



PLAN DE CUQUES
MONTÉE DES GARDANENS

AFF. 46951

RAPPORT D'ETUDE DE SOL

Révision : 1 Date : 15/05/2014 Objet : G2AVP Rédaction : JMA
Contrôle : JMA Approbation : MA Date d'envoi : 15/05/2014



Forages - Pénétromètres - Essais in situ - Laboratoire - Conseil en Mécanique des Sols
Société par actions simplifiées au capital de 132.300 Euros – SIRET 542 014 261 00086 – APE 7112 B 542 014 261 RCS AIX-EN-PROVENCE
N° INDIVIDUEL D'IDENTIFICATION CE : FR 76 542014261 – CCP PARIS 7.566-60

Siège Social et adresse de facturation :
460, avenue Jean Perrin – 13851 AIX EN PROVENCE
Tél. 04 42 39 74 85 – Fax 04 42 39 73 91 – e.mail : aix@sol-essais.fr

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

La Société PROMOGIM a confié à la Société SOL-ESSAIS la reconnaissance de sol et l'étude destinées à permettre le choix des fondations d'un ensemble immobilier dont l'édification est prévue sur un terrain situé à PLAN DE CUQUES entre la montée des Gardanens, l'avenue des Pères Blancs et la montée du stade.

I - CONSISTANCE DE LA RECONNAISSANCE

Cette reconnaissance a comporté :

- ➔ une série de fouilles à la pelle mécanique permettant de vérifier la nature et le degré d'hétérogénéité des couches superficielles ;
- ➔ 5 essais de pénétration statique lourde poussés au refus permettant la mesure directe in situ des qualités mécaniques des terrains traversés ;
- ➔ 13 essais de pénétration dynamique lourde poussés au refus permettant une mesure directe in situ des qualités mécaniques des terrains traversés implantés dans les zones non accessibles à nos ateliers de sondages montés sur camion lourd ;
- ➔ 3 forages carottés descendus vers 10,00 m de profondeur ;
- ➔ 4 forages destructifs avec essais pressiométriques descendus à 16,00 m de profondeur.

Il s'agit ici d'une mission de diagnostic géotechnique de type G2 AVP conforme à la classification des missions géotechniques type (tableau 1 de la norme NF P 94-500 du 5 juin 2000 révisée en novembre 2013).

II - RESULTATS

On trouvera en annexe :

- ⇒ les graphiques 46951 P1 à P4 ;
- ⇒ les graphiques 46951 PD1 à PD13 ;
- ⇒ les coupes des fouilles 46951 A à L ;
- ⇒ les coupes des forages 46951 F1 à F3 ;
- ⇒ les graphiques 46951 FP1 à FP4 ;
- ⇒ ainsi qu'un plan d'implantation 46951-2 ;
- ⇒ et les divers documents traduisant les résultats des essais de laboratoire.

L'essai de pénétration consiste à enfoncer dans le sol, de manière lente et continue, un train de tiges terminé par une pointe métallique, en mesurant l'effort nécessaire au fonçage en fonction de la profondeur.

Le pénétromètre statique PAREZ est équipé d'une pointe hydraulique permettant de connaître la pression de rupture du sol sous la pointe sans qu'il y ait déplacement relatif de celle-ci par rapport au fût du pénétromètre.

Les graphiques 46951 P1 à P4 représentent, en fonction de la profondeur en mètres :

- la pression de rupture du sol sous la pointe en MPa – (courbe en trait continu ; 1 MPa = 10 bars) ;
- l'effort global de frottement au fonçage sur la surface latérale du pénétromètre en 10^3N – (courbe en pointillés) ;
- l'effort global de frottement à l'arrachage sur la surface latérale du pénétromètre en 10^3N – (courbe fléchée en remontant).

Les dimensions du PENETROMETRE sont les suivantes :

. diamètre	4,5 cm
. périmètre	14 cm
. section.....	16 cm ²

SOL-ESSAIS

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 46951 PD1 à PD13 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 KG
. Hauteur de chute	: 0,75 m

Les essais ont été nivelés et leur cote de départ rattachée au N.G.F.

D'un point de vue géotechnique très général, le terrain concerné est situé dans une zone où l'on retrouve normalement un substratum constitué de marnes compactes.

Ces horizons sont surmontés d'une frange d'altération dont l'expérience a montré qu'elle présentait une sensibilité assez marquée aux variations saisonnières d'humidité et notamment au phénomène de retrait par dessiccation.

On ne peut enfin exclure la présence en tête de quelques limons d'origine colluvionnaire ou de terre végétale liée à l'exploitation agricole du site.

SOL-ESSAIS

II.1 – Fouilles à la pelle mécanique :

Les fouilles réalisées à la pelle mécanique confirment la présence en tête de quelques horizons de terre végétale et de limons médiocres sur une épaisseur de :

- ⇒ 0,60 m dans la fouille A,
- ⇒ 1,10 m dans la fouille B,
- ⇒ 1,10 m dans la fouille C,
- ⇒ 1,50 m dans la fouille D,
- ⇒ 0,70 m dans la fouille E,
- ⇒ 0,70 m dans la fouille F,
- ⇒ 0,70 m dans la fouille G,
- ⇒ 0,60 m dans la fouille H,
- ⇒ 0,80m dans la fouille I,
- ⇒ 0,80m dans la fouille J,
- ⇒ 0,60 m dans la fouille K,
- ⇒ 0,60 m dans la fouille L.

Au-delà apparaissent des matériaux argileux correspondant à l'altération du substratum de couleur marron à grisâtre.

Enfin, les marnes sableuses compactes plus ou moins indurées rattachées au substratum ont été recoupées dans les différentes fouilles à la pelle à partir de :

- ⇒ 1,50 m dans la fouille A,
- ⇒ 2,10 m dans la fouille B,
- ⇒ 1,50 m dans la fouille C,
- ⇒ 1,90 m dans la fouille D,
- ⇒ 1,40 m dans la fouille E,
- ⇒ 1,30 m dans la fouille F,
- ⇒ 1,60 m dans la fouille G,
- ⇒ 1,30 m dans la fouille H,
- ⇒ 2,00 m dans la fouille I,
- ⇒ 1,70 m dans la fouille J,
- ⇒ 1,50 m dans la fouille K,
- ⇒ 1,10 m dans la fouille L.

Ces formations provoquent ensuite le refus de la pelle mécanique plus ou moins brutalement suivant le faciès marno-sableux ou gréseux.

SOL-ESSAIS

II. 2 – Pénétration statique :

Les essais de pénétration statique lourde réalisés confirment la présence à relativement faible profondeur de matériaux de forte compacité rattachés aux marnes du substratum caractérisées par la croissance rapide et simultanée de l'effort de pointe et de l'effort de frottement latéral jusqu'au refus de pénétration.

Les couches superficielles présentent des caractéristiques mécaniques irrégulières avec des courbes représentatives en « dents-de-scie » pouvant varier entre 20 et 100 bars (essai P1), mais le plus souvent entre 10 et 20 bars (essais P1, P2, P3, P5), avec un effort de frottement latéral peu marqué.

Les matériaux les plus médiocres apparaissent :

- ⇒ en P1 jusqu'à 1,40 m,
- ⇒ en P2 jusqu'à 1,20 m,
- ⇒ en P3 jusqu'à 0,80 m,
- ⇒ en P4 jusqu'à 2,00 m,
- ⇒ en P5 jusqu'à 1,00 m.

Le refus dans les marnes de forte compacité est obtenu à :

- ⇒ 3,20 m de profondeur en P1,
- ⇒ 2,80 m de profondeur en P2,
- ⇒ 2,00 m de profondeur en P3,
- ⇒ 3,20 m de profondeur en P4,
- ⇒ 1,80 m de profondeur en P5.

II.3 - Essais de pénétration dynamique :

Ces essais ont été réalisés dans les zones non accessibles aux ateliers de sondages montés sur camion lourd (champs labourés).

