , |
| - 1,20 m en PD7 ⁽¹⁾ , | - 5.40 m en PD20, |
| - 0,60 m en PD8 ⁽¹⁾ , | - 4.40 m en PD21, |
| - 1.00 m en PD9 ⁽¹⁾ , | - 4.40 m en PD22, |
| - 1.60 m en PD10 ⁽¹⁾ , | - 5.40 m en PD23, |
| - 1,60 m en PD11 ⁽¹⁾ , | - 3.40 m en PD24 |
| - 1.20 m en PD12, | - 1.20 m en PD25 ⁽²⁾ . |
| - 1,40 m en PD13 ⁽¹⁾ , | |

⁽¹⁾ Descente statique des pénétromètres sur des profondeurs comprises entre 0.40 m et 1.00 m.

⁽²⁾ Refus prématuré dans les remblais.

L'on observe ensuite une augmentation plus ou moins franche de la résistance dynamique provoquant le refus aux profondeurs suivantes :

- | | |
|-------------------|-------------------|
| - 4,40 m en PD1, | - 1,80 m en PD13, |
| - 2.60 m en PD2, | - 2,20 m en PD14, |
| - 3.40 m en PD3, | - 2,60 m en PD15, |
| - 2,60 m en PD4, | - 1.80 m en PD16, |
| - 2,20 m en PD5, | - 4.20 m en PD17, |
| - 2.60 m en PD6, | - 3.60 m en PD18, |
| - 2.20 m en PD7, | - 2.20 m en PD19, |
| - 1.20 m en PD8, | - 6,00 m en PD20, |
| - 2.80 m en PD9, | - 5.40 m en PD21, |
| - 2.60 m en PD10, | - 5.40 m en PD22, |
| - 2.40 m en PD11, | - 6.00 m en PD23, |
| - 1,60 m en PD12, | - 5.60 m en PD24, |
| | - 1.20 m en PD25. |

III.5 – Résultats d'essais en laboratoire

Les essais de laboratoire ont été réalisés dans les échantillons des sondages F2, F4, F6 et F7.

Les analyses ont consisté en des mesures d'identification (teneur eau, poids volumique, limites d'Atterberg, granulométrie, sédimentométrie).

En F2, l'échantillon prélevé entre 0 et 2.0m est décrit comme un limon plus ou moins argileux avec débris, avec une teneur en eau de l'ordre de 11.6%, classé A1m au sens du GTR, avec un IPI à 10.6.

En F4, l'échantillon prélevé entre 0.9 et 1.6m est décrit comme un ensemble de cailloux et graviers humides, peu cohérent avec un liant limoneux, carbonaté, avec une teneur en eau de l'ordre de 8.2%, classé C1B5th au sens du GTR avec un IPI à 3.1.

L'échantillon prélevé entre 0 et 2.1m est décrit comme un limon, carbonaté, plus ou moins argileux avec nombreuses lentilles poudreuses rosées, consistant, avec une teneur en eau de l'ordre de 16.1%, classé A2m au sens du GTR.

En F6, l'échantillon prélevé entre 0.5 et 1.3m est décrit comme un sable grossier marron rougeâtre avec nombreux blocs gréseux friables et quelques graviers, ensemble carbonaté, avec une teneur en eau de l'ordre de 7.4%, classé B5 au sens du GTR.

En F7, l'échantillon prélevé entre 0.7 et 1.5m est décrit comme un limon plus ou moins argileux, légèrement sableux, avec quelques graviers et débris végétaux, peu cohérent et carbonaté, avec une teneur en eau de l'ordre de 13.7%, classé A1 au sens du GTR.

Les terrains ici en place sont donc sensibles à l'eau.

III.6 – Données hydrogéologiques

III.6.1 – Niveaux d'eau

Lors de notre campagne d'investigation, des arrivées d'eau en partie Nord ont été observées sur des profondeurs comprises entre 2.60 m et 3.60 m au droit des fouilles A à C. Il s'agit vraisemblablement d'une nappe d'accompagnement du ruisseau présent en limite Nord-Ouest du site.

Sur le reste du site, aucune venue d'eau n'a été observée. Seul au droit de la fouille I, où un ancien drain agricole a été recoupé.

Le sondage FP1 a été équipé en piézomètre. Notre suivi piézométrique effectué [jusqu'au 4 janvier 2023](#) montre un niveau d'eau stabilisé à [3.05 m \(+172.99 NGF\)](#) environ par rapport au TN actuel, [après purge, avec une valeur maximale mesurée à 2.46 sous le TN \(173.58 NGF\) et une valeur minimale à 3.12 m par rapport au TN \(172.92 NGF\).](#)

[Les niveaux d'eau mesurés fluctuent peu \(delta de 0.66 m sur un an\), et semblent peu influencés par les conditions climatiques et la pluviométrie.](#)

III.6.2 – Essai de perméabilité

Les valeurs de perméabilité mesurées sont les suivantes :

Sondage	Profondeur (m)	Perméabilité (m/s)
Porchet 1	0.70	8.8×10^{-7}
Porchet 2	0.70	4.4×10^{-7}

Les terrains traversés ont un degré de perméabilité très faible.

IV – CONCLUSIONS – ADAPTATION DU PROJET AU SITE

IV.1 – Caractéristiques du projet

Il est prévu la réalisation de 4 bâtiments d'habitation collectifs de type R+2 sur un niveau de sous-sol, de 15 villas individuelles de type R + 1 et de 24 villas de type R + 1 accolées en 2 bandes sans niveau enterré.

Les altimétries des niveaux bas ainsi que les descentes de charges ne nous ont pas été fournies à ce stade du projet.

Nous prendrons comme hypothèse des niveaux bas tangents au terrain naturel pour les villas et à 3.00 m de profondeur par rapport au TN pour les bâtiments avec niveau de sous-sol.

IV.2 – Contexte géologique et hydrogéologique du site

IV.2.1 Contexte géologique

Nous avons découpé le terrain en 4 zones :



➤ Partie A :

Les sondages ont permis de mettre en évidence en partie A du terrain une couche de remblais d'une épaisseur comprise entre 2.00 m et 2.60 m surmontant une couche de sable argileux noirâtre de faible compacité.

Une nappe d'accompagnement du ruisseau qui passe en limite Nord-Ouest de la partie A a été mise en évidence à des profondeurs d'environ 3.20 m à 3.60 m.

➤ Partie B :

Les sondages ont permis de mettre en évidence en partie B du terrain une couche de remblais d'une épaisseur de 0.60 m environ surmontant une couche de sable argileux ocre à galets et cailloutis de faible compacité.

Il a été observé un niveau d'eau à environ 2.60 m par rapport au TN. Il s'agit de la continuité de la nappe d'accompagnement du ruisseau décrite ci-dessus.

➤ Partie C :

Les sondages en partie C ont permis de mettre en évidence une couche de limons +/- argilo-sableux de compacité faible à moyenne suivis de sables voire d'argiles +/- sableux indurée/ très compacts.

➤ Partie D :

Les sondages en partie D ont permis de mettre en évidence une couche de limons +/- argilo-sableux de compacité faible à moyenne suivis de sables voire d'argiles +/- sableux indurés très compacts.

IV.2.1 Contexte hydrogéologique

En zone A, une nappe d'accompagnement du ruisseau passant en limite Nord-Ouest a été mise en évidence à des profondeurs d'environ 2.60 m à 3.60 m.

De plus, nous avons constaté un niveau stabilisé à 3.05 m de profondeur soit environ 172.99 m NGF sur notre piézomètre PZ1 après purge.

De manière plus générale, des circulations d'eau souterraines en liaison avec la rivière empruntant des cheminements préférentiels au sein des terrains de couverture ne sont pas à exclure.

Enfin, seule une étude hydrogéologique complète permettrait de conclure quant à la nature du niveau d'eau et ces variations potentielles (niveaux caractéristiques).

IV.3 – Règles parasismiques

Nous rappelons que la commune de Bouc-Bel-Air est située en zone de sismicité 3, selon la réglementation actuelle.

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

Le risque de liquéfaction est à vérifier (cf. indice ultérieur avec essais en laboratoire).

IV.4 – Principales contraintes du site

Les contraintes principales du site sont les suivantes :

- Variation importante de l'épaisseur des remblais et/ou des dépôts colluvionnaires peu compacts.
- Réalisation de bâtiments avec niveaux de sous-sols avec faible recul par rapport aux avoisinants.
- La présence de drains agricoles en partie Sud.
- La présence de nappe en partie Nord.

IV.5 – Fondations

IV.5.1 –Partie A

Au vu de la présence de remblais et de matériaux vasard, nous conseillons un report de charges au-delà de ces horizons. Il sera nécessaire de réaliser des fondations profondes de type pieux ou micropieux.

Un système de fondations mixtes ou composé, semelles filantes dimensionnées pour une contrainte de 2 bars ELS sous charge verticale centrée (0,2 MPa), reposant sur un sol renforcé par des inclusions solides ou équivalent pourra aussi être étudié en G2 PRO.

Les colonnes ballastées seront exclues du fait de la présence de matériaux organiques dans les sols.

IV.5.2 – Partie B

Au vu de nos investigations, nous vous proposons un système de fondations superficielles par l'intermédiaire de semelles filantes et/ou isolées dimensionnées avec une contrainte admissible de 1.0 bars à l'ELS sous charge verticale centrée (0,10 MPa), mobilisée au prix d'un ancrage de minimum 0.50 m dans les sables argileux ocre à marron en place sous les remblais soit des encastremements compris entre 1.10 m et 2.10 m par rapport au TN.

Sondages	Fouille C	PD16	PD17	PD18
Encastrement par rapport au TN	2.10	1.30	1.10	1.30

IV.5.3 – Partie C

Au vu de nos investigations, nous vous proposons un système de fondations superficielles par l'intermédiaire de semelles filantes et/ou isolées dimensionnées avec une contrainte admissible de 2.0 bars à l'ELS sous charge verticale centrée (0,20 MPa), mobilisée au prix d'un ancrage de 0.50 m minimum dans les sables argileux marron à rougeâtre en place sous les dépôts colluvionnaires très peu compacts soit des encastresments compris entre 1.10 m et 2.00 m par rapport au TN.

Sondages	PD4	PD5	PD6	PD7	PD8	PD9	PD10	PD11	PD12
Encastrement par rapport au TN	1.50	1.50	1.50	1.50	1.10	1.50	1.50	1.50	1.10

Sondages	PD13	PD14
Encastrement par rapport au TN	1.40	2.00

IV.5.4 – Partie D

Compte tenu des terrassements vus, la plateforme de terrassement sera au niveau des marnes gréseuses compacts. Nous vous proposons un système de fondations superficielles par l'intermédiaire de semelles filantes et/ou isolées dimensionnées avec une contrainte admissible de 4.0 bars à l'ELS sous charge verticale centrée (0,40 MPa), mobilisée au prix d'un ancrage de 0.30 m minimum pour des semelles filantes et 0.50 m minimum pour des semelles isolées dans les dépôts argileux +/- sableux à l'affleurement au niveau de la PFT.

IV.5.5 – Prescriptions générales

Les parties d'ouvrage différemment chargées devront être désolidarisées par l'aménagement de joints de rupture verticaux effectifs et largement dimensionnés.

Lors de la réalisation des travaux, l'on portera attention à toute anomalie ou variation de faciès pouvant justifier une adaptation particulière.

Dans cet esprit, il conviendra notamment de prévoir la purge systématique de toutes les surépaisseurs de remblais éventuels, ou de poches décomprimées pouvant subsister sous l'emprise des fondations.

Entre les bases de fondations voisines établies à des cotes différentes, l'on respectera une pente au plus égale à 3/1 (3 à l'horizontale).

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

Les semelles proprement dites pourront être établies à des cotes fixées à l'avance et reposer sur des épaisseurs variables de gros béton d'adaptation.

Les bétons de fondation et éventuels gros bétons, devront être coulés à pleine fouille, sur toute hauteur, impérativement hors d'eau et ce à l'avancement, afin de limiter les phénomènes de décompression et d'altération des sols d'assise.

Un soin particulier devra être pris quant à l'exécution de tous les réseaux d'écoulement (possibilité d'entretien dans le temps), afin d'éviter toute fuite accidentelle qui pourrait altérer les caractéristiques mécaniques des sols d'ancrage.

IV.6 – Niveau bas

Pour les villas, on s'orientera vers un plancher porté par les fondations.

Uniquement pour les bâtiments de la partie D, dans le cas où le niveau R-1 serait aménagé en parking, on pourrait s'orienter vers une solution de dallage sur terre-plein.

Le module d'élasticité E_s du sol, estimé à partir des essais pressiométriques, devrait être d'environ 150 MPa.

Les critères de réception de la couche de forme du dallage seront, a priori, les suivants :

- Rapport de module $EV_2/EV_1 \leq 2$
- Module de Westergaard $\geq 50 \text{ MPa/m}$

Conformément au DTU 13-3, il faudra prévoir au minimum un essai pour 500 m² avec un minimum de 3 essais pour la plateforme.

IV.7 – Terrassements

IV.7.1– Contexte et rippabilité

Le projet prévoit la construction de villas sans sous-sol, dont l'altimétrie des niveaux bas n'est pas connue. Les terrassements ne concerneront a priori que des travaux de réglages de plateforme ou de réseaux.

Il prévoit également des logements collectifs de type R+2 avec un niveau de sous-sol, dont le niveau bas devrait être calé à une profondeur maximale de 3,00 m par rapport à la surface du terrain actuel.

De ce fait, le fond de fouille sera composé, soit des sables +/- limono-argileux, soit du substratum marno-gréseux compact.

Dans les sols superficiels (limons, sables, ...), les terrassements de fondations pourront être exécutés à l'aide de matériels classiques.

Dans les couches indurées (marnes gréseuses) des moyens plus puissants seront nécessaires (BRH, ...). Une étude vibratoire sera menée au préalable, pour s'assurer de la compatibilité de tels moyens avec l'environnement du chantier

L'attention est attirée sur les risques de désorganisations des fonds de fouille et des fronts de taille liés à l'emploi de ce type de matériel, pouvant nécessiter des surconsommations de bétons ou de gros bétons.

IV.7.2 – Talus et soutènements

Les talus réalisés au niveau des sous-sols de la partie D devront être dressés au maximum à 2H/1V dans les dépôts superficiels peu compacts et à 1H/1V au niveau des dépôts marno-gréseux, moyennant une protection étanche, disposée à l'avancement après curage des parois, par film polyane correctement agrafé et une protection de la base des talus.

Dans le cas de recul insuffisant, notamment pour le bâtiment en limite Sud-Ouest, aucun talutage ne sera possible et il serait nécessaire de prévoir une paroi de soutènement type micro-berlinoise.

IV.8 – Protection contre les eaux

En phase provisoire, compte tenu de la nature argileuse des formations superficielles, il sera nécessaire d'assainir la plateforme par drainage. Il pourra s'agir soit de tranchées drainantes, soit de fossés. La pente des écoulements sera au minimum de 0.5% (5 mm par mètre).

Le réseau de drainage devra tenir compte de la topographie du site et sera raccordé à un exutoire dimensionné de manière suffisante et implanté de manière non dangereuse pour le projet et les avoisinants.

Au moment de l'ouverture des fouilles dans la zone B, dans le cas de remontée de nappe on veillera à pomper ces eaux. On veillera également à réaliser un blindage des fouilles afin d'éviter tout éboulement compte tenu de la nature sablo-graveleuse des sols et de la présence d'eau.

Dans tous les cas, on évitera toutes stagnations des eaux en fond de fouille, susceptibles de dégrader la résistance à la butée des terrains ainsi que leur portance.

En phase définitive, toute infiltration d'eau au niveau des fondations est à proscrire. Les eaux de voirie, de ruissellement et de toiture devront être collectées (contre-pente, gouttière, etc.) et évacuées vers un exutoire dimensionné de manière suffisante et implanté de manière non dangereuse pour le projet et ses avoisinants.

Compte-tenu de la nature des terrains, les parties enterrées du projet devront être soigneusement drainées conformément au DTU 20.1 : drain périphérique avec exutoire gravitaire ou pompe de relevage par exemple, et tapis drainant associés à une tranchée centrale sous dallage.

Une solution de drainage implique que le maître d'ouvrage obtienne les autorisations de rejet des eaux d'exhaure.

Dans le cas contraire, les parties enterrées seront dimensionnées pour reprendre les sous-pressions.

Le niveau d'eau dans le sol étant toujours susceptible de remonter en période pluvieuse, il appartiendra aux concepteurs de mener les enquêtes nécessaires auprès des services compétents (DREAL, etc.) afin de déterminer le niveau des plus hautes eaux connues dans le secteur.

IV.9– Continuité des missions géotechniques et levés d'aléa

Nous rappelons que la phase AVP de la mission G2 devra être suivie des phases PRO et DCE/ACT ainsi que des missions G3 et G4.

Au vu des premières conclusions, nous conseillons la réalisation de :

- Sondages pressiométriques dans la zone A afin de dimensionner la solution de fondation retenue (profondes ou mixtes),
- Sondages de reconnaissances géologiques (carottage ou tarière) dans les zones C et D pour vérifier la nature des matériaux d'ancrage.

Aix-en-Provence le 5 janvier 2023



Sébastien AZZINI

V – ANNEXES

**COUPES LITHOLOGIQUES DES FOUILLES A LA PELLE MECANIQUE D21-0194 A A
I**

**GRAPHIQUES DES FORAGES DESTRUCTIFS AVEC ESSAIS PRESSIOMETRIQUES
D21-0194 FP1 A FP4**

**GRAPHIQUES DES ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE D21-0194 PD1 A
PD25**

**PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES SUR FOND DE PLAN DE MASSE
D21-0194-1**

DOCUMENTS TRADUISANT LES RESULTATS DES ESSAIS PORCHET

RESULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE

SUIVI PIEZOMETRIQUE

**BOUC-BEL-AIR****VIOLESI**

Date : 19/11/2021

COUPE DE LA FOUILLE**A à D**

N° : D21-0194

A

0m00 à 2m60: Remblai limono-sableux + ou - argileux beige à blocs pluri-décimétriques et cailloutis à métriques.

2m60 à 3m60: Sable argileux noirâtre.

Présence d'eau en fond de fouille.

B

0m00 à 2m00: Remblai limono-sableux + ou - argileux beige à blocs pluri-décimétriques et cailloutis à métriques.

2m00 à 3m60: Sable argileux noirâtre.

Présence d'eau vers 3m20.

C

0m00 à 0m60: Remblai limono-sableux + ou - argileux beige à blocs pluri-décimétriques et cailloutis à métriques.

0m60 à 1m60: Remblai sablo-argileux gris foncé à cailloutis et blocs anthropique (brique, enrobé).

1m60 à 2m90: Sable argileux ocre à galets et cailloutis.

Présence d'eau vers 2m60.

D

0m00 à 0m80: Limon sableux marron foncé.

0m80 à 1m60: Sable limono-argileux ocre beige à cailloutis et galets.

1m60 à 2m10: Argile marron rouge.

Arrêt volontaire.

**BOUC-BEL-AIR****VIOLESI**

Date : 19/11/2021

COUPE DE LA FOUILLE**E à I**

N° : D21-0194

E

0m00 à 0m45: Limon sableux marron foncé.
0m45 à 0m85: Sable limono-argileux ocre beige à cailloutis et galets.
0m85 à 1m20: Argile marron rouge.
Arrêt volontaire.

F

0m00 à 0m45: Limon argileux marron rouge.
0m45 à 0m90: Sable grisâtre à nodule et lentilles déci-métriques d'argile rouge.
0m90 à 1m80: Alternance de sables gris et rougeâtre + ou - indurés.
Refus tracto.

G

0m00 à 0m70: Limon argileux marron rouge à cailloutis.
0m70 à 1m60: Argile sableuse marron rouge à cailloutis.
1m60 à 2m10: Sable gris rougeâtre induré.
Refus tracto.

H

0m00 à 0m60: Limon sableux marron à cailloutis.
0m60 à 1m50: Sable limoneux gris à rouge.
1m50 à 2m25: Sable limoneux rougeâtre + ou - induré à quelques cailloutis et galets.
Refus tracto.

I

0m00 à 0m80: Limon sableux marron foncé à quelques cailloutis.
0m80 à 1m30: Argile sableuse rougeâtre.
1m30 à 2m10: Argile rougeâtre compacte.
Refus tracto.
Présence de drain agricole de Ø30cm en cailloutis et galets avec fort débit d'eau.