Les résultats obtenus sont comparables à ceux des essais de pénétration statique, avec une épaisseur de matériaux de couverture médiocre variant entre 1,00 et 3,00 m et des refus dans les formations de marnes compactes obtenus à :

- ⇒ 2,20 m en PD1,
- ⇒ 1,40 m en PD2,
- ⇒ 2,60 m en PD3,

SOL-ESSAIS

- ⇒ 1,80 m en PD4,
- ⇒ 2,40 m en PD5,
- ⇒ 2,20 m en PD6,
- ⇒ 3,20 m en PD7,
- ⇒ 3,20 m en PD8,
- ⇒ 3,80 m en PD9,
- ⇒ 2,20 m en PD10,
- ⇒ 3,20 m en PD11,
- ⇒ 3,80 m en PD12,
- ⇒ 2,00 m en PD13.

II.4 – Forages carottés :

Les forages carottés confirment la présence en tête de matériaux limoneux d'origine colluvionnaire sur des épaisseurs variables de :

- ⇒ 0,40 m en F1,
- ⇒ 3,50 m en F2,
- ⇒ 1,20 m en F3.

On retrouve ensuite les formations du substratum qui sont constituées d'une alternance de marnes compactes et de grès.

Le toit des formations du substratum apparaît :

- ⇒ en F1 à 1,80 m de profondeur, soit + 162,70 ;
- ⇒ en F2 à 3,50 m de profondeur, soit + 158,55 ;
- ⇒ en F3 à 1,10 m de profondeur, soit + 167,80.

Elles ont été reconnues jusqu'à 10,00 m de profondeur dans les trois forages.

II.5 – Forages destructifs avec essais pressiométriques :

Sur les graphiques d'enregistrement des paramètres on distingue les couches superficielles avec des vitesses d'avancement pouvant atteindre 100 à 250 m/h bien visibles jusqu'à :

- ⇒ 1,00 m de profondeur en FP1,
- ⇒ 2,00 m de profondeur en FP2,
- ⇒ 3,00 m de profondeur en FP3,
- ⇒ 2,00 m de profondeur en FP4.

SOL-ESSAIS

Dans ces horizons les valeurs de la pression limite sont assez irrégulières et le plus souvent faibles, variant entre 0,2 et 1,5 MPa pour des modules variant entre 3 et 11 MPa.

En ce qui concerne les formations du substratum, on recoupe presque toujours des valeurs de pression limites élevées supérieures à 5 voire 6 MPa.

Seul le forage FP2 montre des valeurs plus faibles notamment à 9,00 m de profondeur ($P_l = 0,8$ MPa).

Cet essai ne nous semble toutefois pas représentatif.

En ce qui concerne les valeurs de module, elles sont la plupart du temps élevées, variant entre 40 et plus de 200 MPa.

Lors de la réalisation de ces sondages des venues d'eau ont été notées :

- ⇒ en F1 à 1,50 m de profondeur, (niveau mesuré à 1,70 m de profondeur le 7 Avril)
- ⇒ en F2 à 2,30 m de profondeur, (niveau mesuré à 3,30 m de profondeur le 8 Avril),

soit quelques jours après réalisation des sondages.

Dans ce type de terrain, les circulations s'effectuent normalement par des cheminements préférentiels situés au sein des matériaux de couverture et d'altération ou au contact entre ceux-ci et le toit des formations compactes et peu perméables sous-jacentes.

Le suivi des tubes piézométriques mis en place pourra permettre de vérifier les fluctuations du niveau de ces circulations.

II.6 – Essais de laboratoire :

Phase 1 – bâtiments A à E et piscine

Les essais ont été réalisés sur un échantillon prélevé dans les fouilles A et B et le forage FC3.

On observe notamment pour le matériau marno-argileux prélevé vers 2,50 m de profondeur dans la fouille B, un indice de plasticité de 20 pour une limite de liquidité de 41.

SOL-ESSAIS

Un essai de retrait montre une diminution de hauteur de l'échantillon relativement limitée de l'ordre de 1,8% pour une perte de teneur en eau de 6 à 7 points.

En ce qui concerne l'essai de gonflement réalisé sur plusieurs éprouvettes selon les nouvelles normes internationales, il montre une valeur théorique de la pression de gonflement de 0,44 MPa mais un rapport de gonflement faible de $0,9 \cdot 10^{-2}$.

Phase 2 – bâtiment 1 à 4

Des essais d'identification ont été réalisés sur les formations du substratum prélevées en F2.

On notera les valeurs élevées de densité humide pouvant atteindre 2,40.

En ce qui concerne les matériaux argileux altérés prélevés dans la fouille I, on observe ici un indice de plasticité de 37 pour une limite de liquidité de 61.

L'essai de retrait montre une diminution importante de hauteur de l'échantillon de 6,5% pour une perte de teneur en eau de 12 points.

En ce qui concerne l'essai de gonflement, on observe une valeur théorique de la pression de gonflement de 0,24 MPa avec un rapport de gonflement non négligeable de $1,2 \cdot 10^{-2}$.

Phase 3 – bâtiments F à K

Les essais ont été réalisés sur des échantillons prélevés en F1.

Les matériaux prélevés vers 4,50 m correspondent à un marno-calcaire de très forte compacité (densité 2,4).

Les matériaux prélevés vers 2,40 m de profondeur sont constitués d'argiles marneuses et limoneuses avec un indice de plasticité de 36 pour une limite de liquidité de 59.

L'essai de retrait réalisé sur ces échantillons montre une diminution de hauteur de 5,5% pour une perte de teneur en eau de 8 points.

SOL-ESSAIS

La valeur théorique de la pression de gonflement est de 0,38 MPa avec un rapport de gonflement élevé de $1,78 \cdot 10^{-2}$.

Ces essais ont été complétés par un essai de cisaillement au Triaxial qui montre les caractéristiques suivantes :

$$C_{cu} = 3 \text{ T/m}^2$$

$$\phi_{cu} = 18^\circ$$

$$C' = 0,3 \text{ T/m}^2$$

$$\phi' = 22^\circ$$

III - CONCLUSIONS

Le projet comporte la construction d'un ensemble de bâtiments collectifs à R+3 comportant généralement un niveau de sous-sol et réalisés en trois phases.

- ⇒ Phase 1 – Bâtiments A à E et piscine ;
- ⇒ Phase 2 – Bâtiments 1 à 4 ;
- ⇒ Phase 3 – Bâtiments F à K.

Phase 1 : Bâtiments A, B, C, D, E concernés par les essais PD1, PD2, PD3, P1, P2, PD10, le forage carotté F3 et l'essai pressiométrique FP2.

Ces bâtiments comportent un niveau de sous-sol général vers la cote + 165,00 pour les bâtiments D et E et vers la cote 166,60 pour les bâtiments A, B, C.

Les couches compactes du substratum seront donc la plupart du temps entaillées par les terrassements nécessaires à la réalisation de ces sous-sols.

On pourra donc retenir un système de fondations superficielles établies 0,50 m minimum sous le niveau de la plate-forme avec une contrainte de 5 à 6 bars ELS à l'exception de l'emplacement des essais PD1 et PD2 où les fondations devront être approfondies jusqu'à :

- ⇒ 2,00 m de profondeur en P1, soit + 164,25 ;
- ⇒ 2,20 m de profondeur en P2, soit + 165,10.

SOL-ESSAIS

Par ailleurs, les échantillons prélevés en F3 vers 2,80 m de profondeur soit sensiblement au niveau du sous-sol, présentent une sensibilité marquée aux variations d'humidité.

Il conviendra donc ici en ce qui concerne le dallage sur terre-plein de porter une attention particulière au système de drainage et d'évacuation, drains périphériques et drains sous dalle reliés à des exutoires gravitaires ou à des puisards équipés d'une pompe de relevage.

Le dallage sera dans tous les cas désolidarisé des points d'appui et découpé par des joints de fractionnement selon un maillage dense de 4 x 4 ou 5 x 5.

Pour son dimensionnement on pourra retenir un module de compressibilité E_s moyen de 75 MPa.