SOL-ESSAIS

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

FORAGE PRESSIOMETRIQUE

(Norme ISO 22476-4)

FP1

+ Piézo

X:

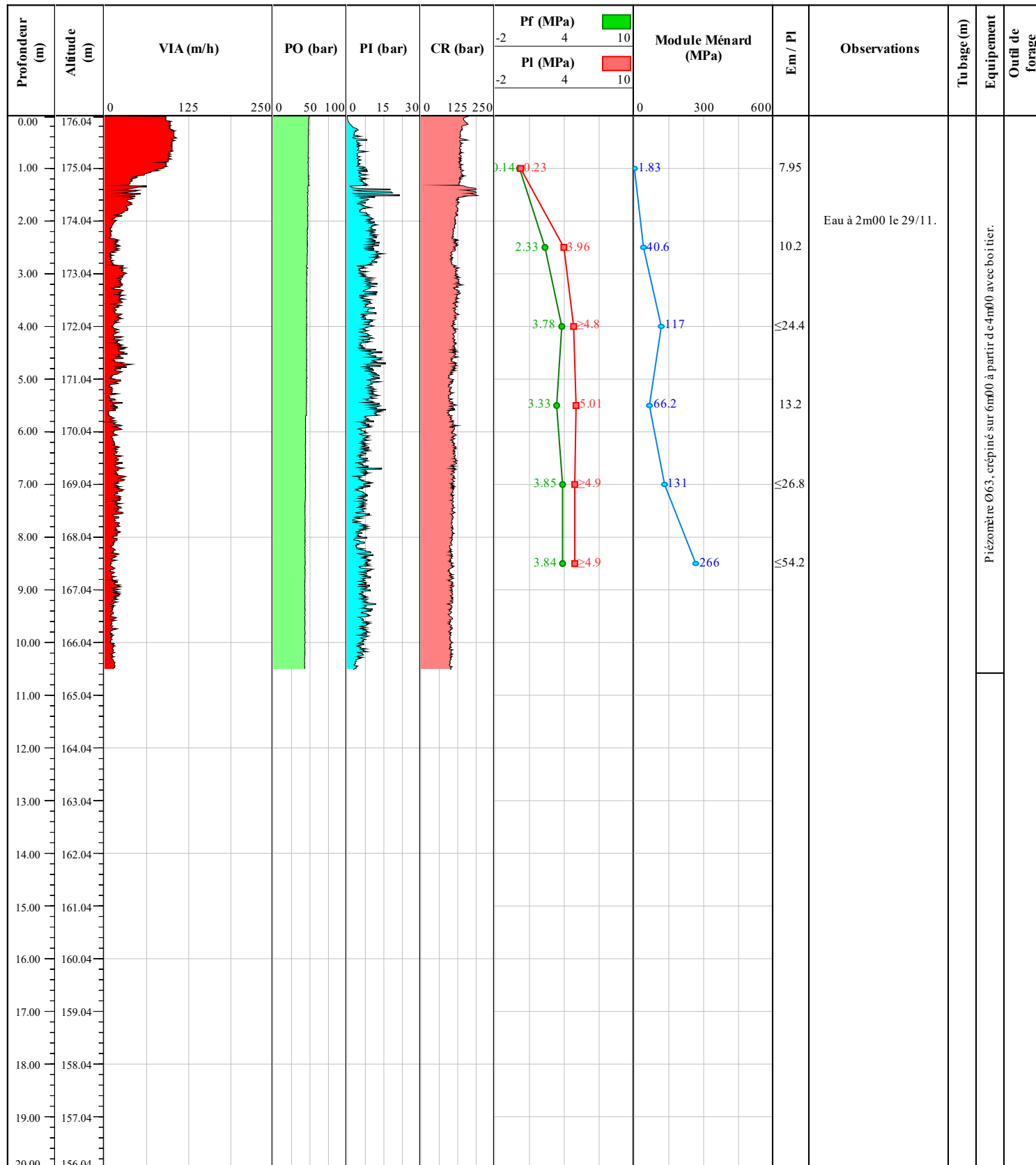
Y:

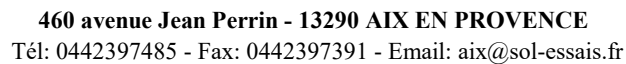
Z: 176.04 m

N° : D21-0194

Date : 29/11/2021

Profondeur : 10.6 m





FP2

Profondeur : 10.69 m

[illegible]



SOL-ESSAIS

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

FORAGE PRESSIOMETRIQUE

(Norme ISO 22476-4)

FP3

X:

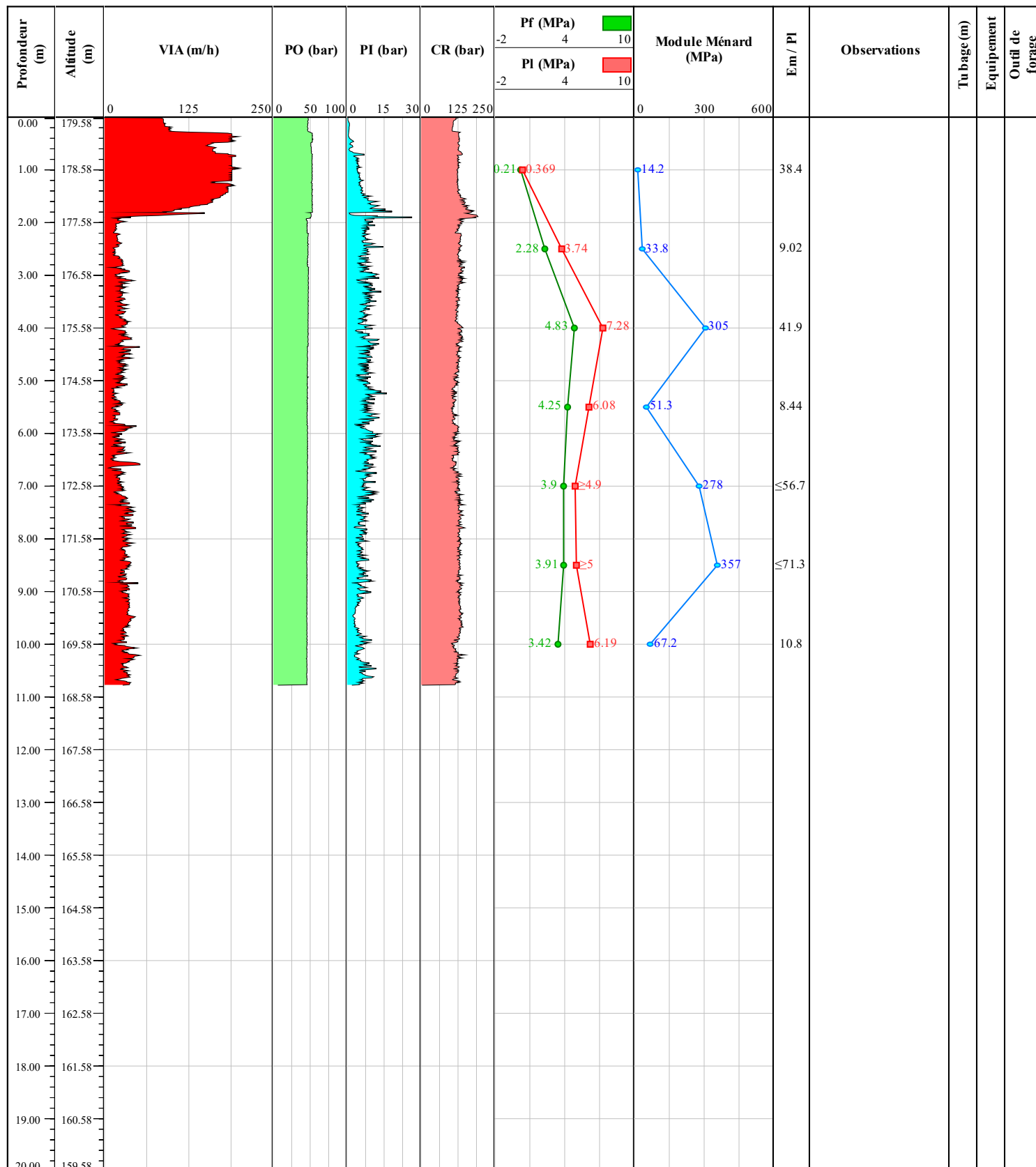
Y:

Z: 179.58 m

N° : D21-0194

Date : 25/11/2021

Profondeur : 10.77 m



FORAGE PRESSIOMETRIQUE

(Norme ISO 22476-4)

FP4

X:

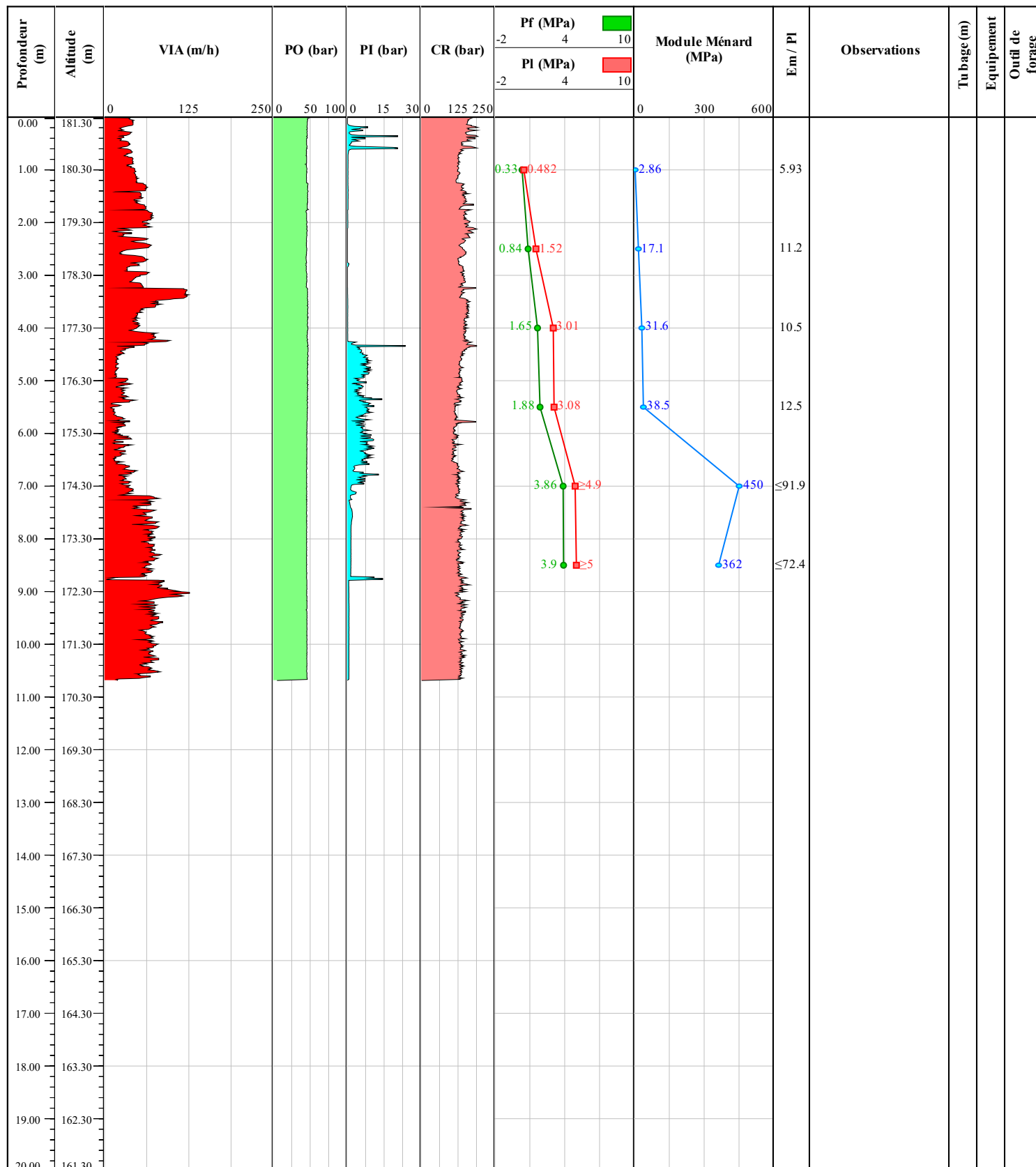
Y:

Z: 181.30 m

Nº : D21-0194

Date : 30/11/2021

Profondeur : 10.68 m





PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD1

X:

Y:

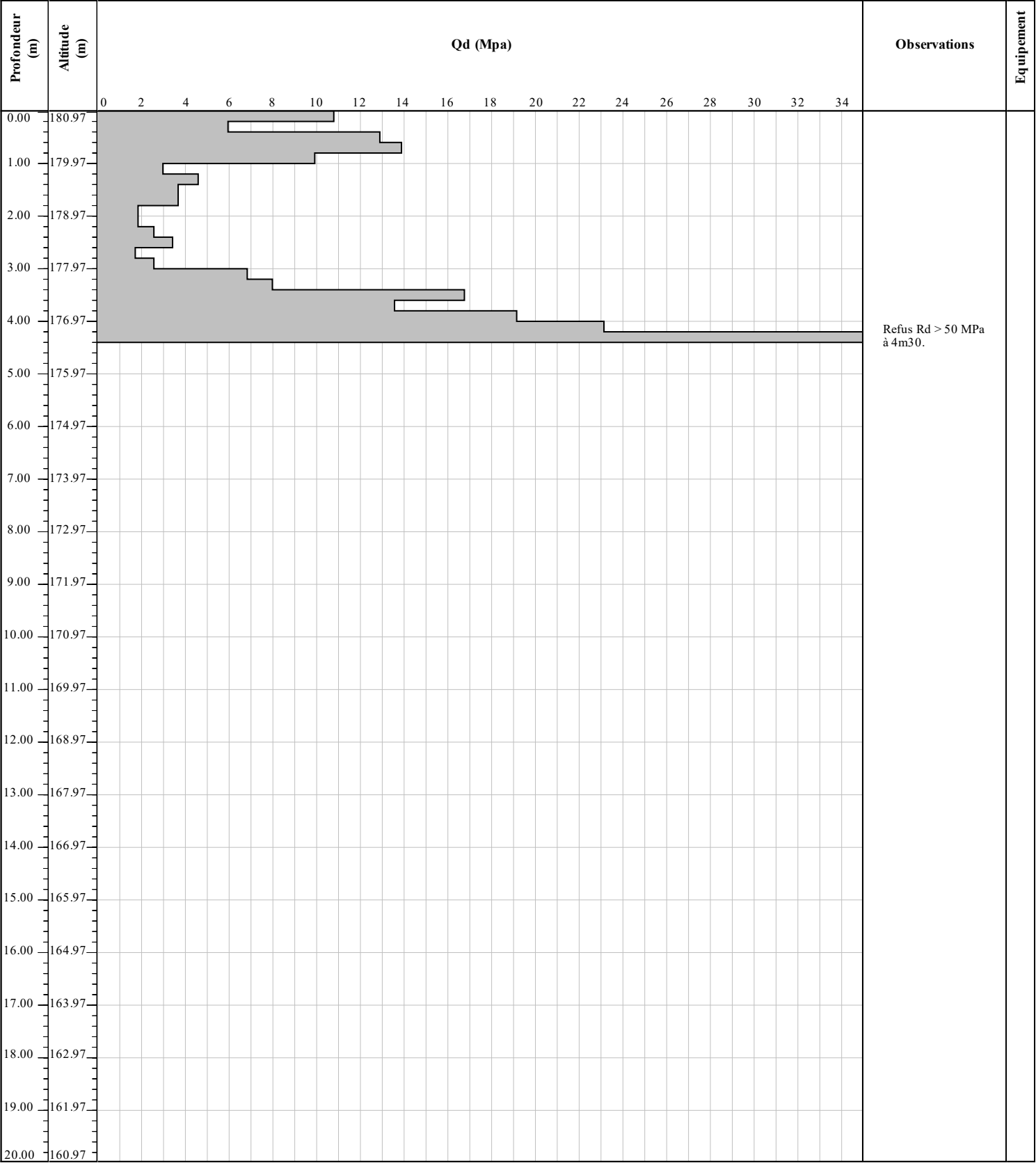
Z: 180.97 m

N° : D21-0194

Date : 06/12/2021

Profondeur : 4.4 m

AAP le 06/12/2021





SOL-ESSAIS

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

PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD2

X:

Y:

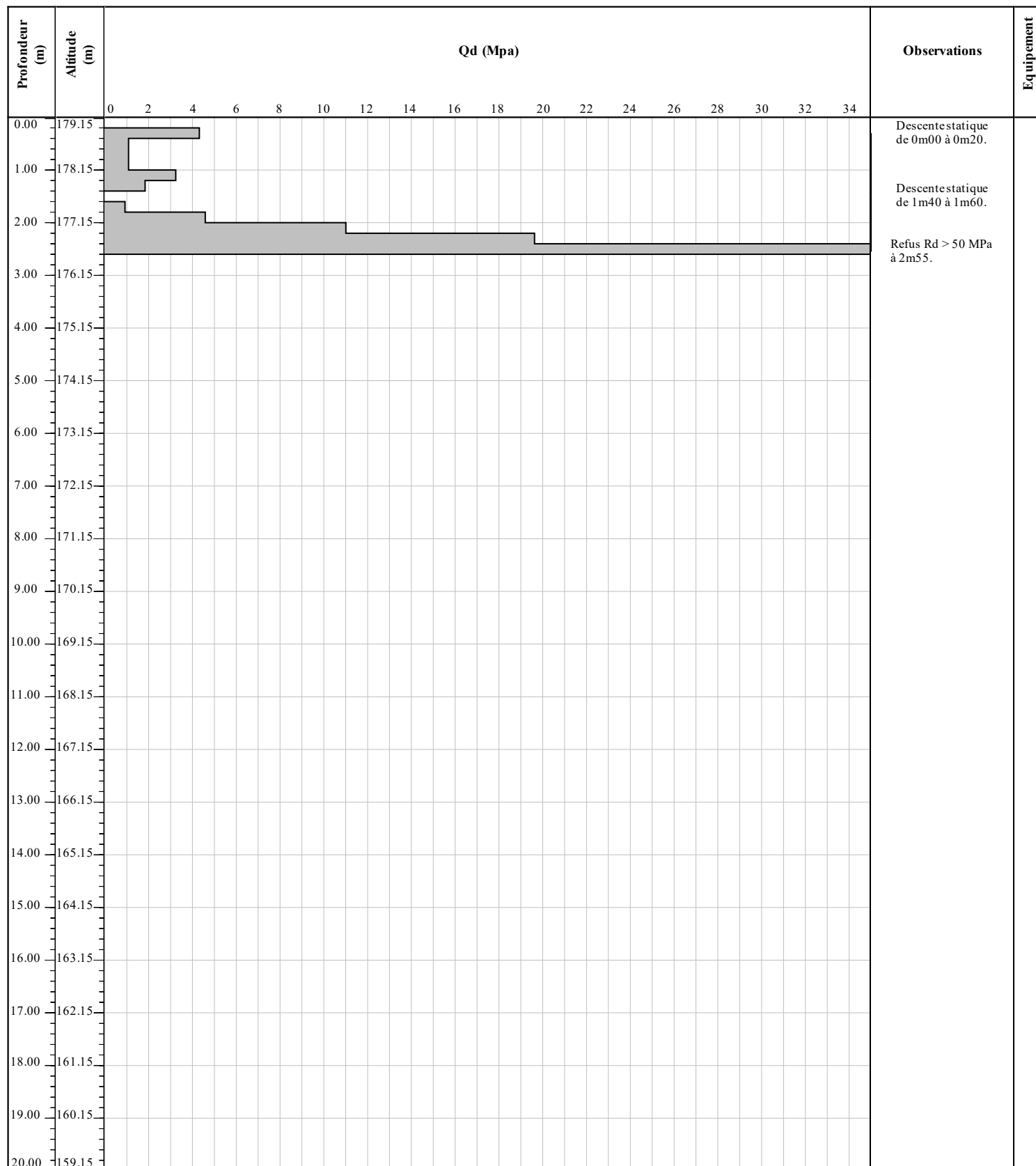
Z: 179.15 m

N° : D21-0194

Date : 06/12/2021

Profondeur : 2.6 m

AAP le 06/12/2021





SOL-ESSAIS

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

PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD3

X:

Y:

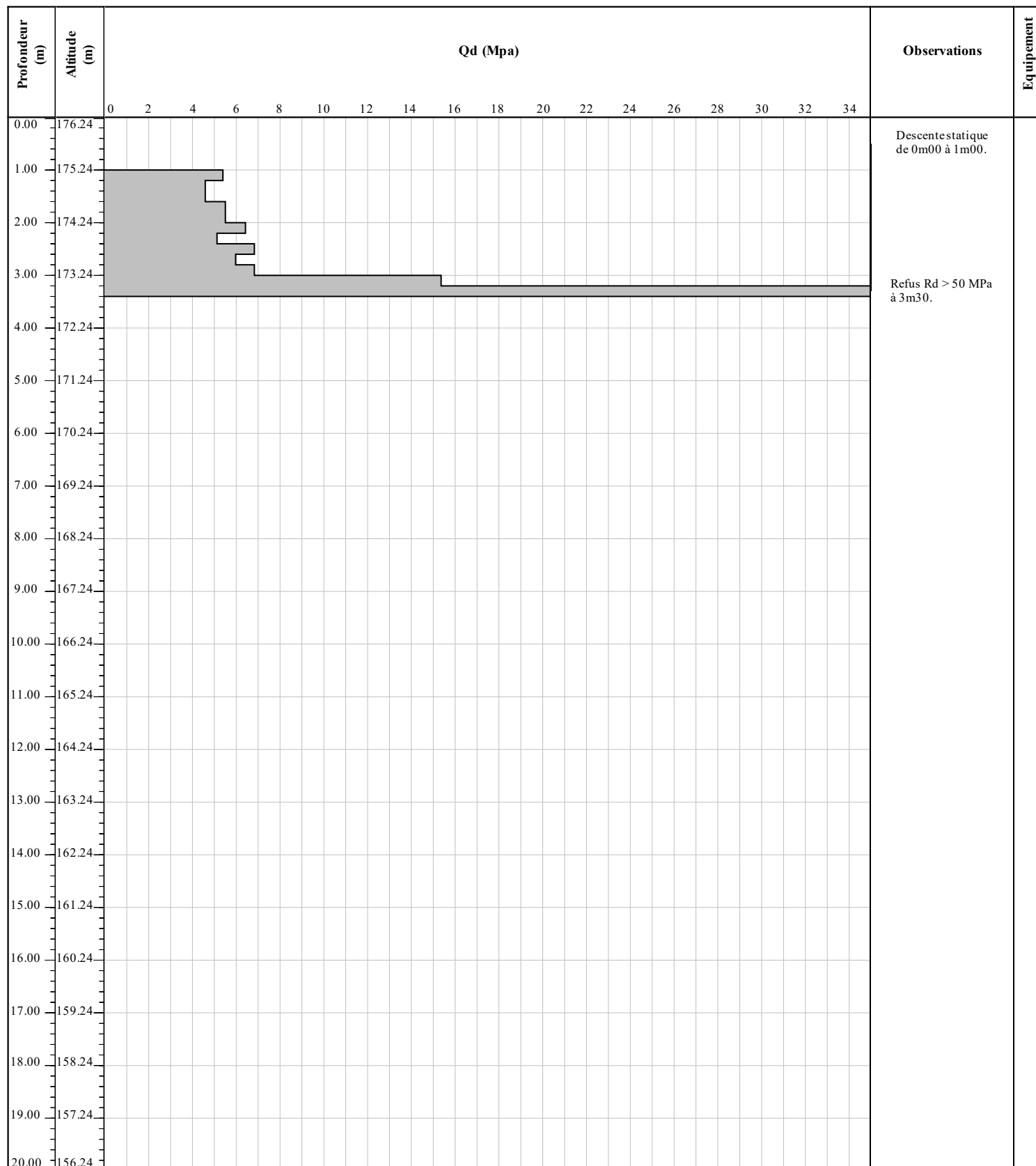
Z: 176.24 m

N° : D21-0194

Date : 06/12/2021

Profondeur : 3.3 m

AAP le 06/12/2021





PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

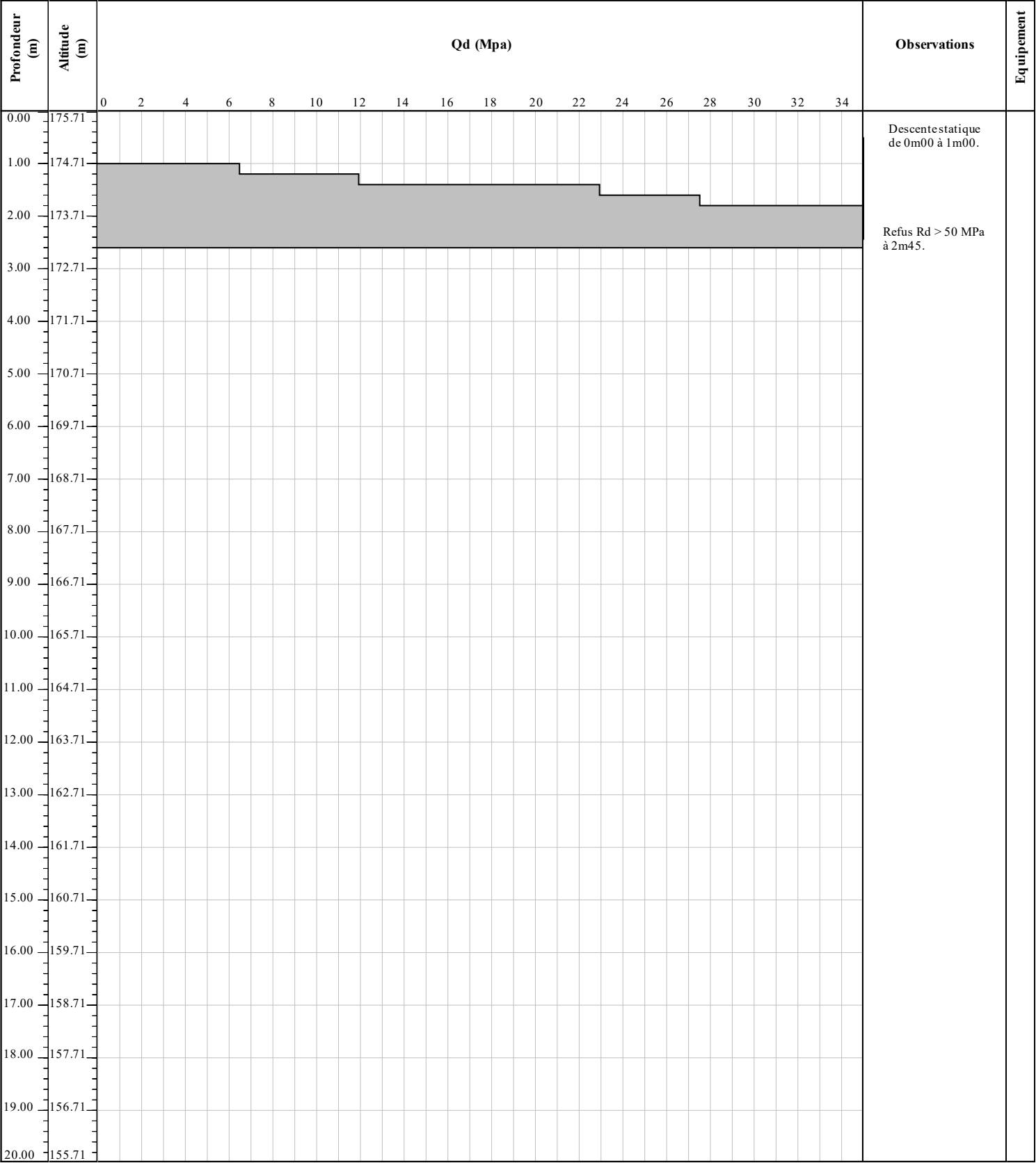
PD4

X:
Y:
Z: 175.71 m

N° : D21-0194
Date : 06/12/2021

Profondeur : 2.45 m

AAP le 06/12/2021





PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD5

X:

Y:

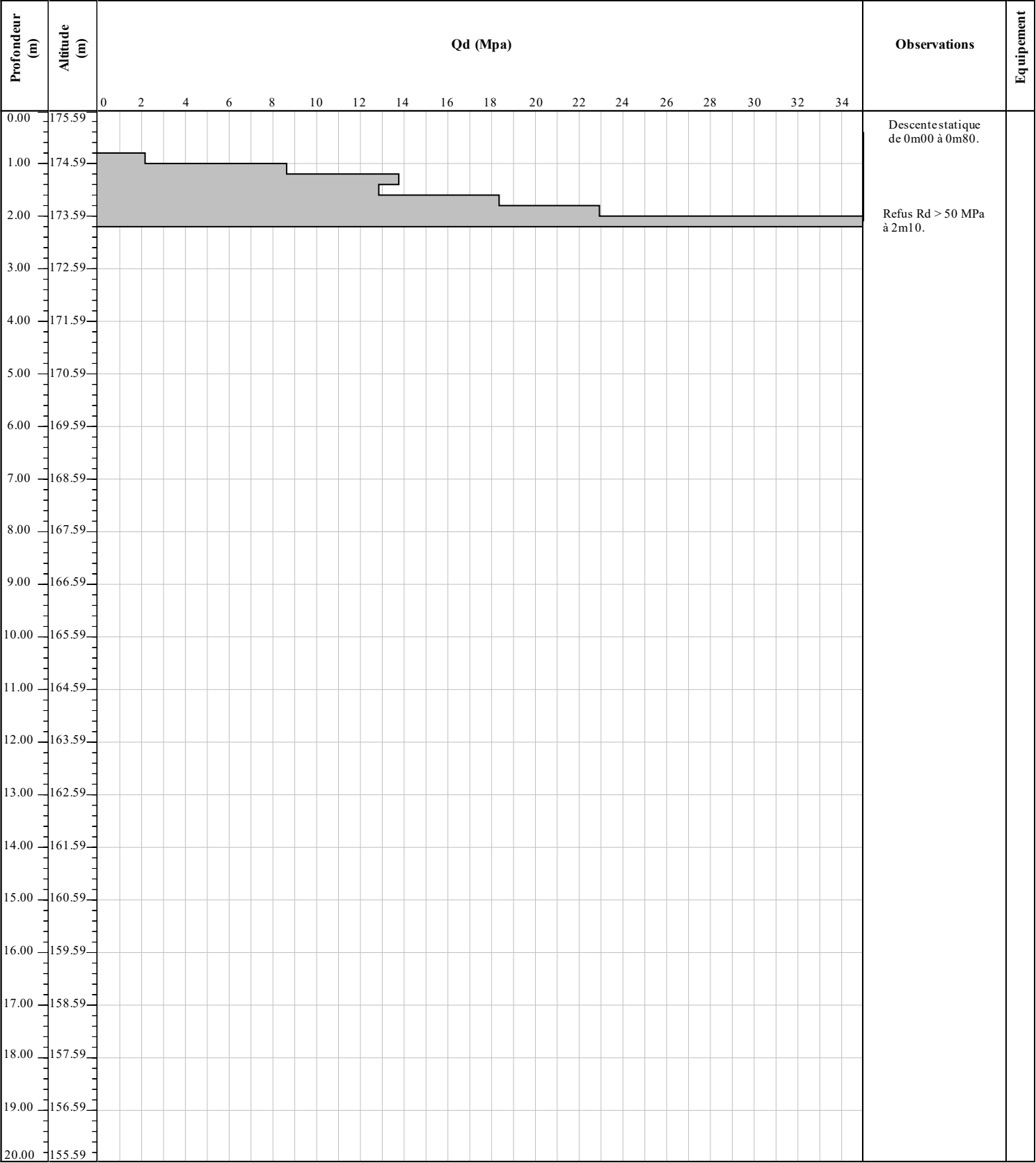
Z: 175.59 m

N° : D21-0194

Date : 06/12/2021

Profondeur : 2.1 m

AAP le 06/12/2021





SOL-ESSAIS

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

PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD6

X:

Y:

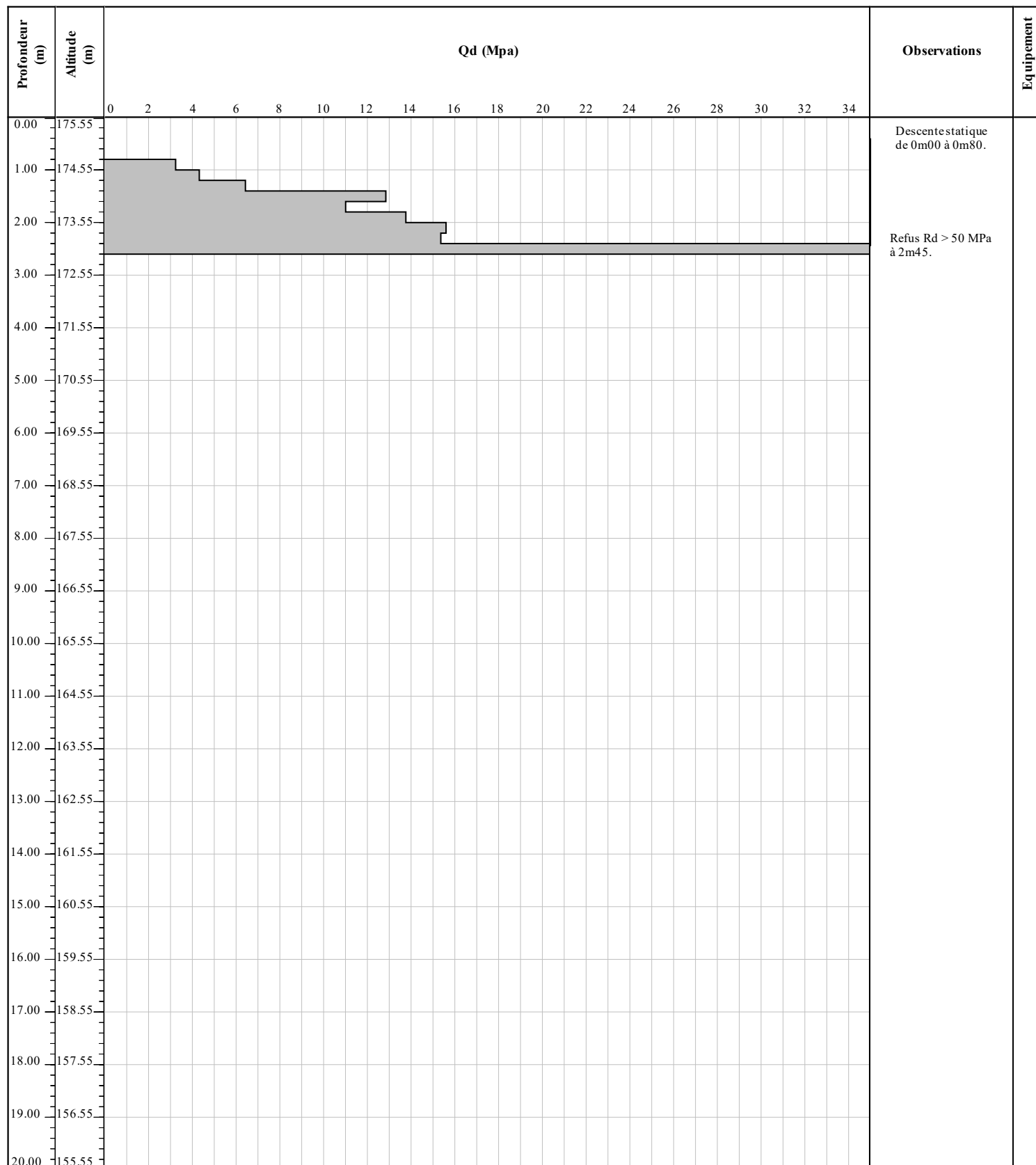
Z: 175.55 m

N° : D21-0194

Date : 06/12/2021

Profondeur : 2.45 m

AAP le 06/12/2021





PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD7

X:

Y:

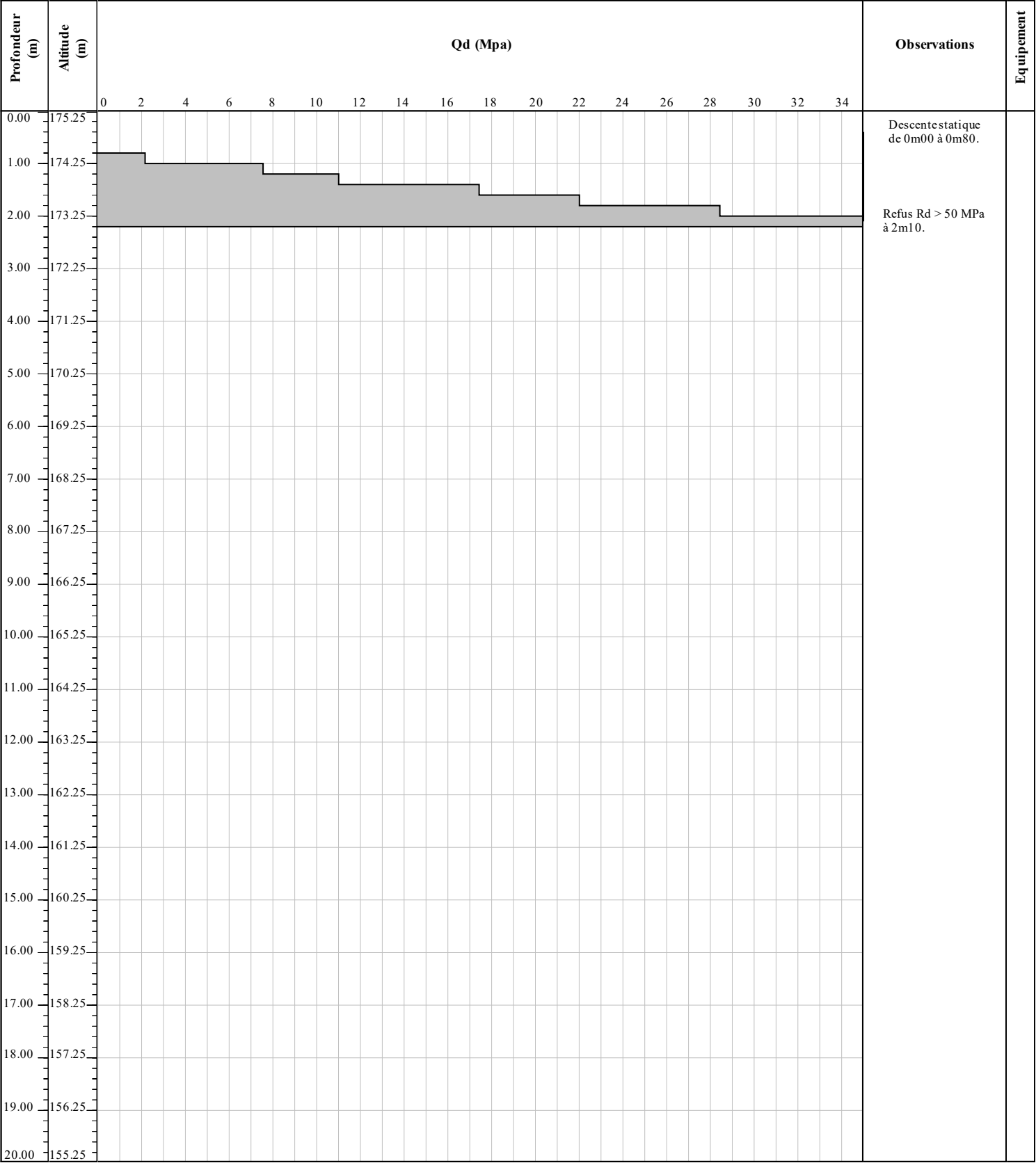
Z: 175.25 m

N° : D21-0194

Date : 06/12/2021

Profondeur : 2.1 m

AAP le 06/12/2021





PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD8

X:

Y:

Z: 174.82 m

N° : D21-0194

Date : 06/12/2021

Profondeur : 1.02 m

AAP le 06/12/2021

Profondeur (m)	Altitude (m)	Qd (Mpa)	Observations	Equipement
0.00	174.82	0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34	Descente statique de 0m00 à 0m60. Refus Rd > 50 MPa à 1m02.	
1.00	173.82			
2.00	172.82			
3.00	171.82			
4.00	170.82			
5.00	169.82			
6.00	168.82			
7.00	167.82			
8.00	166.82			
9.00	165.82			
10.00	164.82			
11.00	163.82			
12.00	162.82			
13.00	161.82			
14.00	160.82			
15.00	159.82			
16.00	158.82			
17.00	157.82			
18.00	156.82			
19.00	155.82			
20.00	154.82			



PENETROMETRE DYNAMIQUE

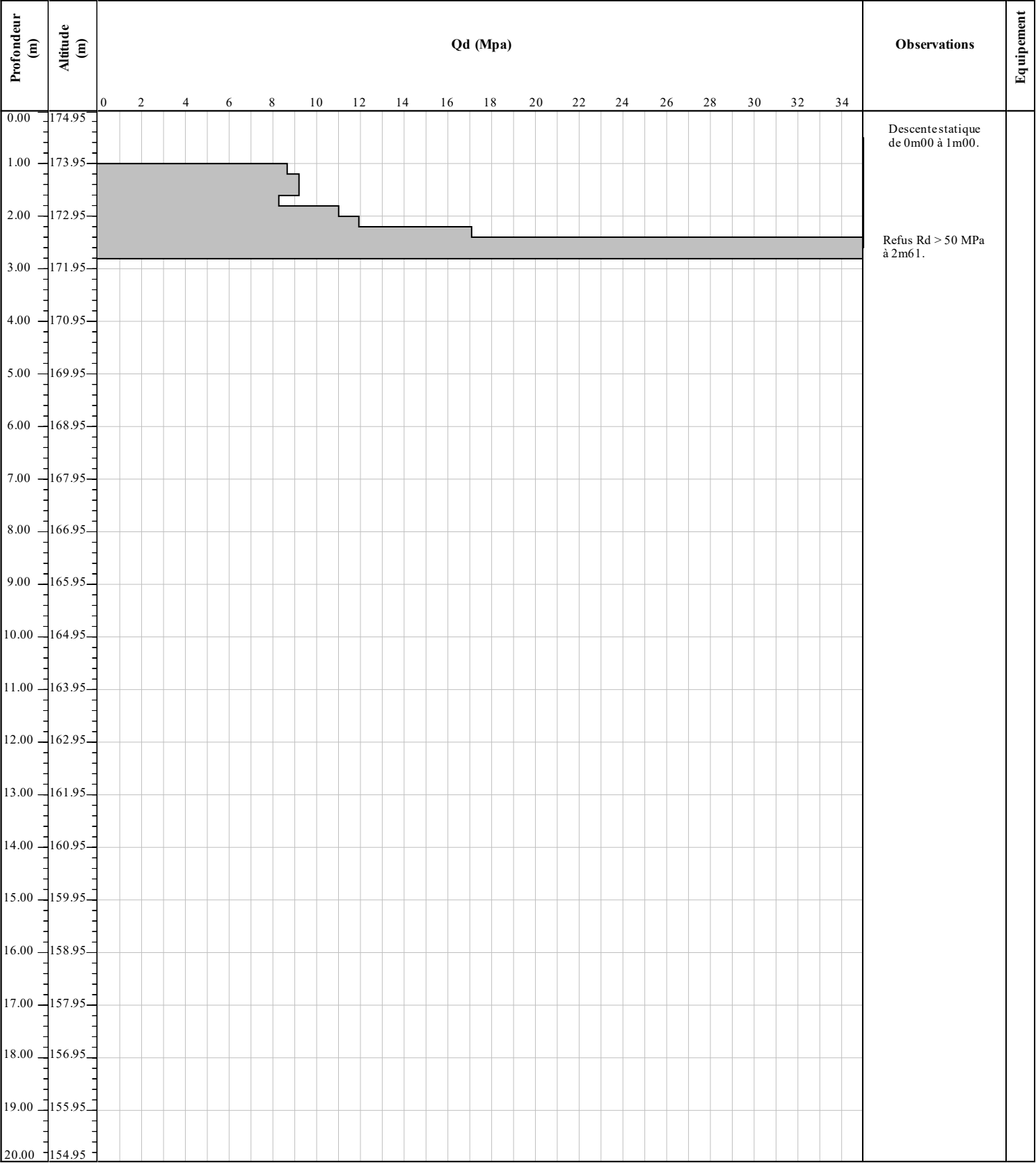
(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD9