Phase 2 – Bâtiments 1 à 4 concernés par les essais PD4, PD5, PD8, PD6, PD9, le forage carotté F2 et le forage destructif avec pressiomètre FP4

Les bâtiments 2 et 3 comportant un niveau de sous-sol, les couches compactes seront dans la plupart des cas entaillées à l'exception de la partie extrême aval du bâtiment 3.

On pourra retenir ici un système de fondations superficielles avec une contrainte admissible de 5 à 6 bars ELS moyennant un encastrement sous le niveau du fond de fouille de l'ordre de 0,50 m.

En partie extrême aval (sondage PD8), il sera nécessaire de mettre en œuvre du gros béton d'adaptation ou des puits de fondation.

Le niveau d'assise devra se situer ici à 3,00 m de profondeur, soit + 157,65.

Les bâtiments 1 et 4 ne comportant pas de sous-sol, il sera nécessaire afin d'assurer une assise homogène aux fondations, de prévoir la mise en œuvre de gros béton d'adaptation dont la base devra se trouver à :

- ⇒ 2,00 m de profondeur en PD6, soit + 162,75 ;
- ⇒ 1,50 m de profondeur en PD9, soit + 160,90 ;
- ⇒ 3,00 m de profondeur en FP4, soit + 165,20.

SOL-ESSAIS

En ce qui concerne les parkings en sous-sol, la mise en œuvre d'un dallage sur terre-plein pourra être envisagée dans les conditions évoquées plus haut pour la phase 1.

Phase 3 - bâtiments F à K

Cette tranche est concernée par les essais P3, P4, P5, PD12 et par le forage carotté F1, les forages pressiométriques FP1 et FP3.

Le toit des couches compactes du substratum apparaît à :

- ⇒ 1,20 m de profondeur en P3, soit + 163,05 ;
- ⇒ 2,50 m de profondeur en P4, soit + 161,10 ;
- ⇒ 1,00 m de profondeur en P5, soit + 162,05 ;
- ⇒ 3,20 m de profondeur en PD12, soit + 162,00 ;
- ⇒ 4,00 m de profondeur en F1, soit + 160,50 ;
- ⇒ 3,50 m de profondeur en FP3, soit + 162,00 ;
- ⇒ et 1,50 m de profondeur en FP1, soit + 163,00.

On veillera ici à assurer une assise homogène aux fondations en reportant les charges de structure au sein de ces formations avec un encastrement variant selon le faciès entre 0,20 m et 0,40 m pour une contrainte de 5 à 6 bars ELS.

III.1 - Prescriptions générales :

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

Entre les bases de fondations voisines établies à des cotes différentes, l'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 se trouvant à proximité d'un talus ou d'un ouvrage existant.

III.2 - Sismicité :

Il est rappelé ici que les nouvelles règles parasismiques 2010 Eurocode 8 classent le secteur de MARSEILLE en zone de sismicité 2, classe de sol « B » (règle d'application facultative).

SOL-ESSAIS**III.3 - Drainage :**

Les parties d'ouvrage enterrées seront protégées des eaux de ruissellement et d'infiltration par la mise en œuvre d'un système de drainage et d'évacuation convenablement maillé, comportant des exutoires suffisants implantés de façon non dangereuse pour le projet lui-même et pour son entourage.

Ces dispositifs drainants constituent un élément essentiel de la stabilité des dallages sur terre-plein notamment pour la phase 1 de travaux où les sols d'assise seront constitués de matériaux sensibles aux variations d'humidité.

AIX, le 15 Mai 2014 - JMA/MD



J-M ALBA

ANNEXES

SOL-ESSAIS**SONDAGE A :**

0,00 m à 0,60 m Terre végétale limon marron.
 0,60 m à 1,50 m Argile bariolée marron et grise.
 1,50 m à 2,10 m Marne sableuse compacte marron.
 Refus de la pelle à 2,10 m sur marne ± indurée.

SONDAGE B :

0,00 m à 1,00 m Terre végétale limon marron.
 1,00 m à 2,10 m Argile bariolée marron et grise.
 2,10 m à 2,90 m Marne légèrement sableuse gris compacte.
 Refus progressif de la pelle à 2,10 m.

SONDAGE C :

0,00 m à 1,10 m Terre végétale limon marron.
 1,10 m à 1,50 m Argile bariolée marron et grise.
 1,50 m à 1,60 m Marne sableuse compacte marron.
 Refus de la pelle.

SONDAGE D :

0,00 m à 1,50 m Terre végétale limon marron.
 1,50 m à 1,90 m Argile sableuse marron.
 1,90 m à 2,40 m Marne sableuse compacte marron.
 Refus de la pelle à 2,40 m sur marne grésifiée.

SONDAGE E :

0,00 m à 0,70 m Terre végétale limon marron.
 0,70 m à 1,40 m Argile bariolée marron et grise.
 1,40 m à 2,20 m Marne sableuse compacte marron.
 Refus progressif de la pelle à 2,20 m.

SOL-ESSAIS**SONDAGE F :**

0,00 m à 0,70 m Terre végétale limon marron.
 0,70 m à 1,30 m Argile bariolée marron et grise.
 1,30 m à 2,10 m Marne sableuse compacte marron.
 Refus progressif de la pelle à 2,10 m.

SONDAGE G :

0,00 m à 0,70 m Terre végétale limon marron.
 0,70 m à 1,60 m Argile bariolée marron et grise.
 1,60 m à 2,20 m Marne sableuse compacte marron.
 Refus net de la pelle à 2,20 m.

SONDAGE H :

0,00 m à 0,60 m Terre végétale limon marron.
 0,60 m à 1,30 m Argile bariolée marron et grise.
 1,30 m à 1,60 m Marne sableuse compacte marron.
 Refus de la pelle à 2,10 m sur marne gréseuse.

SONDAGE I :

0,00 m à 0,80 m Terre végétale limon marron.
 0,80 m à 2,00 m Marne altérée marron et grise fortement
 carbonatée ➔ 1,50 m.
 2,00 m à 2,50 m Marne sableuse compacte marron.
 Refus progressif de la pelle.

SOL-ESSAIS**SONDAGE J :**

0,00 m à 0,80 m Terre végétale limon marron.
 0,80 m à 1,70 m Argile bariolée marron et grise.
 1,70 m à 2,30 m Marne sableuse compacte marron.
 Arrêt. Pénétration difficile à 2,30 m.

SONDAGE K :

0,00 m à 0,60 m Terre végétale limon marron.
 0,60 m à 1,50 m Argile bariolée marron et grise.
 1,50 m à 2,40 m Marne sableuse compacte marron.
 Arrêt. pénétration difficile.

SONDAGE L :

0,00 m à 0,60 m Remblais, terre végétale.
 0,60 m à 1,10 m Argile sableuse marron clair.
 1,10 m à 1,30 m Marne gréseuse.
 Refus de la pelle à 1,30 m.

PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS**PENETROMETRE DYNAMIQUE**