X:
Y:
Z: 174.95 m

N° : D21-0194
Date : 06/12/2021

Profondeur : 2.61 m AAP le 06/12/2021





PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

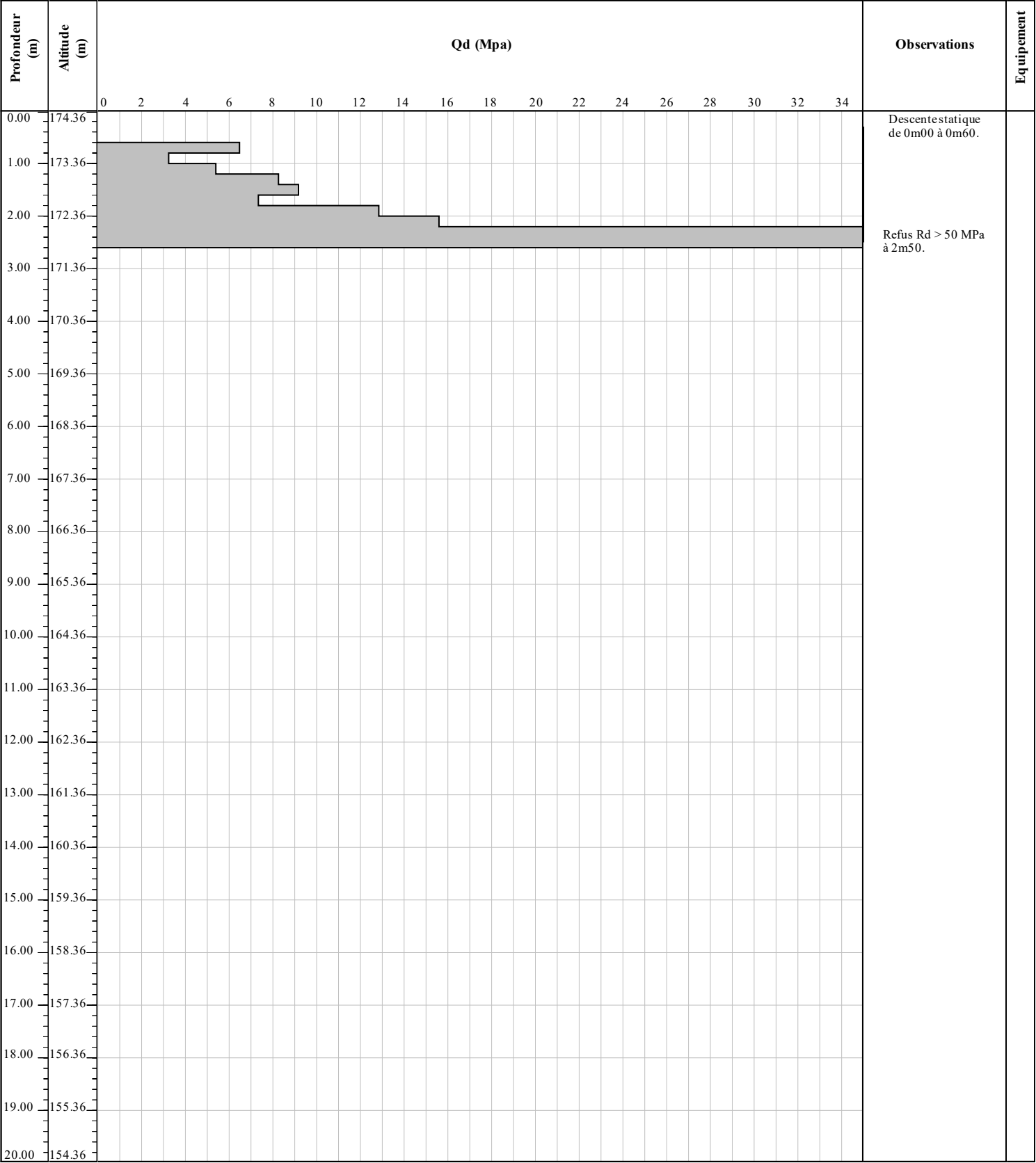
PD10

X:
Y:
Z: 174.36 m

N° : D21-0194
Date : 06/12/2021

Profondeur : 2.5 m

AAP le 06/12/2021





PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD11

X:

Y:

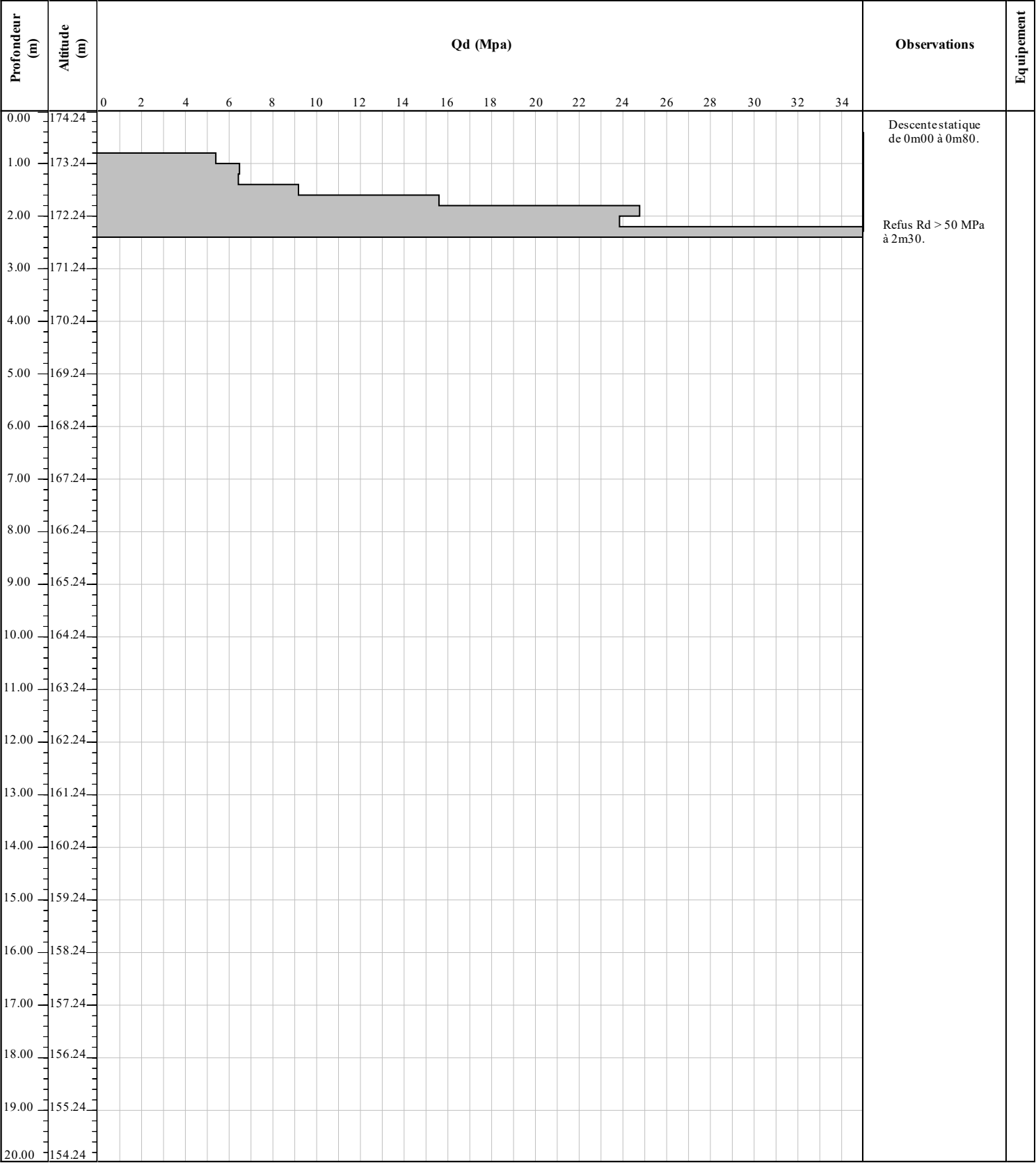
Z: 174.24 m

N° : D21-0194

Date : 06/12/2021

Profondeur : 2.3 m

AAP le 06/12/2021





PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

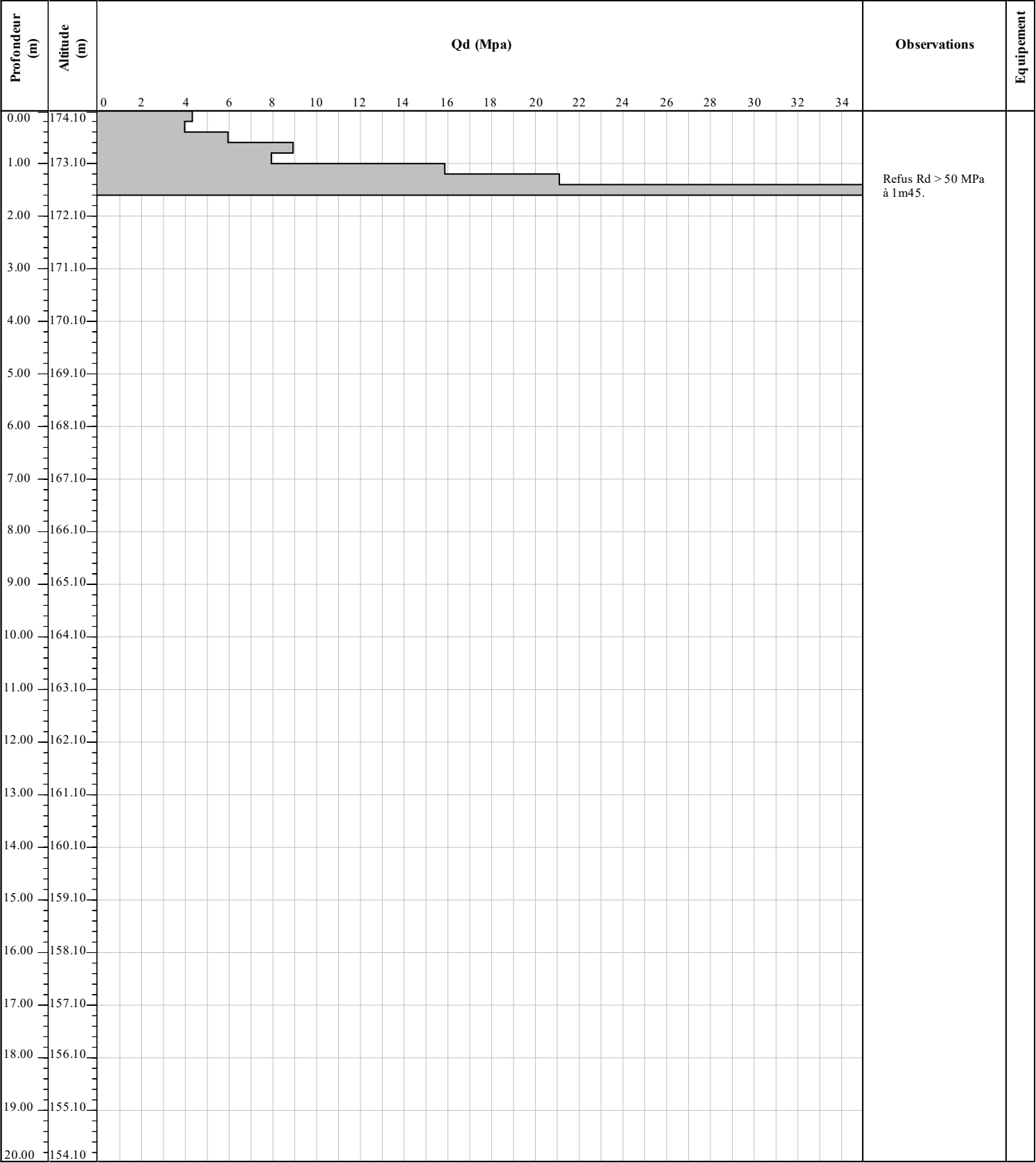
PD12

X:
Y:
Z: 174.10 m

N° : D21-0194
Date : 06/12/2021

Profondeur : 1.6 m

AAP le 06/12/2021





PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

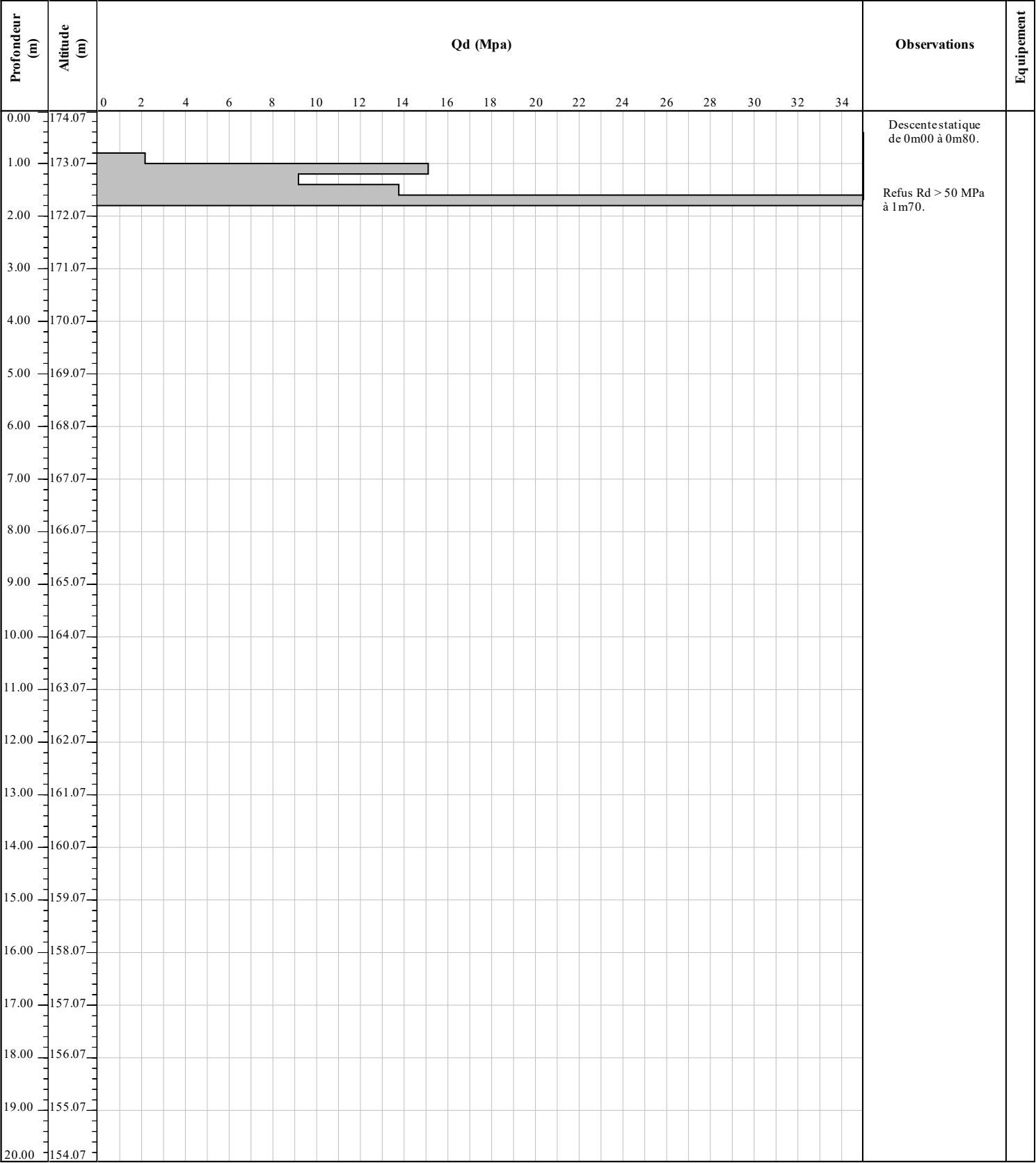
PD13

X:
Y:
Z: 174.07 m

N° : D21-0194
Date : 06/12/2021

Profondeur : 1.7 m

AAP le 06/12/2021





PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

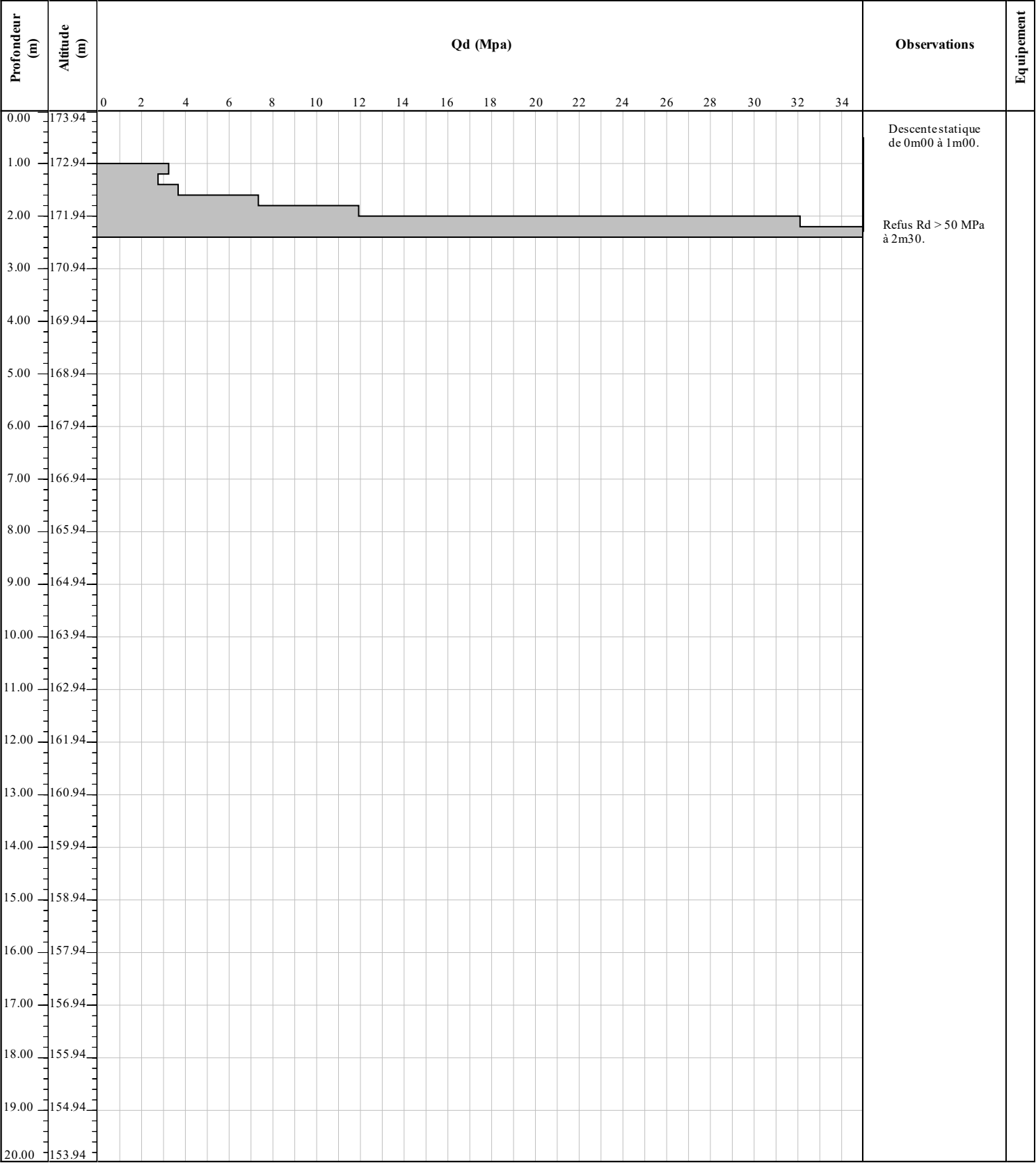
PD14

X:
Y:
Z: 173.94 m

N° : D21-0194
Date : 06/12/2021

Profondeur : 2.3 m

AAP le 06/12/2021





PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD15

X:

Y:

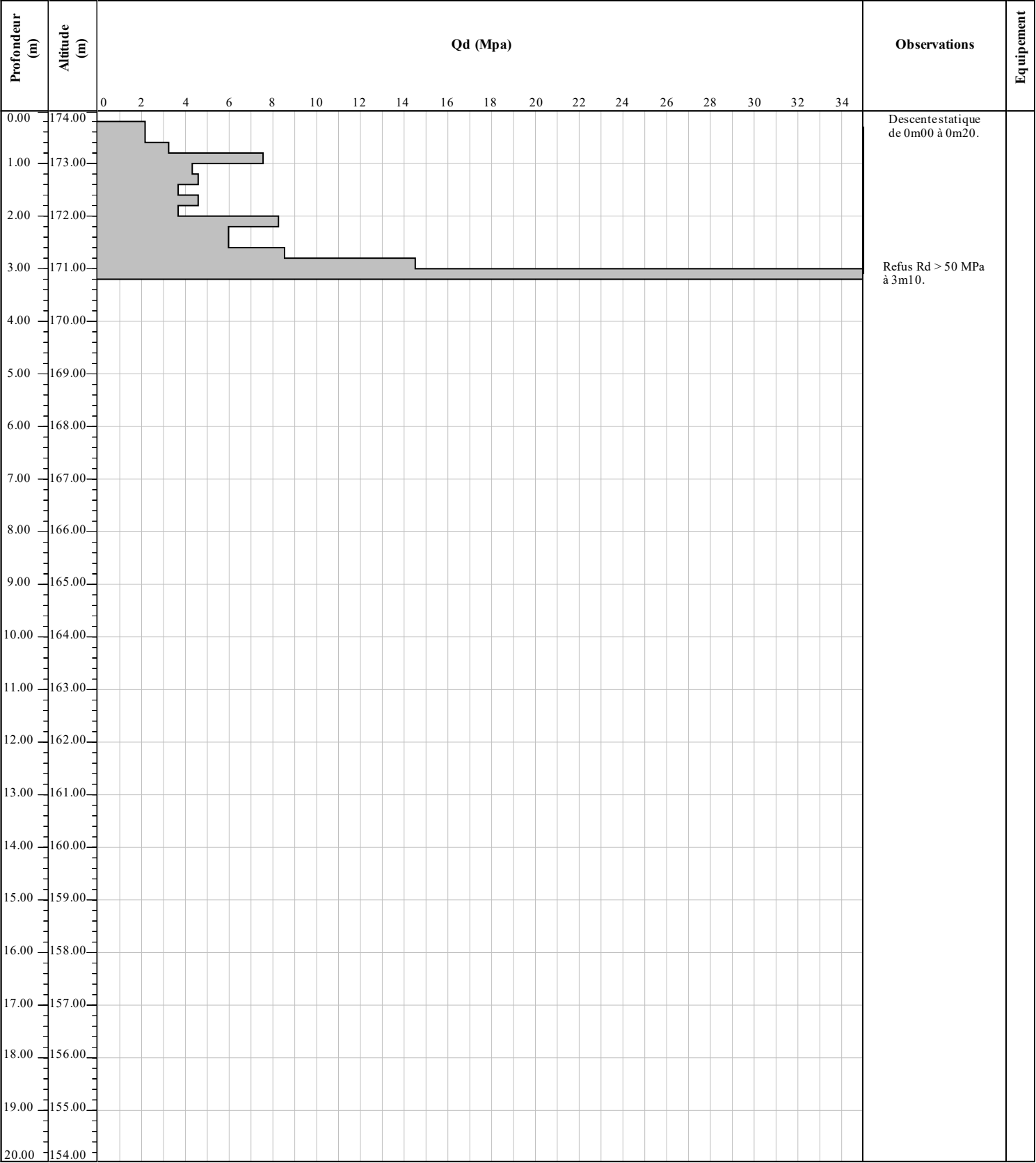
Z: 174.00 m

N° : D21-0194

Date : 06/12/2021

Profondeur : 3.1 m

AAP le 06/12/2021





PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD16

X:

Y:

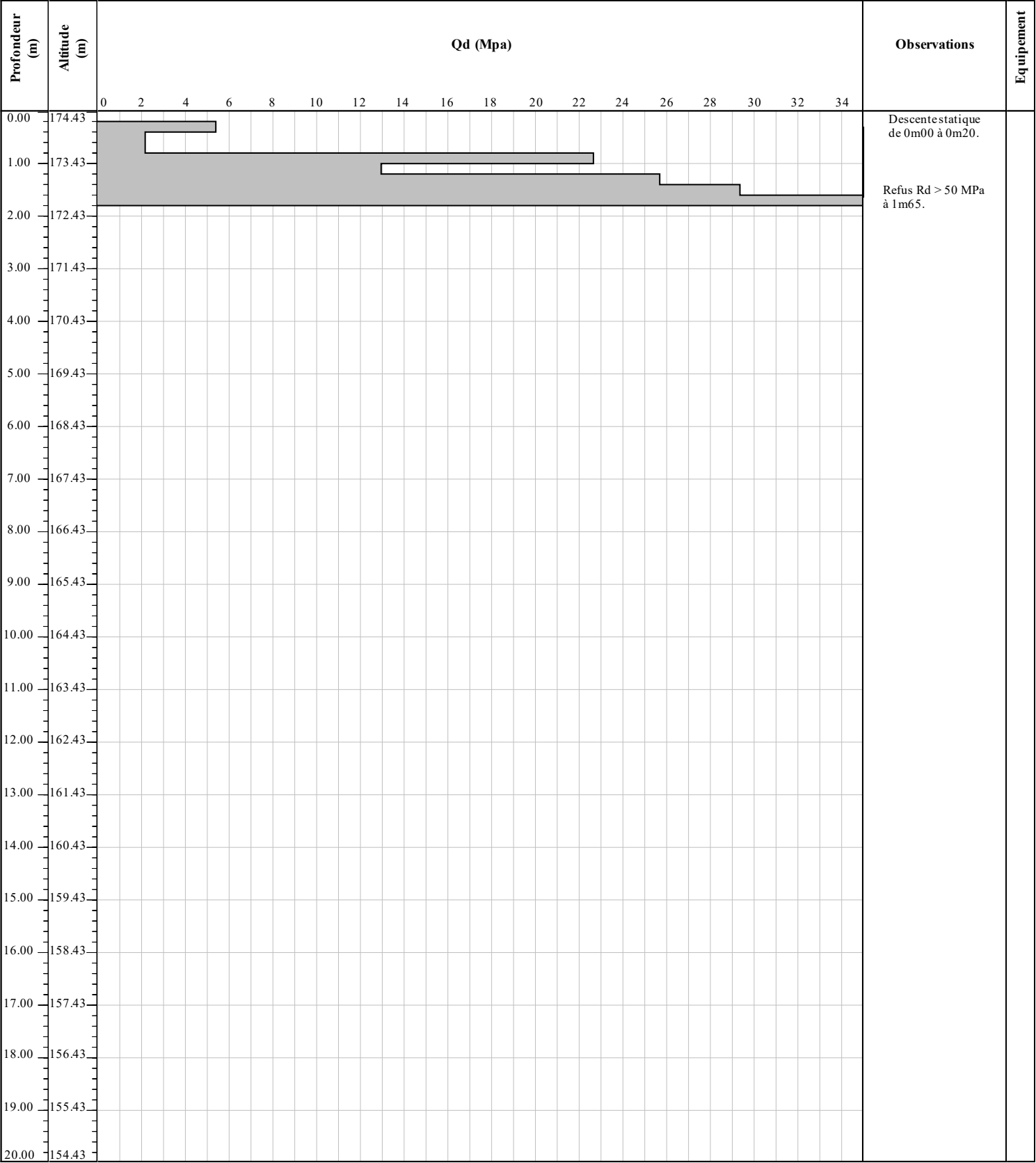
Z: 174.43 m

N° : D21-0194

Date : 06/12/2021

Profondeur : 1.65 m

AAP le 06/12/2021





SOL-ESSAIS

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

PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD17

X:

Y:

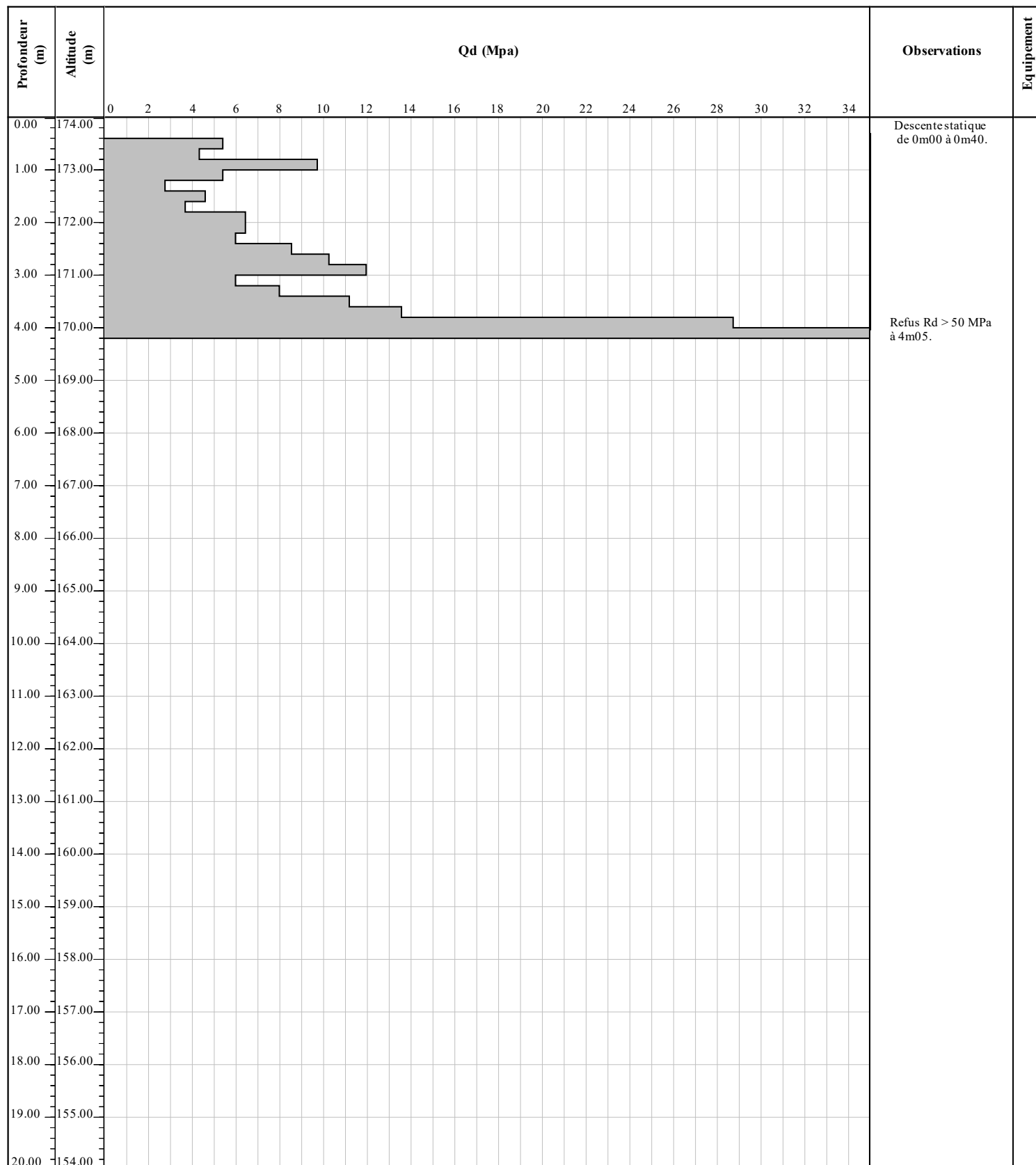
Z: 174.00 m

N° : D21-0194

Date : 06/12/2021

Profondeur : 4.05 m

AAP le 06/12/2021





SOL-ESSAIS

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

PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD18

X:

Y:

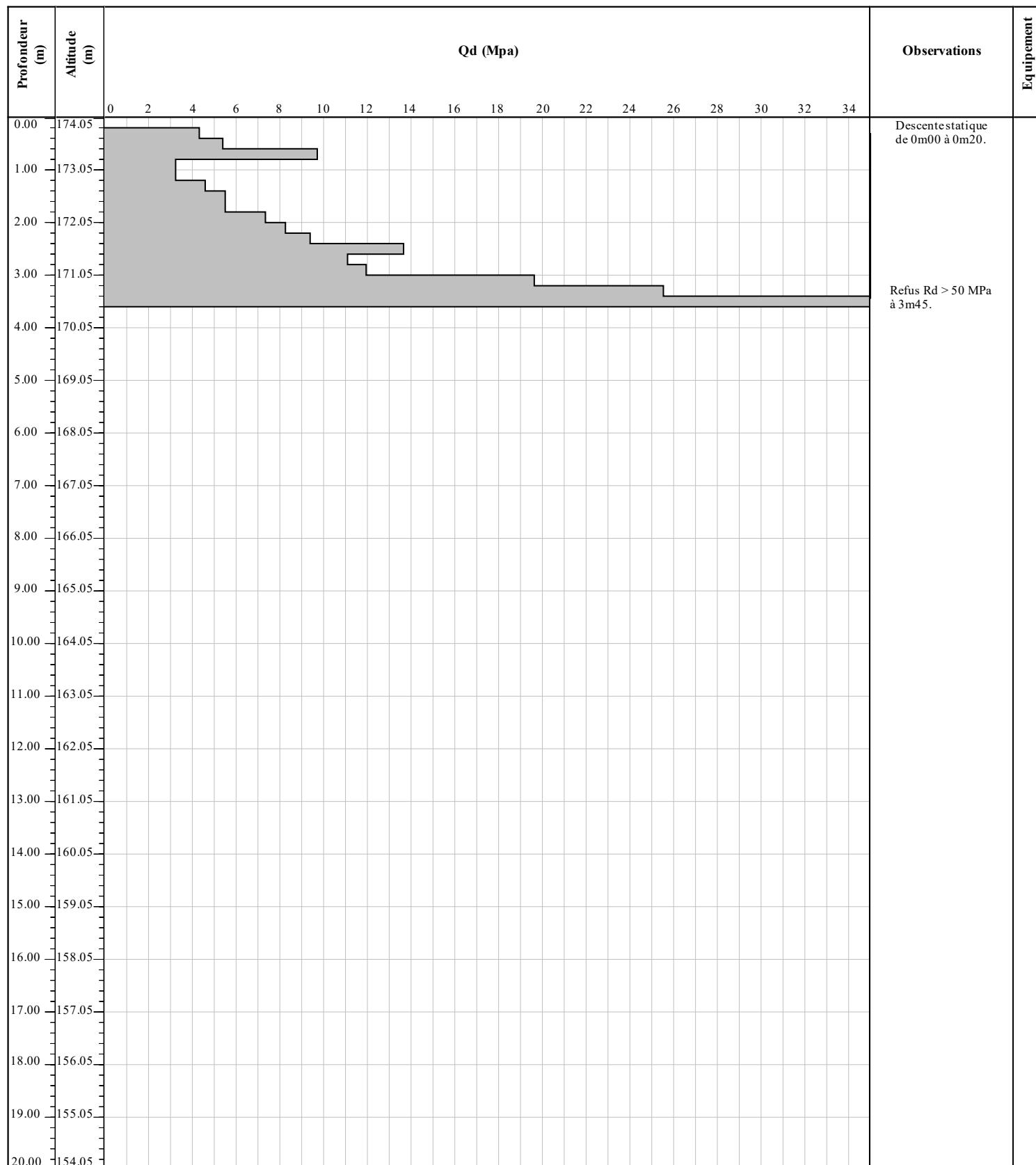
Z: 174.05 m

N° : D21-0194

Date : 06/12/2021

Profondeur : 3.45 m

AAP le 06/12/2021





PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD19

X:

Y:

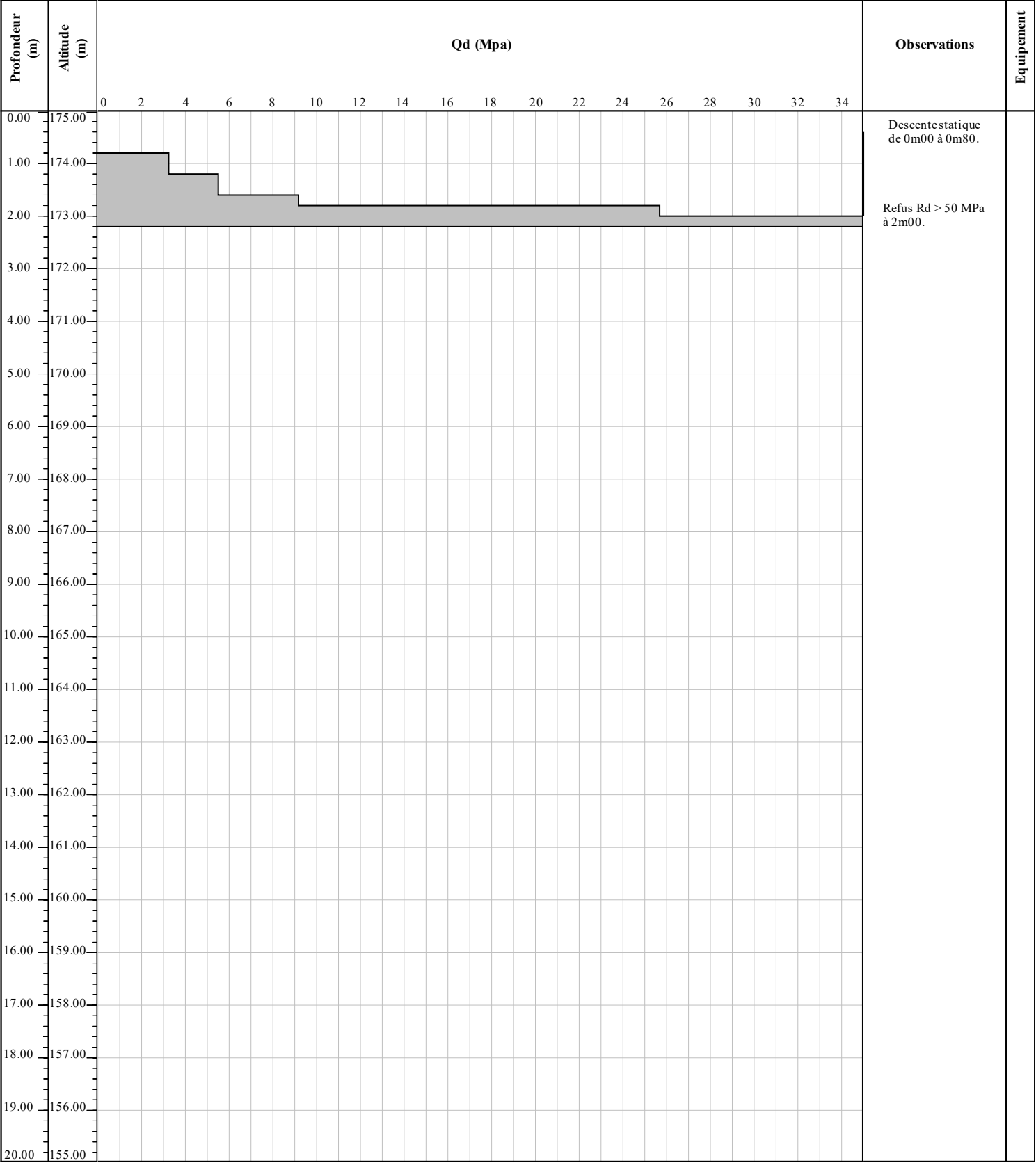
Z: 175.00 m

N° : D21-0194

Date : 06/12/2021

Profondeur : 2 m

AAP le 06/12/2021





SOL-ESSAIS

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

PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD20

X:

Y:

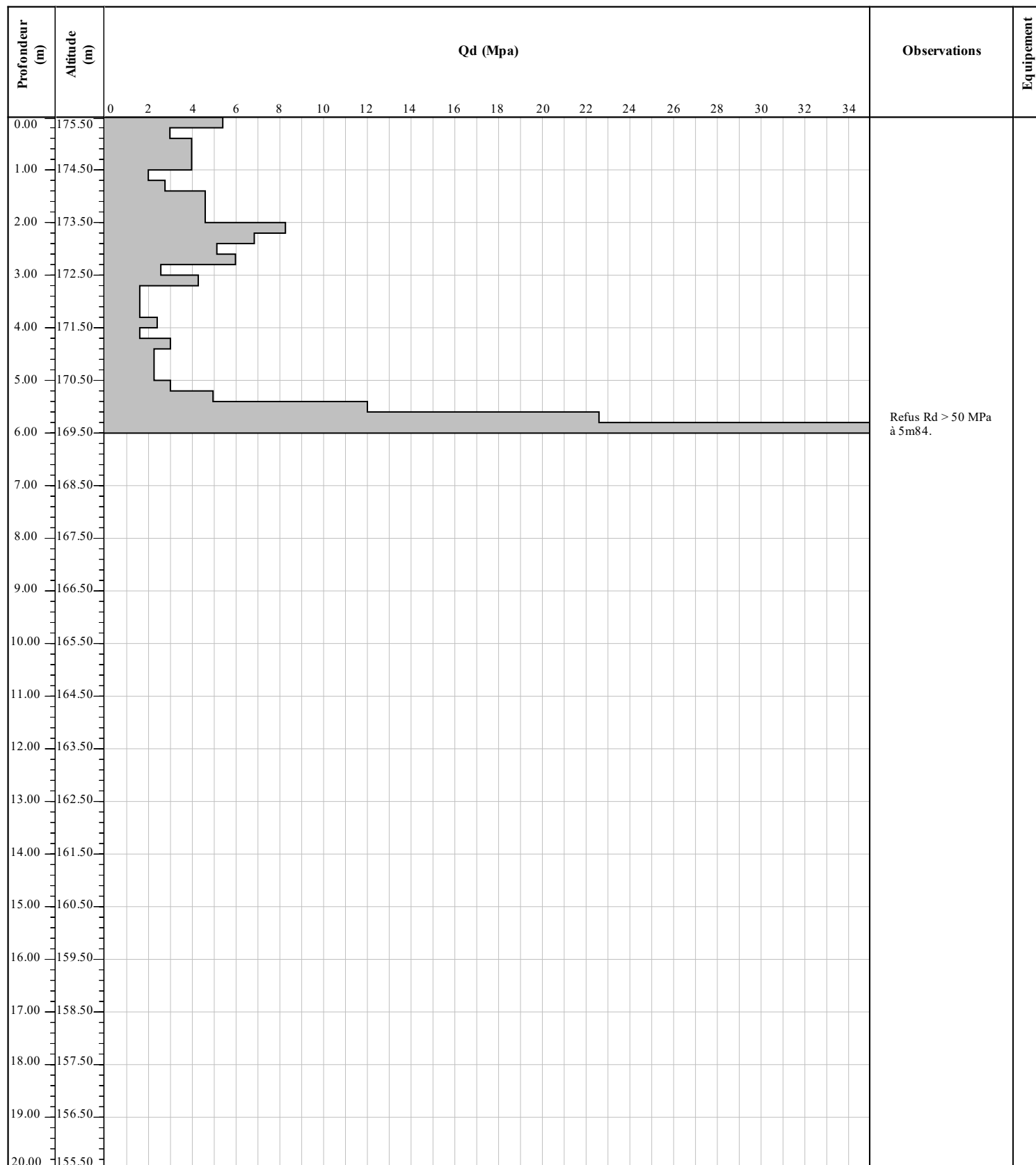
Z: 175.50 m

N° : D21-0194

Date : 06/12/2021

Profondeur : 6 m

AAP le 06/12/2021





PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD21

X:

Y:

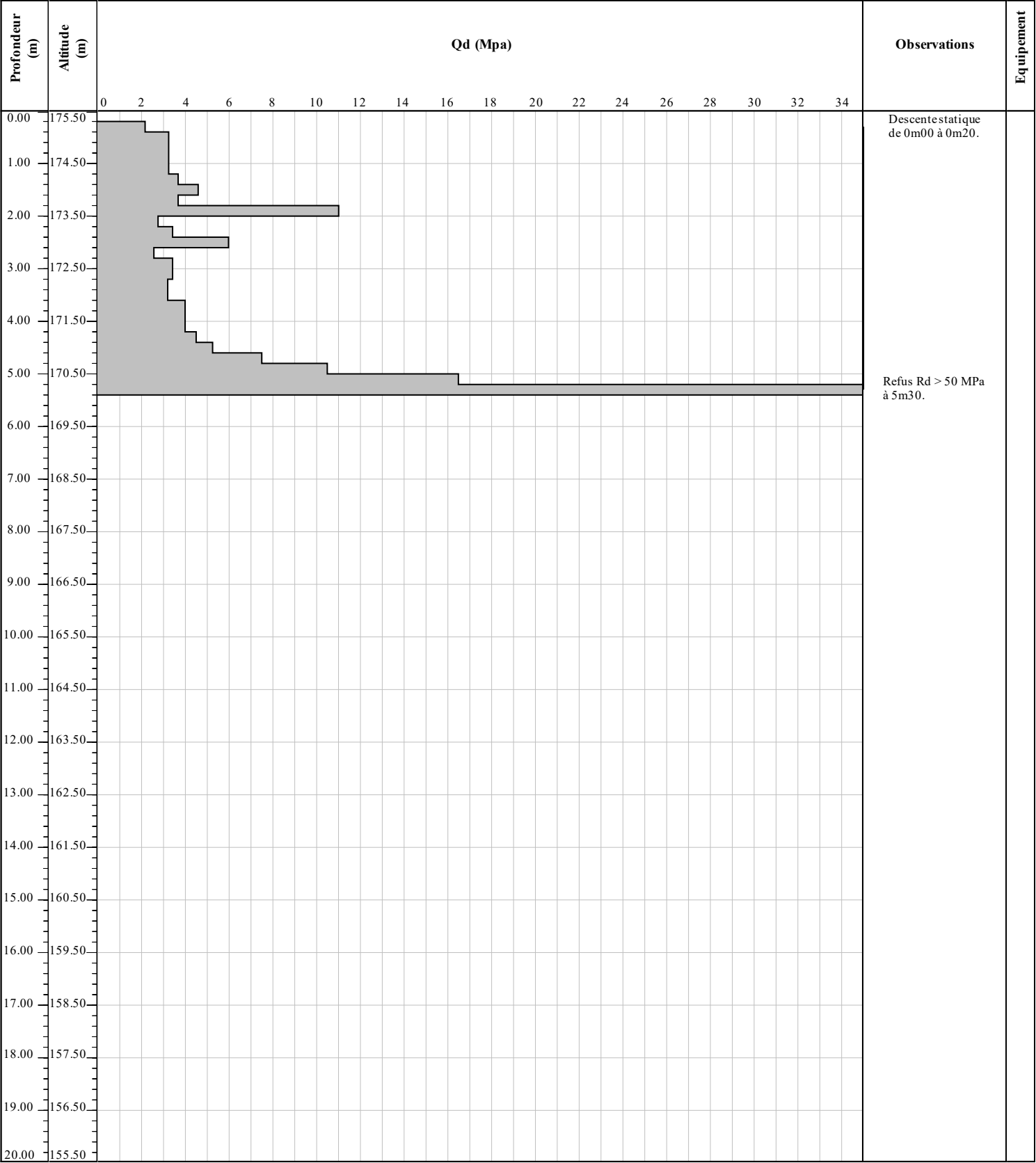
Z: 175.50 m

N° : D21-0194

Date : 06/12/2021

Profondeur : 5.3 m

AAP le 06/12/2021





SOL-ESSAIS

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

PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD22

X:

Y:

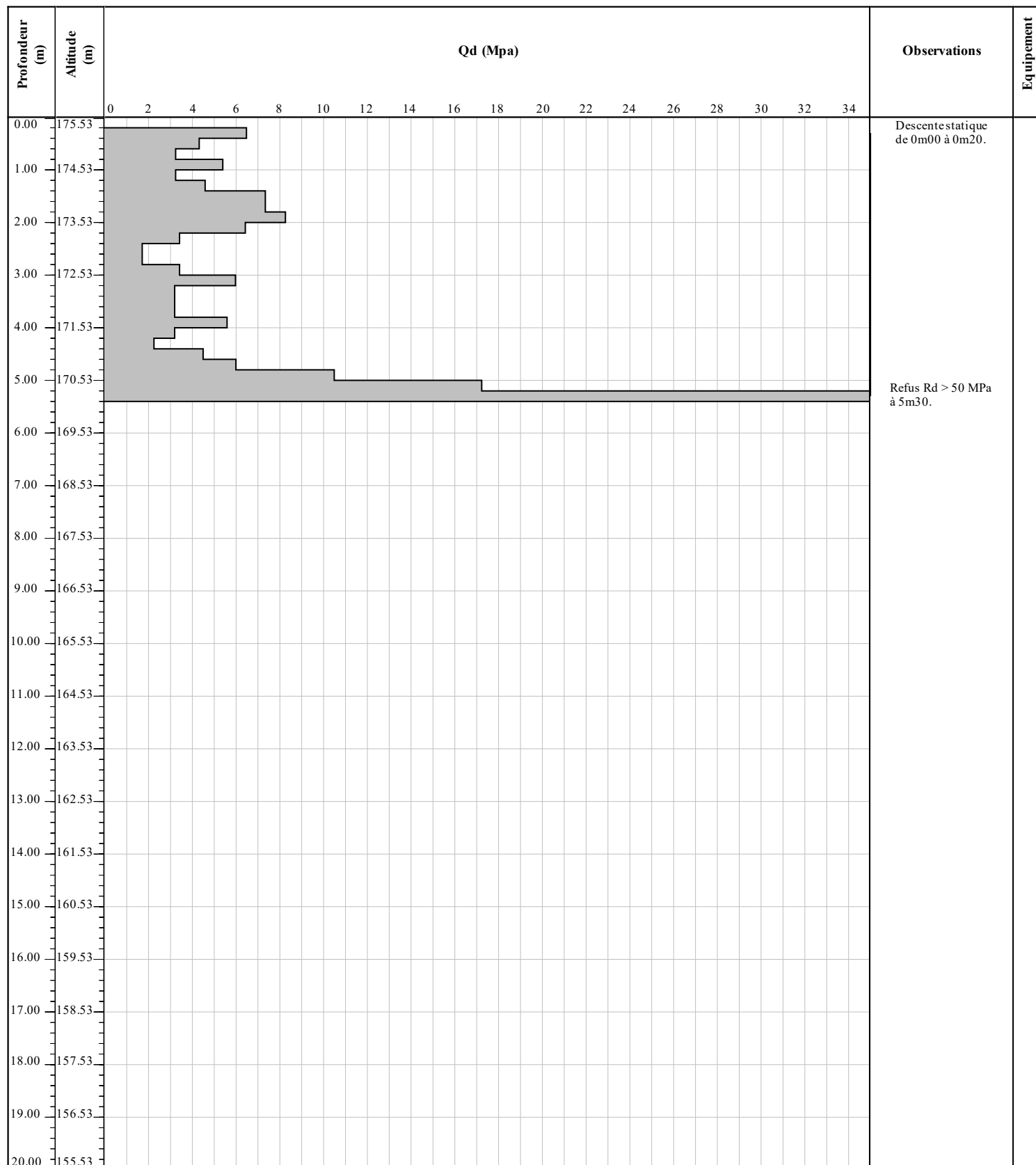
Z: 175.53 m

N° : D21-0194

Date : 06/12/2021

Profondeur : 5.3 m

AAP le 06/12/2021





SOL-ESSAIS

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

PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD23

X:

Y:

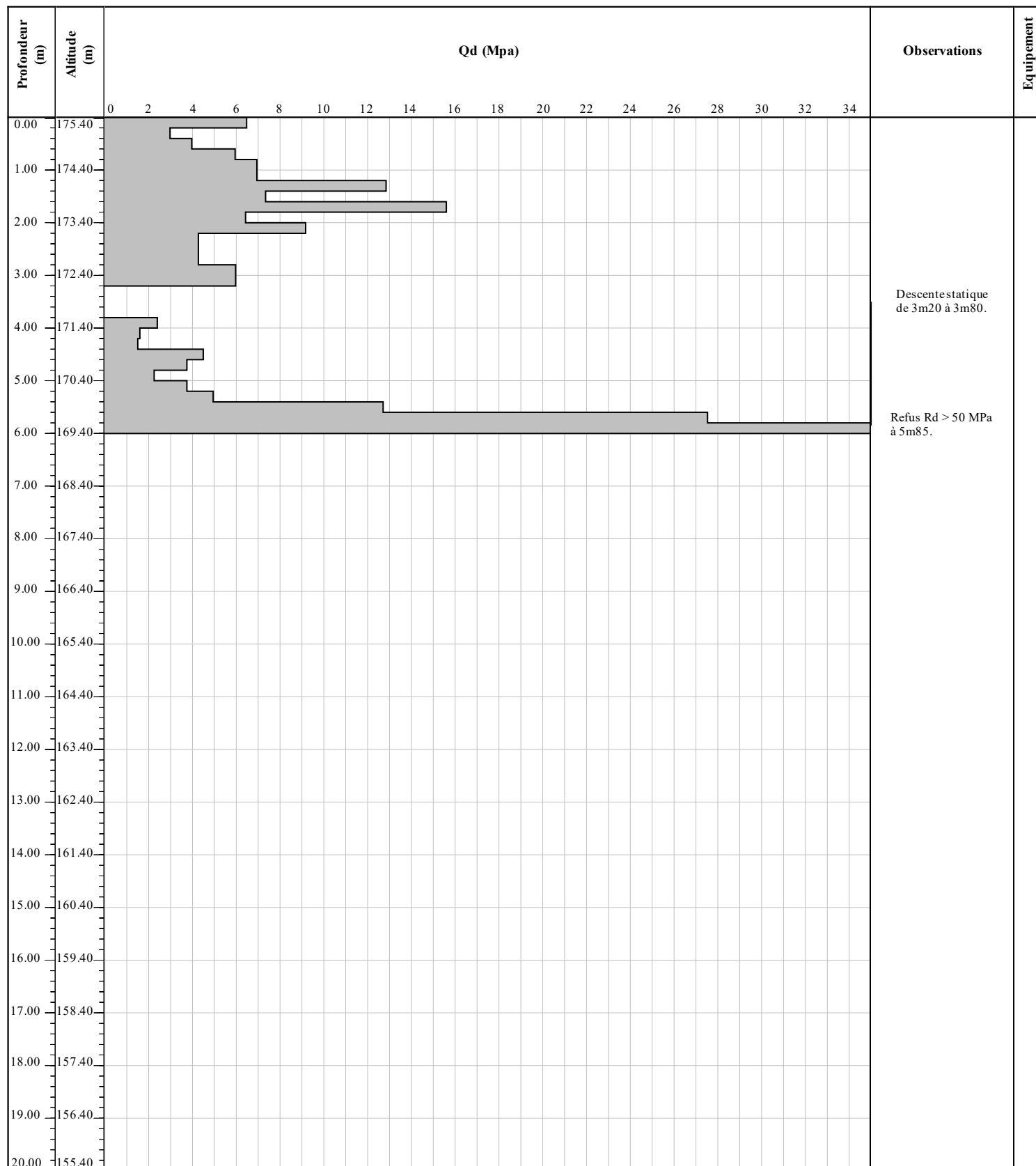
Z: 175.40 m

N° : D21-0194

Date : 06/12/2021

Profondeur : 6 m

AAP le 06/12/2021





SOL-ESSAIS

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

PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD24

X:

Y:

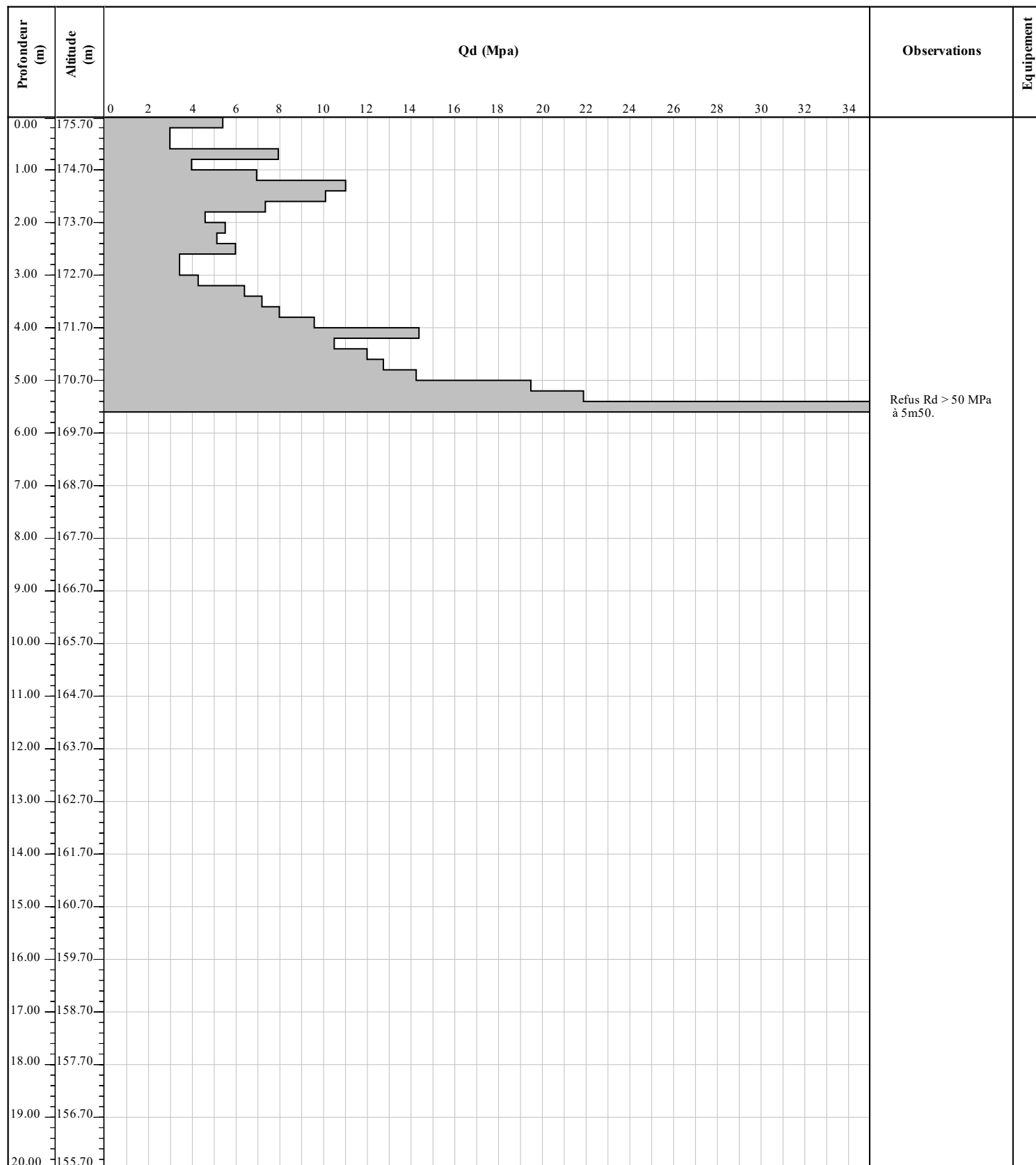
Z: 175.70 m

N° : D21-0194

Date : 06/12/2021

Profondeur : 5.6 m

AAP le 06/12/2021





PENETROMETRE DYNAMIQUE

(Mouton 63.5 DaN - Chute 0.75 m - Pointe 50 mm.)

PD25

X:

Y:

Z: 175.65 m

N° : D21-0194

Date : 06/12/2021

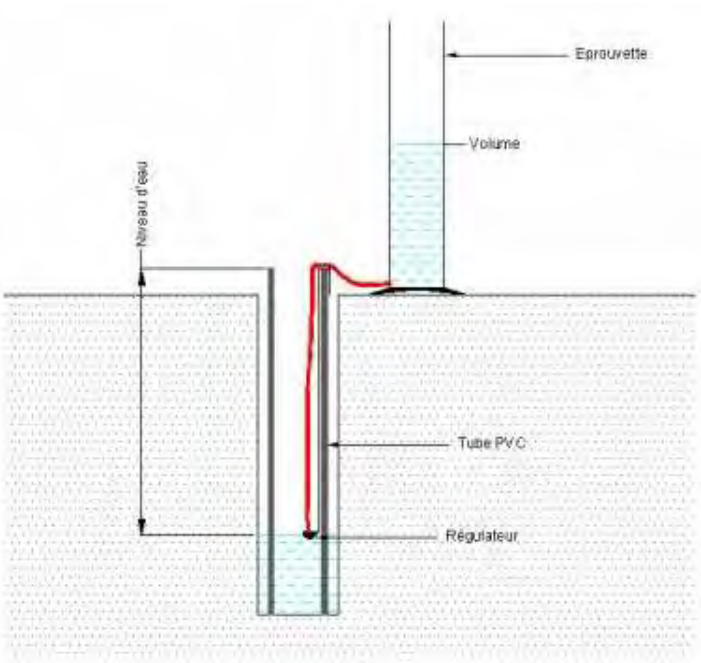
Profondeur : 1.2 m

AAP le 06/12/2021

Profondeur (m)	Altitude (m)	Qd (Mpa)	Observations	Equipement
		0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34		
0.00	175.65			
1.00	174.65		Refus Rd > 50 MPa à 1m00	
2.00	173.65			
3.00	172.65			
4.00	171.65			
5.00	170.65			
6.00	169.65			
7.00	168.65			
8.00	167.65			
9.00	166.65			
10.00	165.65			
11.00	164.65			
12.00	163.65			
13.00	162.65			
14.00	161.65			
15.00	160.65			
16.00	159.65			
17.00	158.65			
18.00	157.65			
19.00	156.65			
20.00	155.65			

BOUC BEL AIR Avenue de Violesi		Mesure de perméabilité (Charge variable) Porchet 1 de 0,15 m à 0,7 m	
Altitude Z	NGF	SEI n°: SOLA-D21-0194	Date : 26/11/21

ESSAI D'INFILTRATION - ESSAI PORCHET



Données de l'essai :

Diamètre Tarière = 0,200 m

Profondeur essai = 0,700 m

Prof. niveau / sol = 0,150 m

Volume injecté en 10 mn = 0,2 litres

Coefficient de Perméabilité :

$K = 8,8E-07 \text{ m/s}$

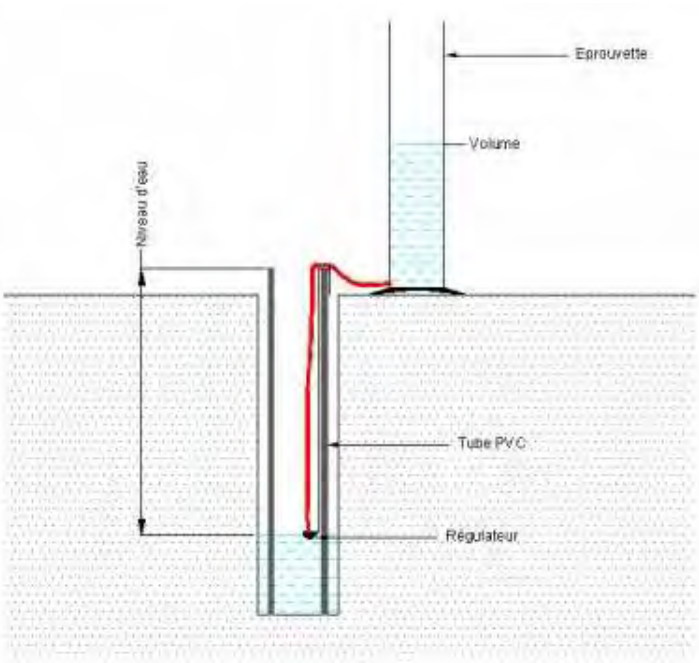
Soit $K = 3,2 \text{ mm/h}$

Classes de perméabilité en fonction des valeurs de K

Valeurs de K	m/s	$< 10^{-7}$	$10^{-7} \text{ à } 10^{-6}$	$10^{-6} \text{ à } 10^{-5}$	$10^{-5} \text{ à } 10^{-4}$	$> 10^{-4}$
	mm/h	< 0,36	0,36 à 3,6	3,6 à 36	36 à 360	> 360
Type de sol		sol imperméable	sol peu perméable	sol moyennement perméable	sol perméable	sol très perméable

BOUC BEL AIR Avenue de Violesi		Mesure de perméabilité (Charge variable) Porchet 2 de 0,15 m à 0,7 m	
Altitude Z	NGF	SEI n°: SOLA-D21-0194	Date : 26/11/21

ESSAI D'INFILTRATION - ESSAI PORCHET



Données de l'essai :

Diamètre Tarière = 0,200 m

Profondeur essai = 0,700 m

Prof. niveau / sol = 0,150 m

Volume injecté en 10 mn = 0,1 litres

Coefficient de Perméabilité :

$K = Q / S = (\text{vol. injecté} / \text{temps essai}) / \text{Surface mouillée}$

$K = 4,4E-07 \text{ m/s}$

Soit $K = 1,6 \text{ mm/h}$

Classes de perméabilité en fonction des valeurs de K

Valeurs de K	m/s	$< 10^{-7}$	$10^{-7} \text{ à } 10^{-6}$	$10^{-6} \text{ à } 10^{-5}$	$10^{-5} \text{ à } 10^{-4}$	$> 10^{-4}$
	mm/h	< 0,36	0,36 à 3,6	3,6 à 36	36 à 360	> 360
Type de sol		sol imperméable	sol peu perméable	sol moyennement perméable	sol perméable	sol très perméable

SOL-ESSAIS

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

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

I P I (NF P 94-078)

INDICE PORTANT IMMEDIAT

Repérage : F2

Carotte N° : ER

Profondeur : 0,00 à 2,00 m

SE N° : SOLA-D21-0194

01/12/2021

BOUC BEL AI R(13)