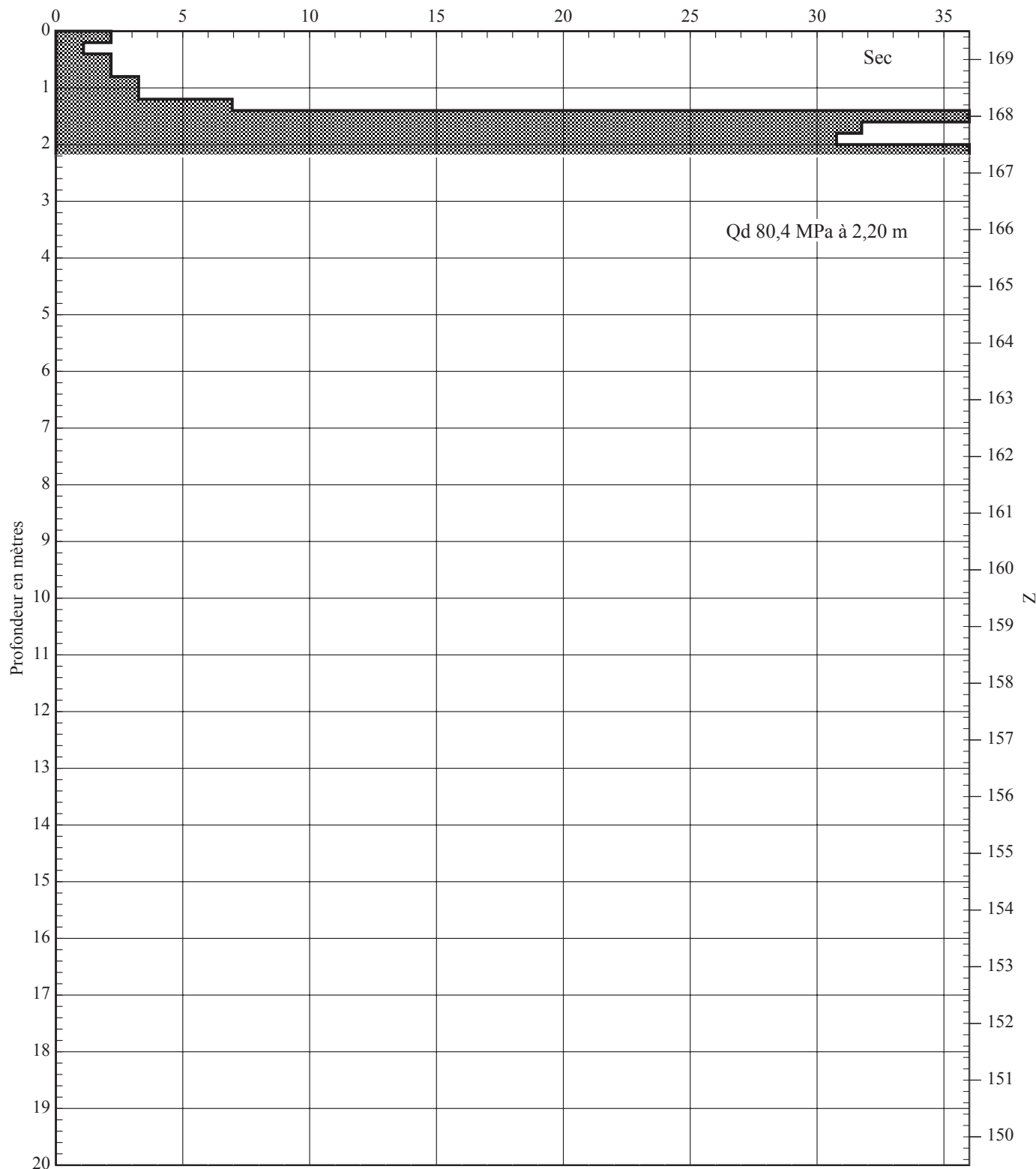
(Mouton 63,5 daN - Chute 0,75 m - Pointe 50 mm)

PD1

COTE DE DEPART : 169,50

Date : 13/03/14

N° : 46951

 RESISTANCE DYNAMIQUE Q_d (MPa)

PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS**PENETROMETRE DYNAMIQUE**

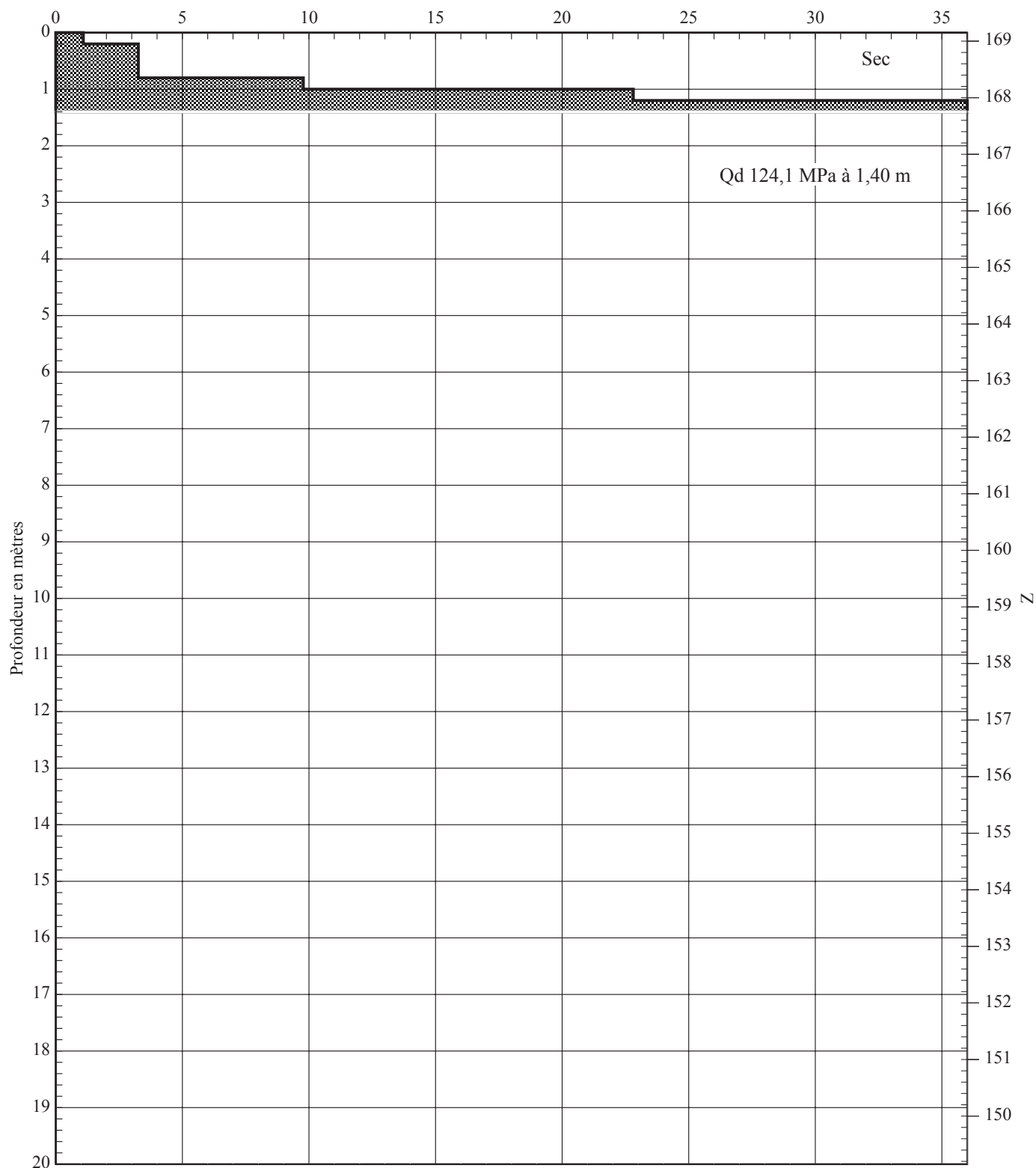
(Mouton 63,5 daN - Chute 0,75 m - Pointe 50 mm)

PD2

COTE DE DEPART : 169,15

Date : 13/03/14

N° : 46951

 RESISTANCE DYNAMIQUE Q_d (MPa)

PLAN DE CUQUES MONTEE DES GARDANENS

PENETROMETRE DYNAMIQUE (Mouton 63,5 daN - Chute 0,75 m - Pointe 50 mm)

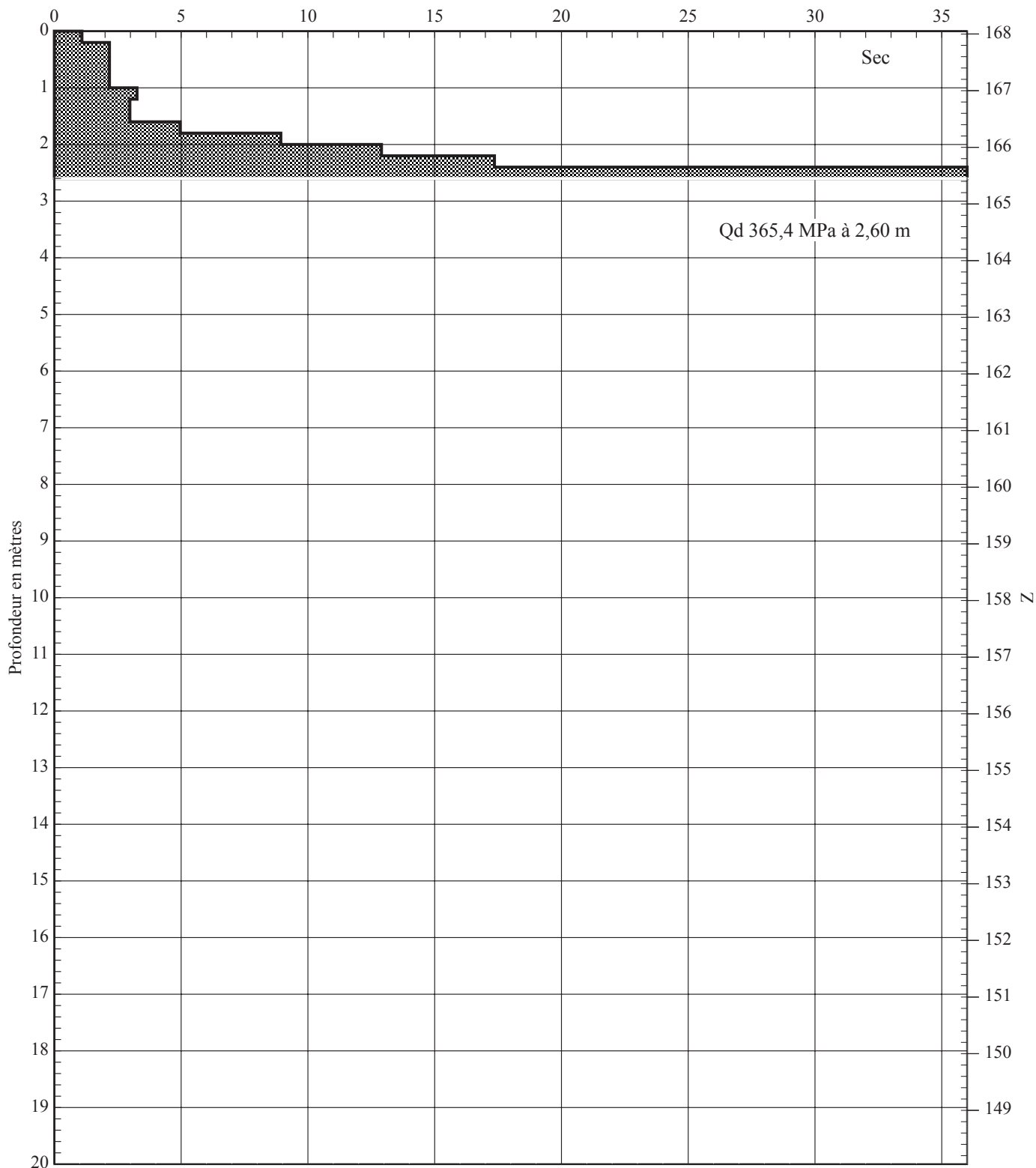
PD3

COTE DE DEPART : 168,05

Date : 14/03/14

N° : 46951

 RESISTANCE DYNAMIQUE Q_d (MPa)



PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS**PENETROMETRE DYNAMIQUE**

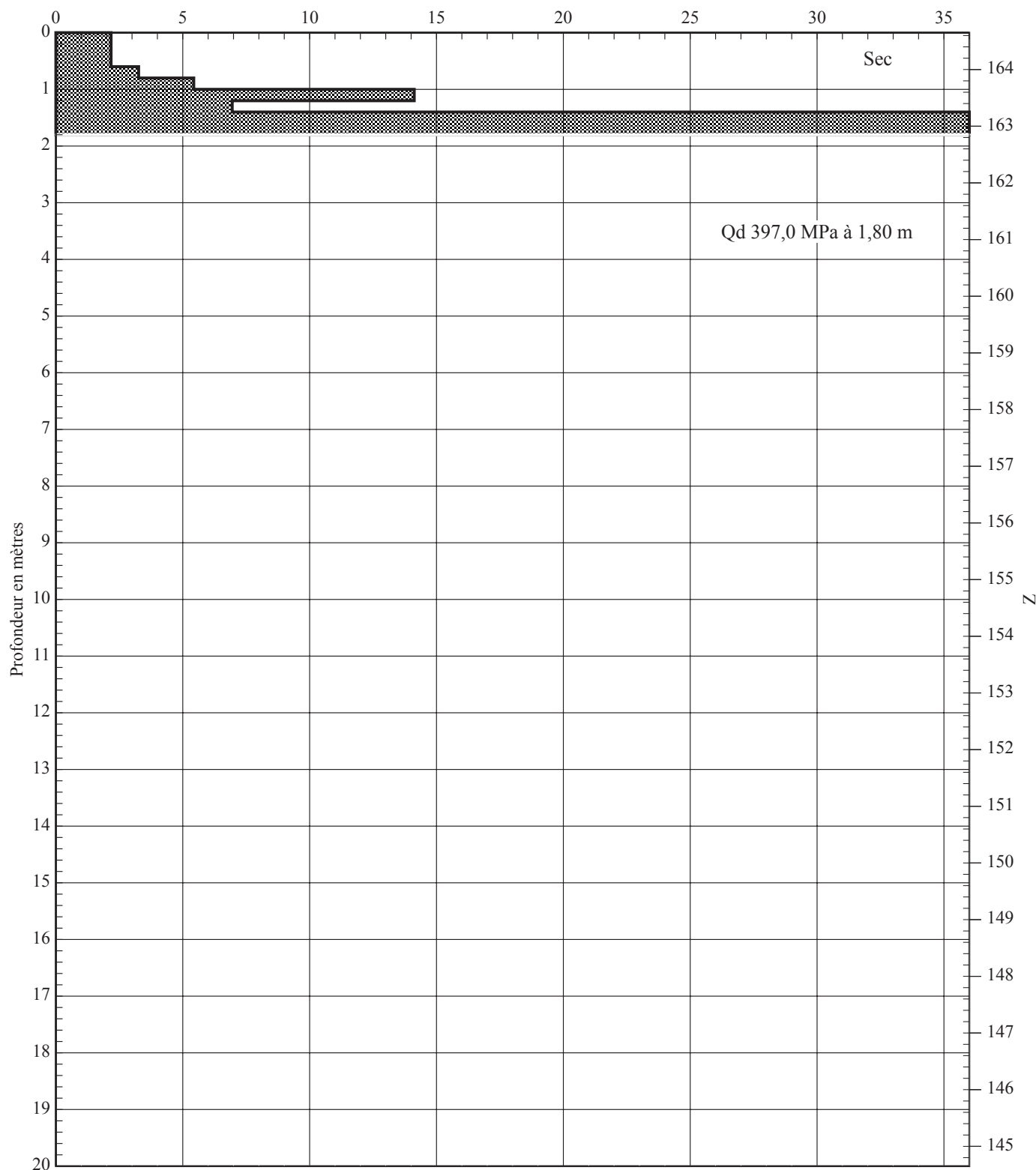
(Mouton 63,5 daN - Chute 0,75 m - Pointe 50 mm)

PD4

COTE DE DEPART : 164,65

Date : 14/03/14

N° : 46951

 RESISTANCE DYNAMIQUE Q_d (MPa)

PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS**PENETROMETRE DYNAMIQUE**