AVENUE DE VIOLESI

BOUYGUES IMMOBILIER

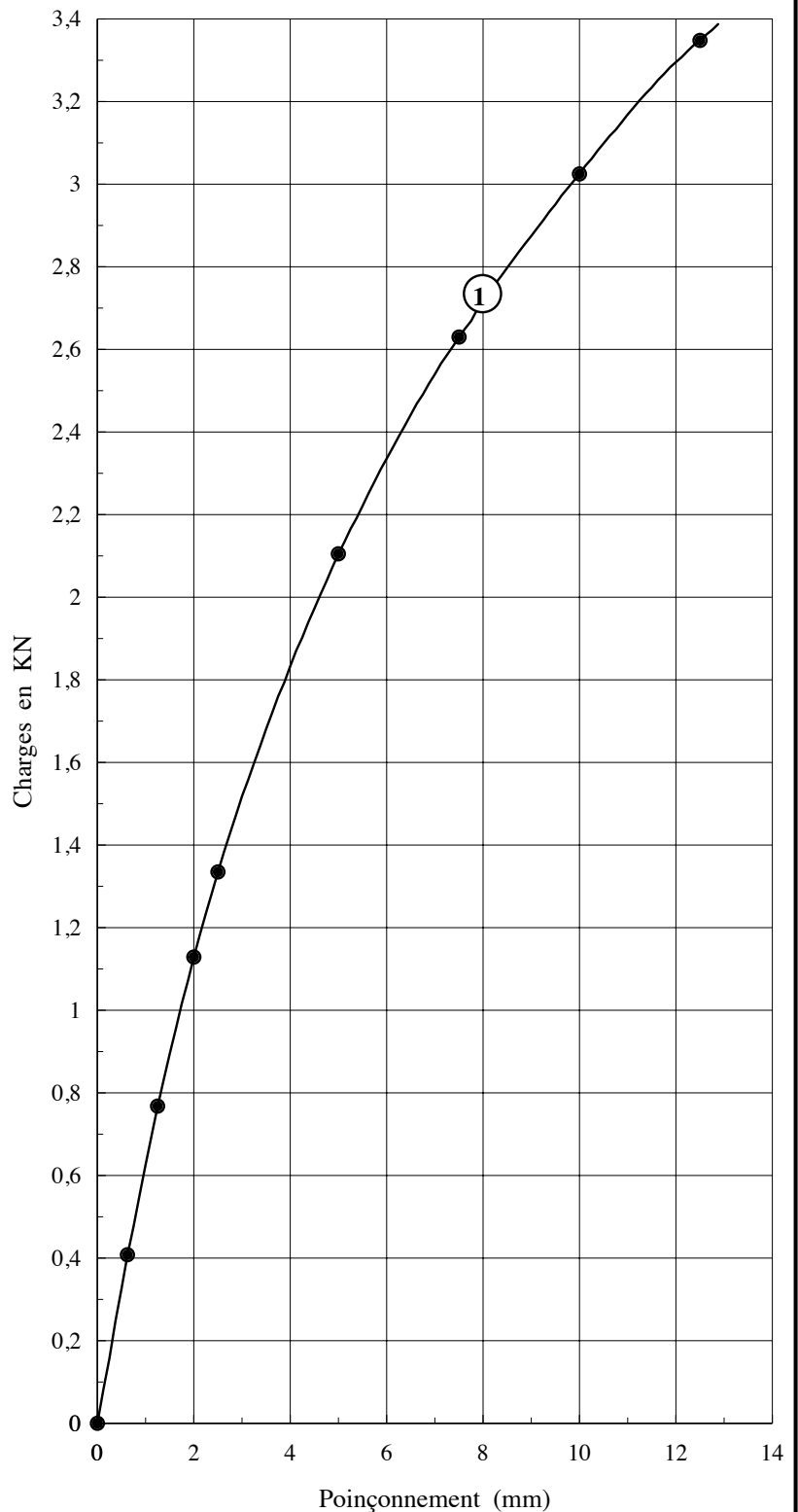
DESCRIPTION : Limon ± argileux, marron, gravelo-caillouteux, avec débris divers (briques rougeâtres...), ensemble consistant, carbonaté

OBSERVATIONS : Class.GTR: A1m

Caractérist.	Initiales		
W (%)	11,60		
↑ t/m3			
↑ _d t /m ³			
Sr (%)	89		

ESSAI N°	1		
Nbr.Couches	3		
Nbr.de coups	56		
Dame	PN		
W (%)	7,70		
↑ t/m3	2,15		
↑ _d t/m ³	2,00		
Sr (%)	59,0		

Poinçonnt. (mm)	Charge (KN)		Charge (KN)		Charge (KN)	
0	0		0	0	0	
0,625	0,41					
1,25	0,77					
2	1,13					
2,5	1,34					
5	2,11					
7,5	2,63					
10	3,03					
12,5	3,35					
IPI (2,5mm)	10,0		0,00		0,00	
IPI (5 mm)	10,6		0,00		0,00	
IPI Retenu	Essai N°1 10,6	Essai N°2 0,0	Essai N°3 0,0			



SOL-ESSAIS

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

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

I P I (NF P 94-078)

INDICE PORTANT IMMEDIAT

Repérage : F4

Carotte N° : ER

Profondeur : 0,90 à 1,60 m

SE N° : SOLA-D21-0194

01/12/2021

BOUC BEL AI R(13)

AVENUE DE VIOLESI

BOUYGUES IMMOBILIER

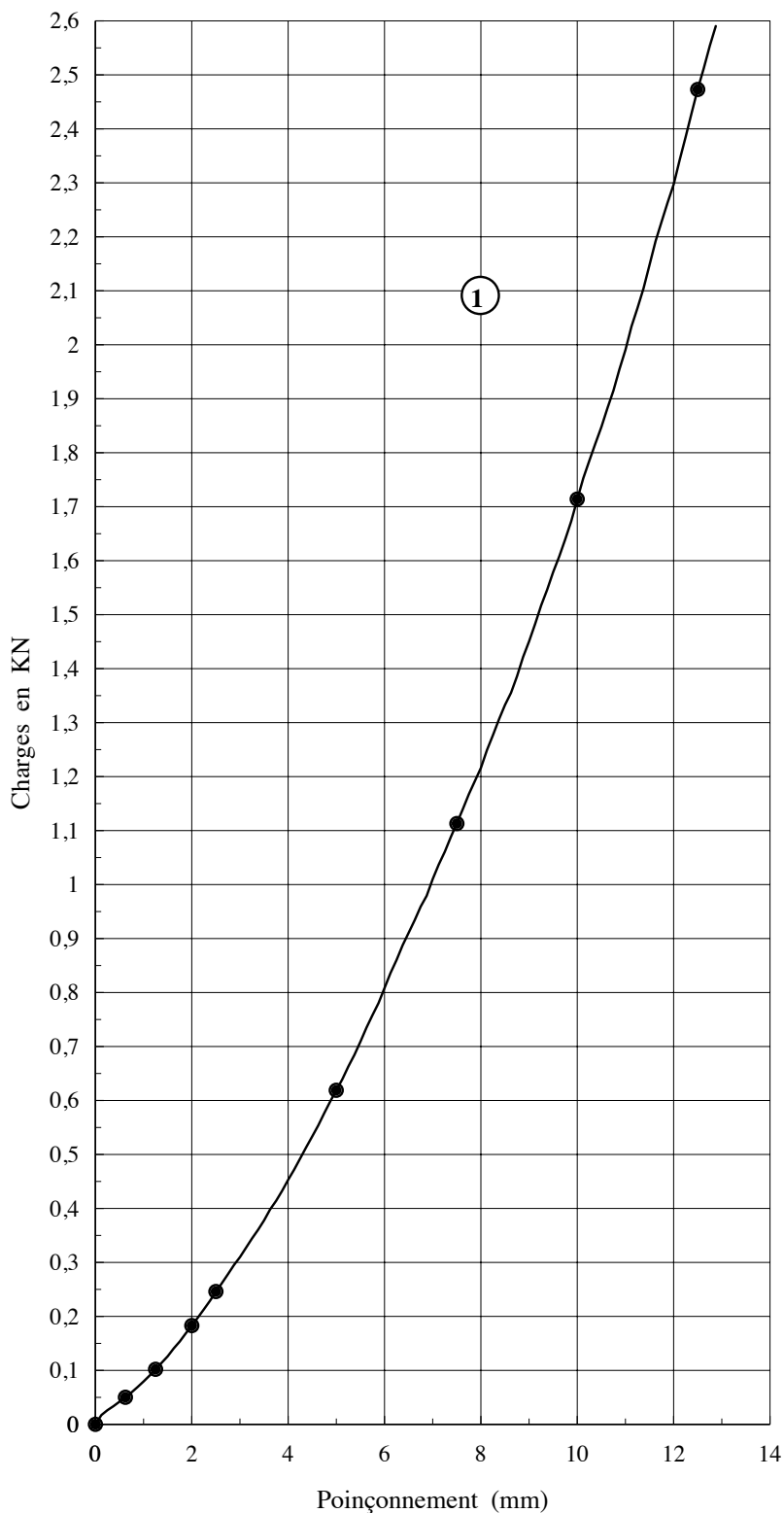
DESCRIPTION : Cailloux et graviers à liant sablo-limoneux, marron-clair, humide, ensemble peu cohérent, carbonaté.

OBSERVATIONS : Class.GTR: C1B5th

Caractérist.	Initiales		
W (%)	8,20		
↑ t/m3			
↑ _d t /m ³			
Sr (%)	56		

ESSAI N°	1		
Nbr.Couches	3		
Nbr.de coups	56		
Dame	PN		
W (%)	9,34		
↑ t/m3	2,11		
↑ _d t/m ³	1,93		
Sr (%)	63,5		

Poinçonnt. (mm)	Charge (KN)		Charge (KN)		Charge (KN)	
0	0		0	0	0	
0,625	0,05					
1,25	0,10					
2	0,18					
2,5	0,25					
5	0,62					
7,5	1,11					
10	1,71					
12,5	2,47					
IPI (2,5mm)	1,8		0,00		0,00	
IPI (5 mm)	3,1		0,00		0,00	
IPI Retenu	Essai N°1 3,1	Essai N°2 0,0	Essai N°3 0,0			





SOL-ESSAIS

460, avenue Jean Perrin

13851 AIX EN PROVENCE Cedex 3

BOUC BEL AIR (13)

AVENUE DE VIOLESI

BOUYGUES IMMOBILIER

SE N° : SOLA-D21-0194-01

22/12/2021

SONDAGES					ESSAIS D'IDENTIFICATION																	
Numéro de sondage	Altitude de départ	Inclinaison / Horizontale	Profondeur (m/sous fond.)	Description des matériaux	Teneur en eau	Densité humide	Densité sèche	Densité des grains	Indice des vides	Degré de saturation	Limites d'ATTERBERG				Valeur de bleu	Granulométrie				Passant à 0,002 mm	IPI	Classification S.E.T.R.A.
											Limite de Liquidité	Limite de Plasticité	Indice de Plasticité	Indice de Consistance		Passant à 10 mm	Passant à 5 mm	Passant à 2 mm	Passant à 0,080 mm			
											W (%)	γ_h (T/m ³)	γ_d (T/m ³)	γ_s (T/m ³)	e	Sr (%)	W _l (%)	W _p (%)	IP (%)			
F2			0,00 2,00	Limon ± argileux, marron, gravelo-caillouteux, avec débris divers (briques rougeâtres, ...), ensemble consistant, carbonaté.	11,6						30	18	12	1,53		82,2	75,3	70,1	46,9		10,6	A1m
F4			0,90 1,60	Cailloux et graviers à liant sablo-limoneux marron clair, humide, ensemble peu cohérent, carbonaté.	8,2										0,40	60,9	50,4	42,1	17,5		3,1	C1B5th
			0,00 2,10	Limon ± argileux, marron-rougeâtre tacheté de gris, avec nombreuses lentilles poudreuses rosées, ensemble consistant, carbonaté.	16,1	2,05	1,77	2,70	0,53	82	31	18	13	1,15		96,9	94,7	93,1	78,1			A2m



SOL-ESSAIS

460, avenue Jean Perrin

13851 AIX EN PROVENCE Cedex 3

BOUC BEL AIR (13)

AVENUE DE VIOLESI

BOUYGUES IMMOBILIER

SE N° : SOLA-D21-0194-01

22/12/2021

SONDAGES					ESSAIS D'IDENTIFICATION																	
Numéro de sondage	Altitude de départ	Inclinaison / Horizontale	Profondeur (m/sous fond.)	Description des matériaux	Teneur en eau	Densité humide	Densité sèche	Densité des grains	Indice des vides	Degré de saturation	Limites d'ATTERBERG				Valeur de bleu	Granulométrie				Passant à 0,002 mm	IPi	Classification S.E.T.R.A.
											Limite de Liquidité	Limite de Plasticité	Indice de Plasticité	Indice de Consistance		Passant à 10 mm	Passant à 5 mm	Passant à 2 mm	Passant à 0,080 mm			
W (%)	γ_h (T/m ³)	γ_d (T/m ³)	γ_s (T/m ³)	e	Sr (%)	W _l (%)	W _p (%)	IP (%)	IC (%)	VBS	(%)	(%)	(%)									
F6			0,50 1,30	Sable grossier marron rougeâtre, avec nombreux blocs gréseux ± friables et quelques petits graviers, ensemble carbonaté.	7,4										0,72	81,1	77,3	72,8	22,9			B5
F7			0,70 1,50	Limon ± argileux, légèrement sableux, marron foncé, avec quelques graviers et débris végétaux, ensemble peu cohérent, carbonaté.	13,7						30	20	10	1,63		92,3	90,4	88,6	65,8	20,9		A1



ANALYSE GRANULOMETRIQUE

(NF P 94-056 94-057)

BOUC BEL AIR (13)

AVENUE DE VIOLESI

BOUYGUES IMMOBILIER

460 av. Jean Perrin 13851 AIX EN PROVENCE Cedex 3
Tél. 04 42 39 74 85 - aix@sol-essais.fr - Fax 04 42 39 73 91

SOLA-D21-0194-01

30/11-15/12/2021

Sondage : F2 Profondeur : 0 m à 2 m

DESCRIPTION

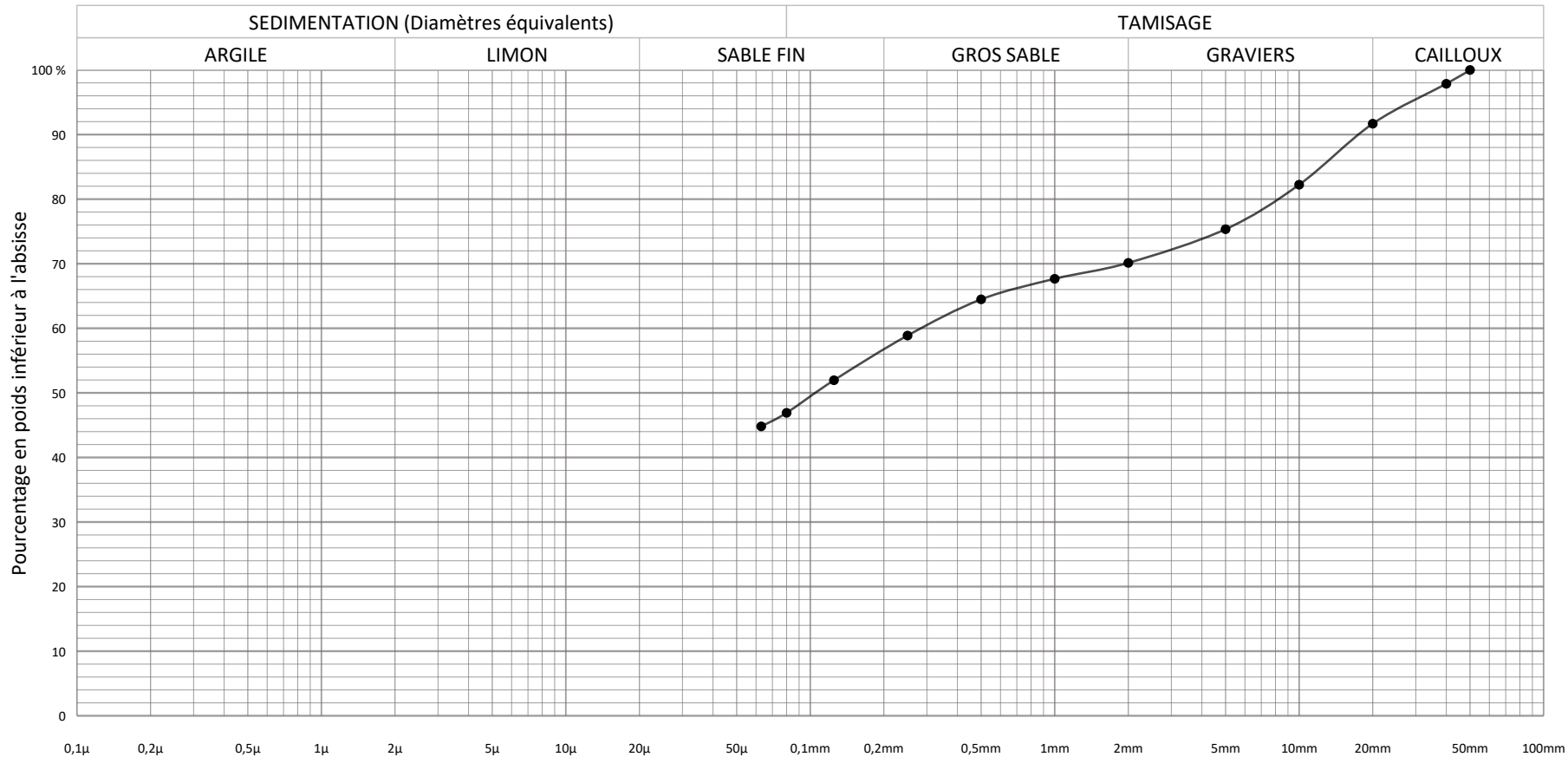
Limon ± argileux, marron, gravo-cailleux, avec débris divers (briques rougeâtres, ...), ensemble consistant, carbonaté.

Essais à 105°C

Teneur en eau initiale	W :	11,60	NF 94-050
Densité humide	γ :		NF 94-053
Densité sèche	γ_d :		
Densité des grains	γ_s :	2,7	
Indice des vides	e :		
Degré de saturation	Sr % :		
Classification "SETRA"		A ₁ m	

LIMITES D'ATTERBERG :

Limite de liquidité	W _L :	30	NF 94-051
Limite de plasticité	W _p :	18	NF 94-051
Limite de retrait	W _r :		NF 94-060-1
Indice de plasticité	I _p :	12	NF 94-051
Indice de retrait	I _c :	1,53	NF 94-051
Valeur de bleu D ₅ / D ₅₀	VBS :		NF 94-068



Ouverture (mm)	Passants (%)
50	100,0
40	97,9
20	91,7
10	82,2
5	75,3
2	70,1
1	67,7
0,500	64,5
0,250	58,9
0,125	52,0
0,080	46,9
0,063	44,8

Réd. : PG Vérif. : AG

Réd. : PG Vérif. : AG

Réd. : PS Vérif. : AG



ANALYSE GRANULOMETRIQUE

(NF P 94-056 94-057)

BOUC BEL AIR (13)

AVENUE DE VIOLESI

BOUYGUES IMMOBILIER

460 av. Jean Perrin 13851 AIX EN PROVENCE Cedex 3

Tél. 04 42 39 74 85 - aix@sol-essais.fr - Fax 04 42 39 73 91

SOLA-D21-0194-01

0215/12/2021

Sondage : F7 Profondeur : 0,7 m à 1,5 m

DESCRIPTION

Limon ± argileux, légèrement sableux, marron foncé, avec quelques graviers et débris végétaux, ensemble peu cohérent, carbonaté.

Essais à 105°C

Teneur en eau initiale

W : 13,70 NF 94-050

Densité humide

γ : NF 94-053

Densité sèche

γ_d :

Densité des grains

γ_s : 2,7

Indice des vides

e :

Degré de saturation

Sr % :

Classification "SETRA"

A₁

LIMITES D'ATTERBERG :

Limite de liquidité W_L : 30 NF 94-051

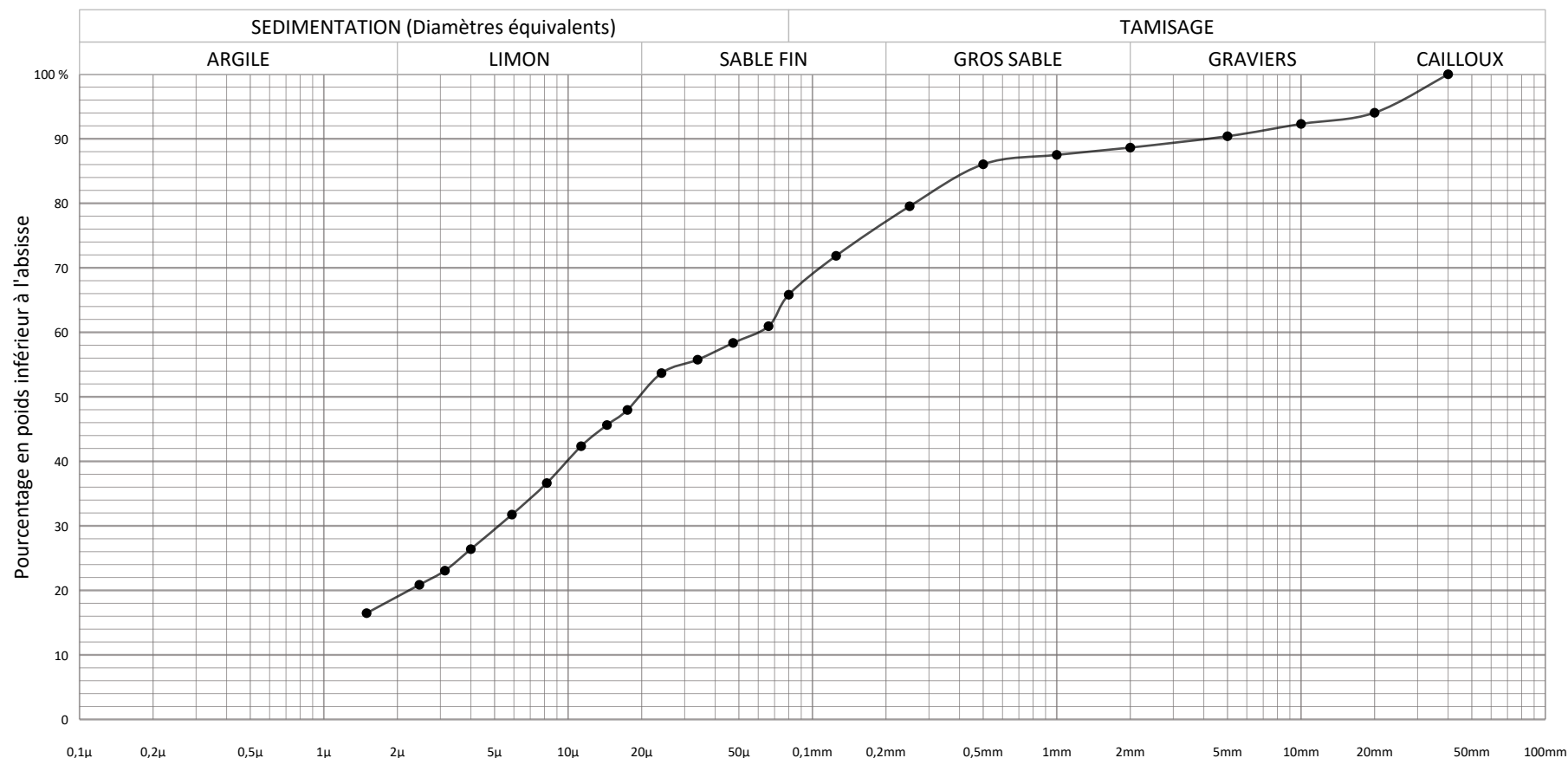
Limite de plasticité W_p : 20 NF 94-051

Limite de retrait W_r : NF 94-060-1

Indice de plasticité I_p : 10 NF 94-051

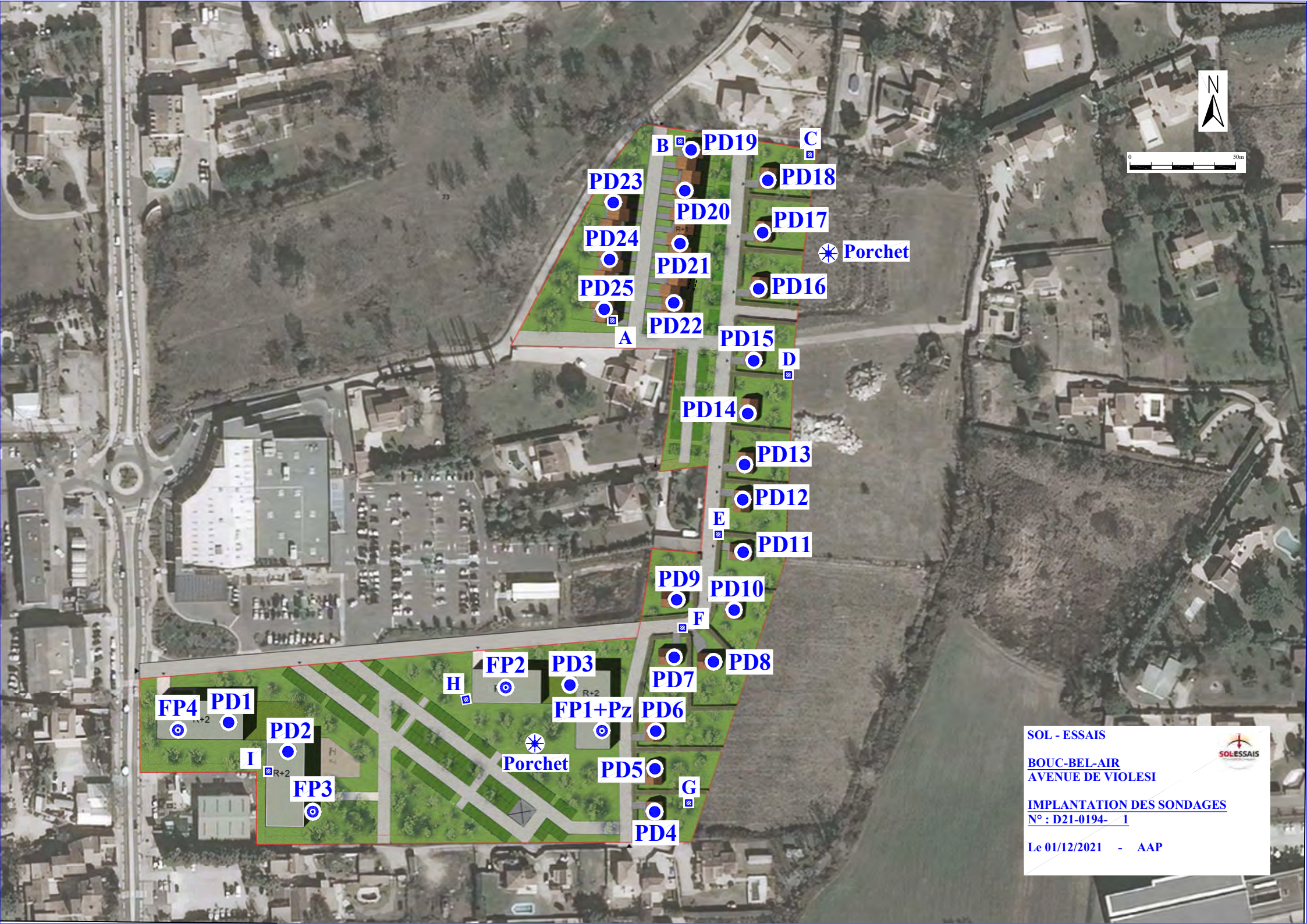
Indice de retrait I_c : 1,63 NF 94-051

Valeur de bleu D₅ / D₅₀ VBS : NF 94-068



Ouverture (mm)	Passants (%)
40	100,0
20	94,0
10	92,3
5	90,4
2	88,6
1	87,5
0,500	86,0
0,250	79,5
0,125	71,9
0,080	65,8
0,066	61,0
0,047	58,4
0,034	55,8
0,024	53,7
0,017	48,0
0,014	45,6
0,011	42,3
0,008	36,6
0,006	31,7
0,004	26,4
0,003	23,1
0,002	20,9
0,001	16,5

Réd. : PG Vérif. : AG



SOL - ESSAIS

BOUC-BEL-AIR
AVENUE DE VIOLESI

IMPLANTATION DES SONDAGES
N° : D21-0194-1

Le 01/12/2021 - AAP



BOUC BEL AIR

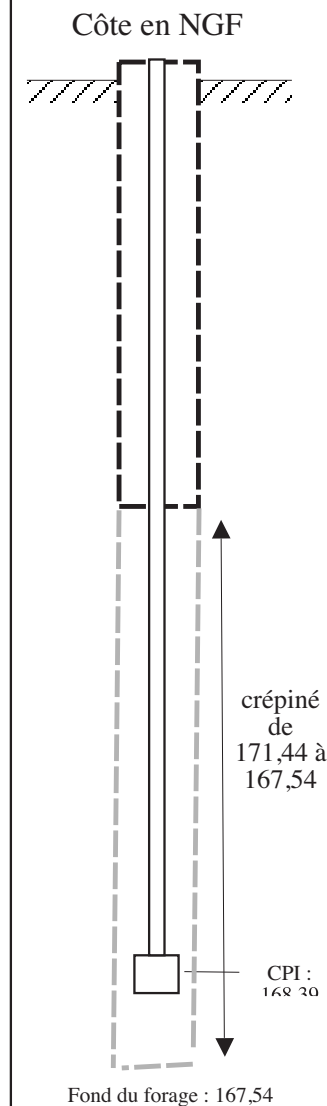
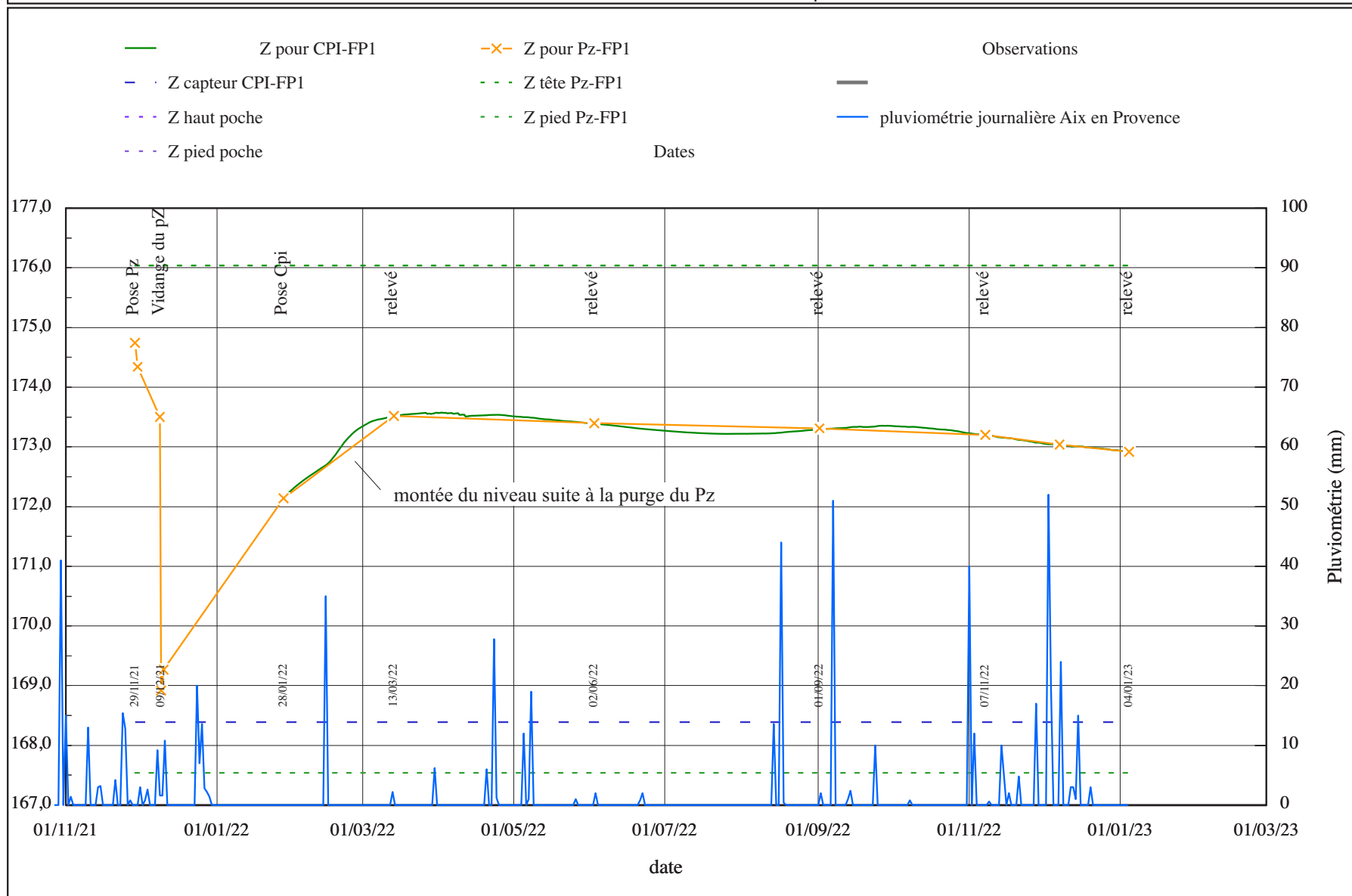
Avenue Violesi

Mesures des niveaux d'eau

(Piézomètre ouvert et CPI ouverte)

CPI-FP1 & Pz-FP1

SEI n°: SOLA-D21-0194



BOUC BEL AIR

Avenue Violesi

Mesures des niveaux d'eau

(Piézomètre ouvert et CPI ouverte)

CPI-FP1 & Pz-FP1

SEI n°: SOLA-D21-0194

Dates	n° de mes.	Nbr de jours	Z _(CPU) = 168,39 NGF Z _(haut CPI) = Z _(bas CPI) =			Z _(Tête Pz) = 176,04 NGF Z _(Pied Pz) = 167,54 NGF Z _(hors-sol) = 176,74 NGF			Valeur Max = 173,58 NGF Valeur Min = 172,92 NGF
			Mesures (m H ₂ O)		Z du niveau d'eau en NGF	Mesures (m H ₂ O)		Z du niveau d'eau en NGF	Observations
29/11/21 00:00	0	0				2,00		174,74	Pose Pz
30/11/21 00:00	1	1				2,40		174,34	
09/12/21 00:00	2	10				3,24		173,50	
09/12/21 12:00	3	10				7,82		168,92	Vidange du pZ
10/12/21 12:00	4	11				7,47		169,27	
28/01/22 00:00	5	60				4,60		172,14	Pose Cpi
13/03/22 12:00	94	104	5,13		173,52	3,22		173,52	relevé
02/06/22 12:00	256	185	5,00		173,39	3,34		173,40	relevé
01/09/22 12:00	438	276	4,90		173,29	3,43		173,31	relevé
29/10/22 12:00	554	334	4,85		173,24				
30/10/22 00:00	555	335	4,85		173,24				
30/10/22 12:00	556	335	4,85		173,24				
31/10/22 00:00	557	336	4,84		173,23				
31/10/22 12:00	558	336	4,84		173,23				
01/11/22 00:00	559	337	4,84		173,23				
01/11/22 12:00	560	337	4,84		173,23				
02/11/22 00:00	561	338	4,83		173,22				
02/11/22 12:00	562	338	4,83		173,22				
03/11/22 00:00	563	339	4,83		173,22				
03/11/22 12:00	564	339	4,82		173,21				
04/11/22 00:00	565	340	4,82		173,21				
04/11/22 12:00	566	340	4,82		173,21				
05/11/22 00:00	567	341	4,82		173,21				
05/11/22 12:00	568	341	4,82		173,21				
06/11/22 00:00	569	342	4,81		173,20				
06/11/22 12:00	570	342	4,81		173,20				
07/11/22 00:00	571	343	4,80		173,19				
07/11/22 12:00	572	343	4,81		173,20	3,54		173,20	relevé
08/11/22 00:00	573	344	4,81		173,20				
08/11/22 12:00	574	344	4,80		173,19				
09/11/22 00:00	575	345	4,80		173,19				
09/11/22 12:00	576	345	4,80		173,19				
10/11/22 00:00	577	346	4,80		173,19				
10/11/22 12:00	578	346	4,79		173,18				
11/11/22 00:00	579	347	4,79		173,18				
11/11/22 12:00	580	347	4,79		173,18				

BOUC BEL AIR

Avenue Violesi

Mesures des niveaux d'eau

(Piézomètre ouvert et CPI ouverte)

CPI-FP1 & Pz-FP1

SEI n°: SOLA-D21-0194

Dates	n° de mes.	Nbr de jours	Z _(CPU) = 168,39 NGF Z _(haut CPI) = Z _(bas CPI) =			Z _(Tête Pz) = 176,04 NGF Z _(Pied Pz) = 167,54 NGF Z _(hors-sol) = 176,74 NGF			Valeur Max = 173,58 NGF Valeur Min = 172,92 NGF
			Mesures (m H ₂ O)		Z du niveau d'eau en NGF	Mesures (m H ₂ O)		Z du niveau d'eau en NGF	Observations
12/11/22 00:00	581	348	4,78		173,17				
12/11/22 12:00	582	348	4,77		173,16				
13/11/22 00:00	583	349	4,77		173,16				
13/11/22 12:00	584	349	4,77		173,16				
14/11/22 00:00	585	350	4,77		173,16				
14/11/22 12:00	586	350	4,77		173,16				
15/11/22 00:00	587	351	4,77		173,16				
15/11/22 12:00	588	351	4,76		173,15				
16/11/22 00:00	589	352	4,76		173,15				
16/11/22 12:00	590	352	4,76		173,15				
17/11/22 00:00	591	353	4,76		173,15				
17/11/22 12:00	592	353	4,76		173,15				
18/11/22 00:00	593	354	4,75		173,14				
18/11/22 12:00	594	354	4,75		173,14				
19/11/22 00:00	595	355	4,75		173,14				
19/11/22 12:00	596	355	4,74		173,13				
20/11/22 00:00	597	356	4,74		173,13				
20/11/22 12:00	598	356	4,73		173,12				
21/11/22 00:00	599	357	4,73		173,12				
21/11/22 12:00	600	357	4,73		173,12				
22/11/22 00:00	601	358	4,73		173,12				
22/11/22 12:00	602	358	4,72		173,11				
23/11/22 00:00	603	359	4,72		173,11				
23/11/22 12:00	604	359	4,72		173,11				
24/11/22 00:00	605	360	4,72		173,11				
24/11/22 12:00	606	360	4,71		173,10				
25/11/22 00:00	607	361	4,71		173,10				
25/11/22 12:00	608	361	4,70		173,09				
26/11/22 00:00	609	362	4,70		173,09				
26/11/22 12:00	610	362	4,70		173,09				
27/11/22 00:00	611	363	4,69		173,08				
27/11/22 12:00	612	363	4,69		173,08				
28/11/22 00:00	613	364	4,68		173,07				
28/11/22 12:00	614	364	4,68		173,07				
29/11/22 00:00	615	365	4,68		173,07				
29/11/22 12:00	616	365	4,68		173,07				

BOUC BEL AIR

Avenue Violesi

Mesures des niveaux d'eau

(Piézomètre ouvert et CPI ouverte)

CPI-FP1 & Pz-FP1

SEI n°: SOLA-D21-0194

Dates	n° de mes.	Nbr de jours	Z _(CPU) = 168,39 NGF Z _(haut CPI) = Z _(bas CPI) =			Z _(Tête Pz) = 176,04 NGF Z _(Pied Pz) = 167,54 NGF Z _(hors-sol) = 176,74 NGF			Valeur Max = 173,58 NGF Valeur Min = 172,92 NGF
			Mesures (m H ₂ O)		Z du niveau d'eau en NGF	Mesures (m H ₂ O)		Z du niveau d'eau en NGF	Observations
30/11/22 00:00	617	366	4,68		173,07				
30/11/22 12:00	618	366	4,67		173,06				
01/12/22 00:00	619	367	4,67		173,06				
01/12/22 12:00	620	367	4,66		173,05				
02/12/22 00:00	621	368	4,66		173,05				
02/12/22 12:00	622	368	4,66		173,05				
03/12/22 00:00	623	369	4,66		173,05				
03/12/22 12:00	624	369	4,66		173,05				
04/12/22 00:00	625	370	4,66		173,05				
04/12/22 12:00	626	370	4,66		173,05				
05/12/22 00:00	627	371	4,65		173,04				
05/12/22 12:00	628	371	4,65		173,04				
06/12/22 00:00	629	372	4,64		173,03				
06/12/22 12:00	630	372	4,64		173,03				
07/12/22 00:00	631	373	4,64		173,03				
07/12/22 12:00	632	373	4,63		173,02	3,70		173,04	
08/12/22 00:00	633	374	4,63		173,02				
08/12/22 12:00	634	374	4,63		173,02				
09/12/22 00:00	635	375	4,63		173,02				
09/12/22 12:00	636	375	4,63		173,02				
10/12/22 00:00	637	376	4,63		173,02				
10/12/22 12:00	638	376	4,63		173,02				
11/12/22 00:00	639	377	4,63		173,02				
11/12/22 12:00	640	377	4,62		173,01				
12/12/22 00:00	641	378	4,62		173,01				
12/12/22 12:00	642	378	4,62		173,01				
13/12/22 00:00	643	379	4,62		173,01				
13/12/22 12:00	644	379	4,62		173,01				
14/12/22 00:00	645	380	4,62		173,01				
14/12/22 12:00	646	380	4,62		173,01				
15/12/22 00:00	647	381	4,62		173,01				
15/12/22 12:00	648	381	4,62		173,01				
16/12/22 00:00	649	382	4,62		173,01				
16/12/22 12:00	650	382	4,62		173,01				
17/12/22 00:00	651	383	4,62		173,01				
17/12/22 12:00	652	383	4,61		173,00				

BOUC BEL AIR Avenue Violesi						Mesures des niveaux d'eau (Piézomètre ouvert et CPI ouverte) CPI-FP1 & Pz-FP1 SEI n°: SOLA-D21-0194			
Dates	n° de mes.	Nbr de jours	Z _(CPU) = 168,39 NGF Z _(haut CPI) = Z _(bas CPI) =			Z _(Tête Pz) = 176,04 NGF Z _(Pied Pz) = 167,54 NGF Z _(hors-sol) = 176,74 NGF			Valeur Max = 173,58 NGF Valeur Min = 172,92 NGF
			Mesures (m H ₂ O)		Z du niveau d'eau en NGF	Mesures (m H ₂ O)		Z du niveau d'eau en NGF	Observations
18/12/22 00:00	653	384	4,61		173,00				
18/12/22 12:00	654	384	4,60		172,99				
19/12/22 00:00	655	385	4,60		172,99				
19/12/22 12:00	656	385	4,60		172,99				
20/12/22 00:00	657	386	4,60		172,99				
20/12/22 12:00	658	386	4,60		172,99				
21/12/22 00:00	659	387	4,60		172,99				
21/12/22 12:00	660	387	4,59		172,98				
22/12/22 00:00	661	388	4,59		172,98				
22/12/22 12:00	662	388	4,59		172,98				
23/12/22 00:00	663	389	4,59		172,98				
23/12/22 12:00	664	389	4,59		172,98				
24/12/22 00:00	665	390	4,59		172,98				
24/12/22 12:00	666	390	4,58		172,97				
25/12/22 00:00	667	391	4,58		172,97				
25/12/22 12:00	668	391	4,58		172,97				
26/12/22 00:00	669	392	4,58		172,97				
26/12/22 12:00	670	392	4,57		172,96				
27/12/22 00:00	671	393	4,57		172,96				
27/12/22 12:00	672	393	4,57		172,96				
28/12/22 00:00	673	394	4,56		172,95				
28/12/22 12:00	674	394	4,56		172,95				
29/12/22 00:00	675	395	4,56		172,95				
29/12/22 12:00	676	395	4,56		172,95				
30/12/22 00:00	677	396	4,56		172,95				
30/12/22 12:00	678	396	4,56		172,95				
31/12/22 00:00	679	397	4,55		172,94				
31/12/22 12:00	680	397	4,55		172,94				
01/01/23 00:00	681	398	4,55		172,94				
01/01/23 12:00	682	398	4,55		172,94				
02/01/23 00:00	683	399	4,54		172,93				
02/01/23 12:00	684	399	4,54		172,93				
03/01/23 00:00	685	400	4,54		172,93				
03/01/23 12:00	686	400	4,54		172,93				
04/01/23 00:00	687	401	4,53		172,92				
04/01/23 12:00	688	401	4,53		172,92	3,82		172,92	relevé