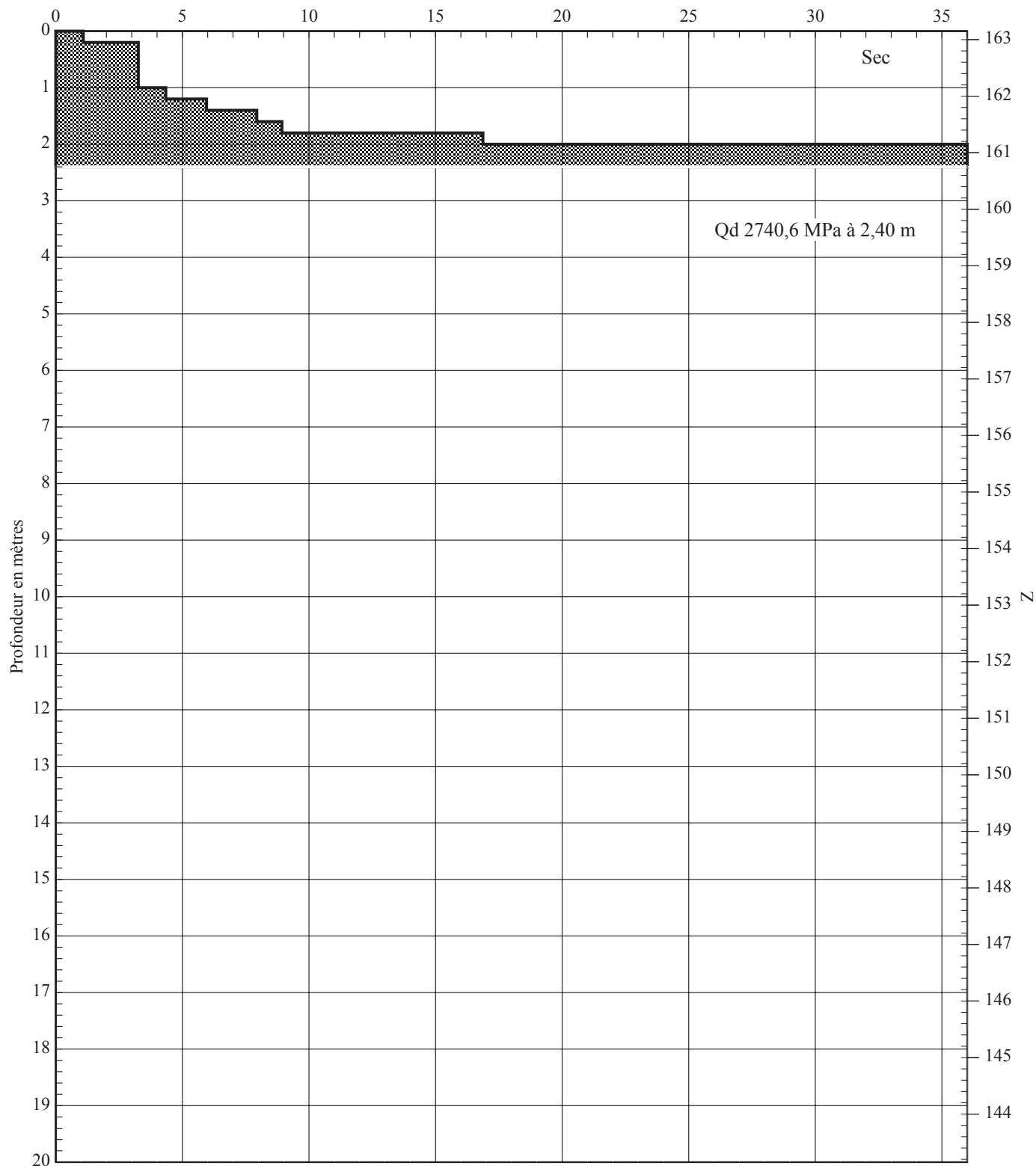
(Mouton 63,5 daN - Chute 0,75 m - Pointe 50 mm)

PD5

COTE DE DEPART : 163,15

Date : 14/03/14

N° : 46951

 RESISTANCE DYNAMIQUE Q_d (MPa)

PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS**PENETROMETRE DYNAMIQUE**

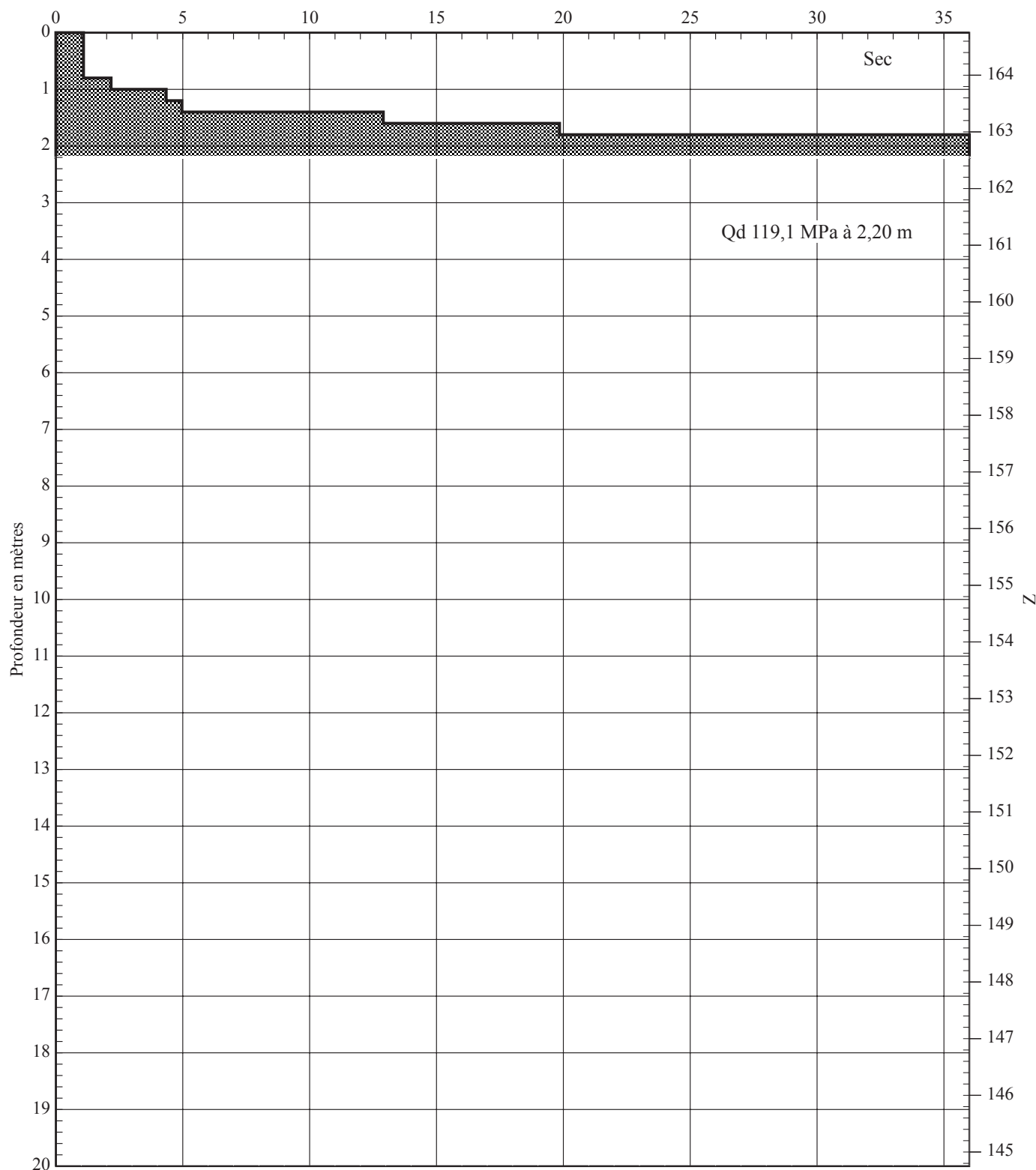
(Mouton 63,5 daN - Chute 0,75 m - Pointe 50 mm)

PD6

COTE DE DEPART : 164,75

Date : 14/03/14

N° : 46951

 RESISTANCE DYNAMIQUE Q_d (MPa)

PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS**PENETROMETRE DYNAMIQUE**

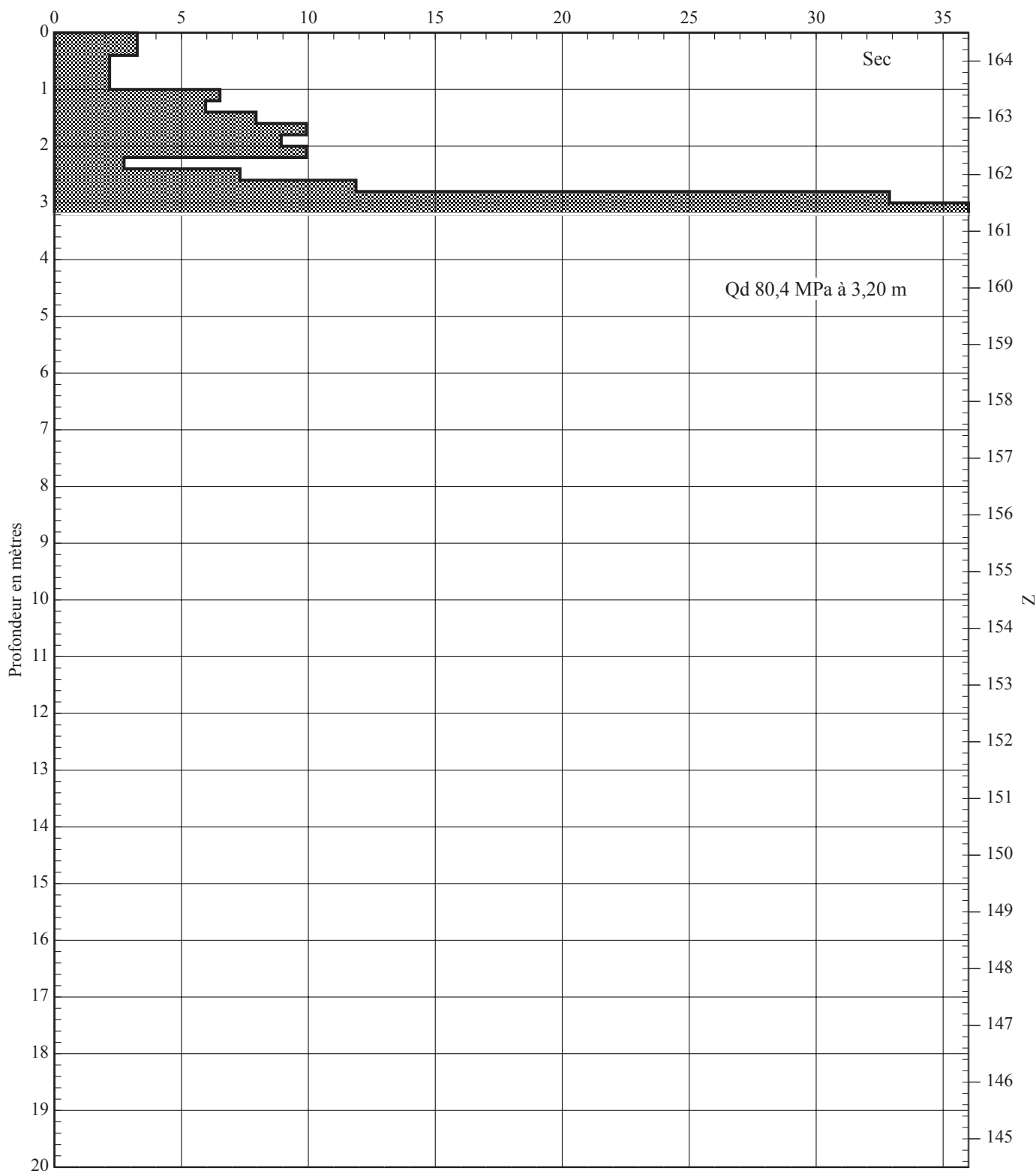
(Mouton 63,5 daN - Chute 0,75 m - Pointe 50 mm)

PD7

COTE DE DEPART : 164,50

Date : 14/03/14

N° : 46951

 RESISTANCE DYNAMIQUE Q_d (MPa)

PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS**PENETROMETRE DYNAMIQUE**

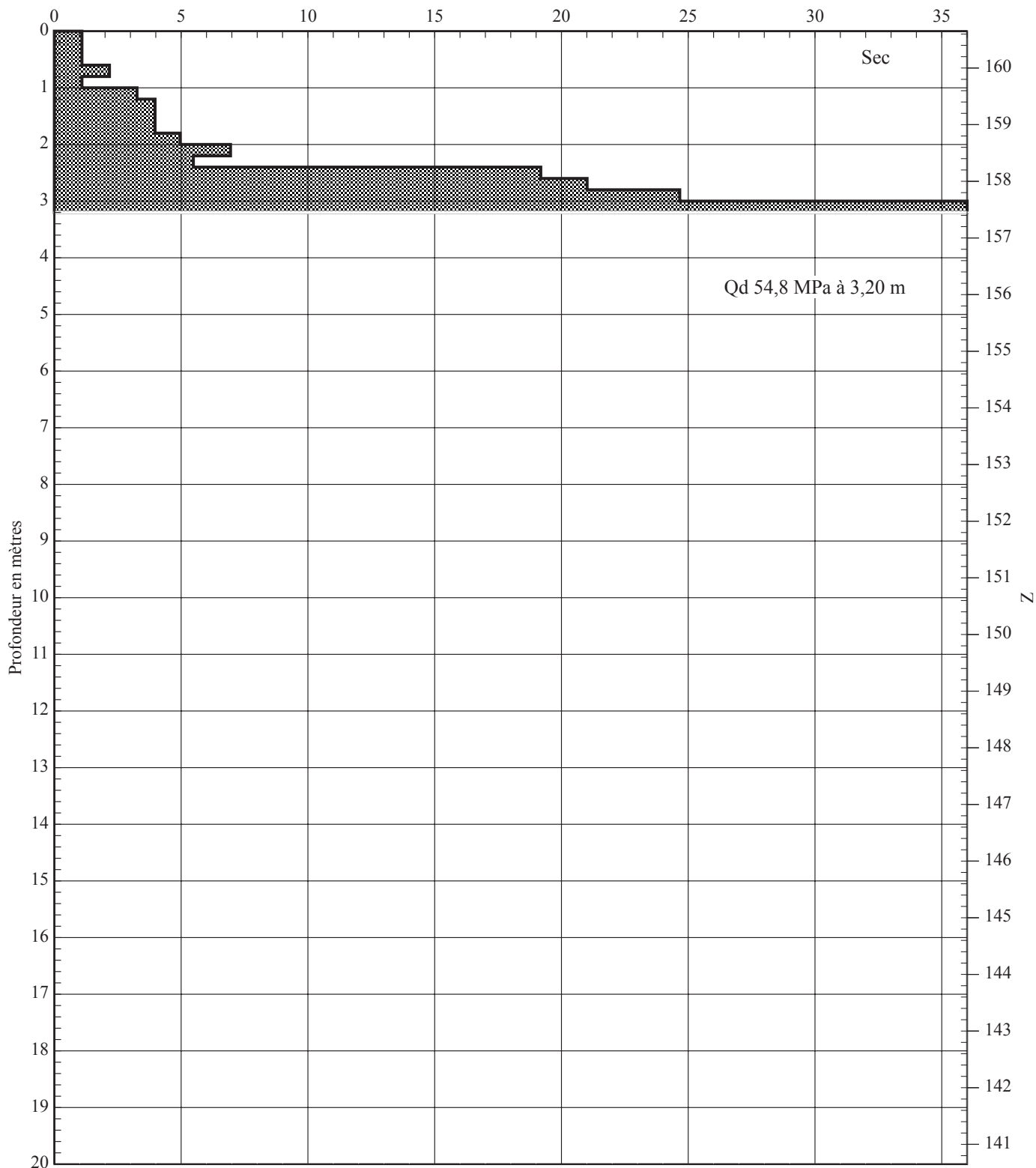
(Mouton 63,5 daN - Chute 0,75 m - Pointe 50 mm)

PD8

COTE DE DEPART : 160,65

Date : 14/03/14

N° : 46951

 RESISTANCE DYNAMIQUE Q_d (MPa)

PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS**PENETROMETRE DYNAMIQUE**

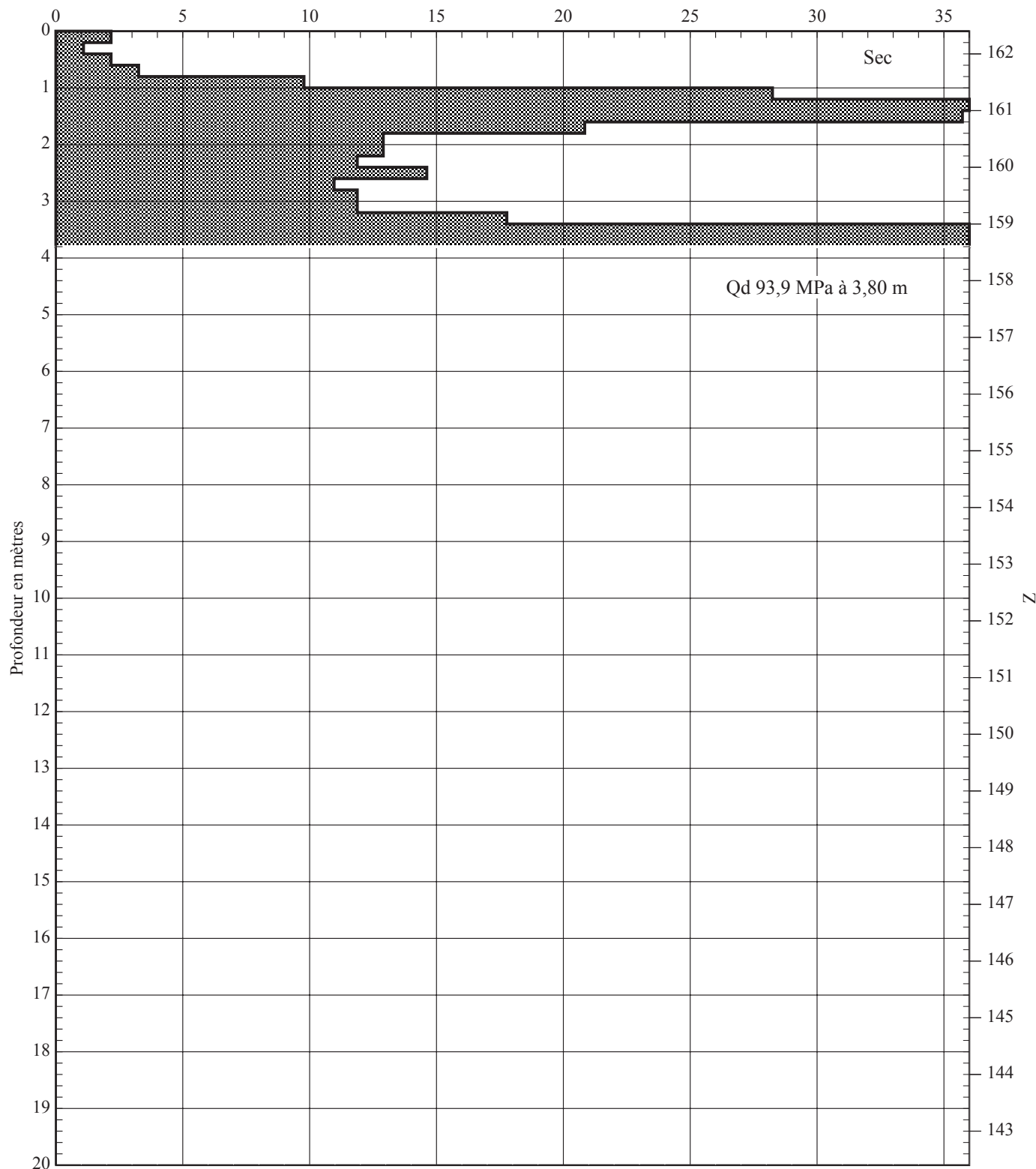
(Mouton 63,5 daN - Chute 0,75 m - Pointe 50 mm)

PD9

COTE DE DEPART : 162,40

Date : 14/03/14

N° : 46951

 RESISTANCE DYNAMIQUE Q_d (MPa)

PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS**PENETROMETRE DYNAMIQUE**

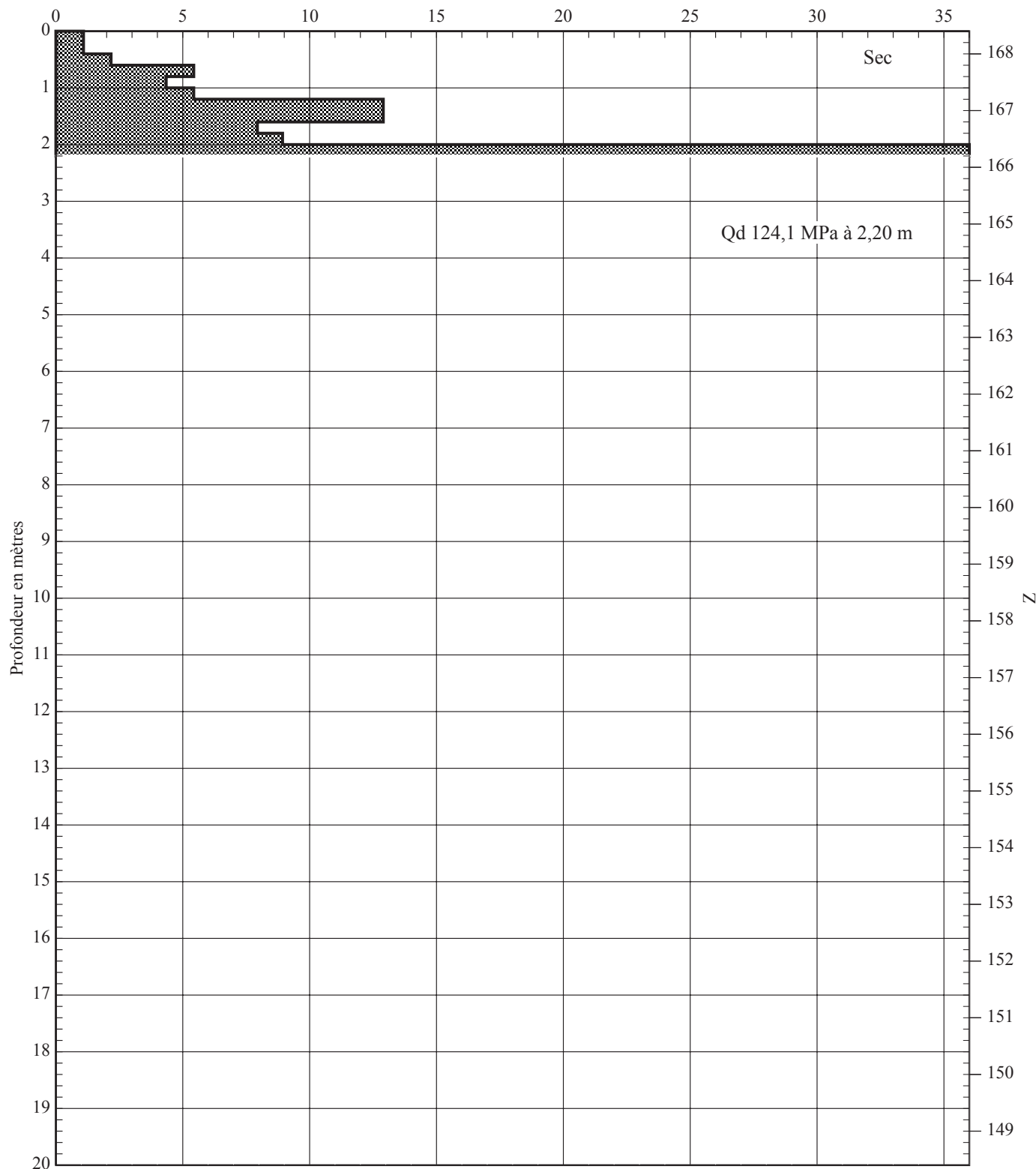
(Mouton 63,5 daN - Chute 0,75 m - Pointe 50 mm)

PD10

COTE DE DEPART : 168,40

Date : 20/03/14

N° : 46951

 RESISTANCE DYNAMIQUE Q_d (MPa)

PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS**PENETROMETRE DYNAMIQUE**

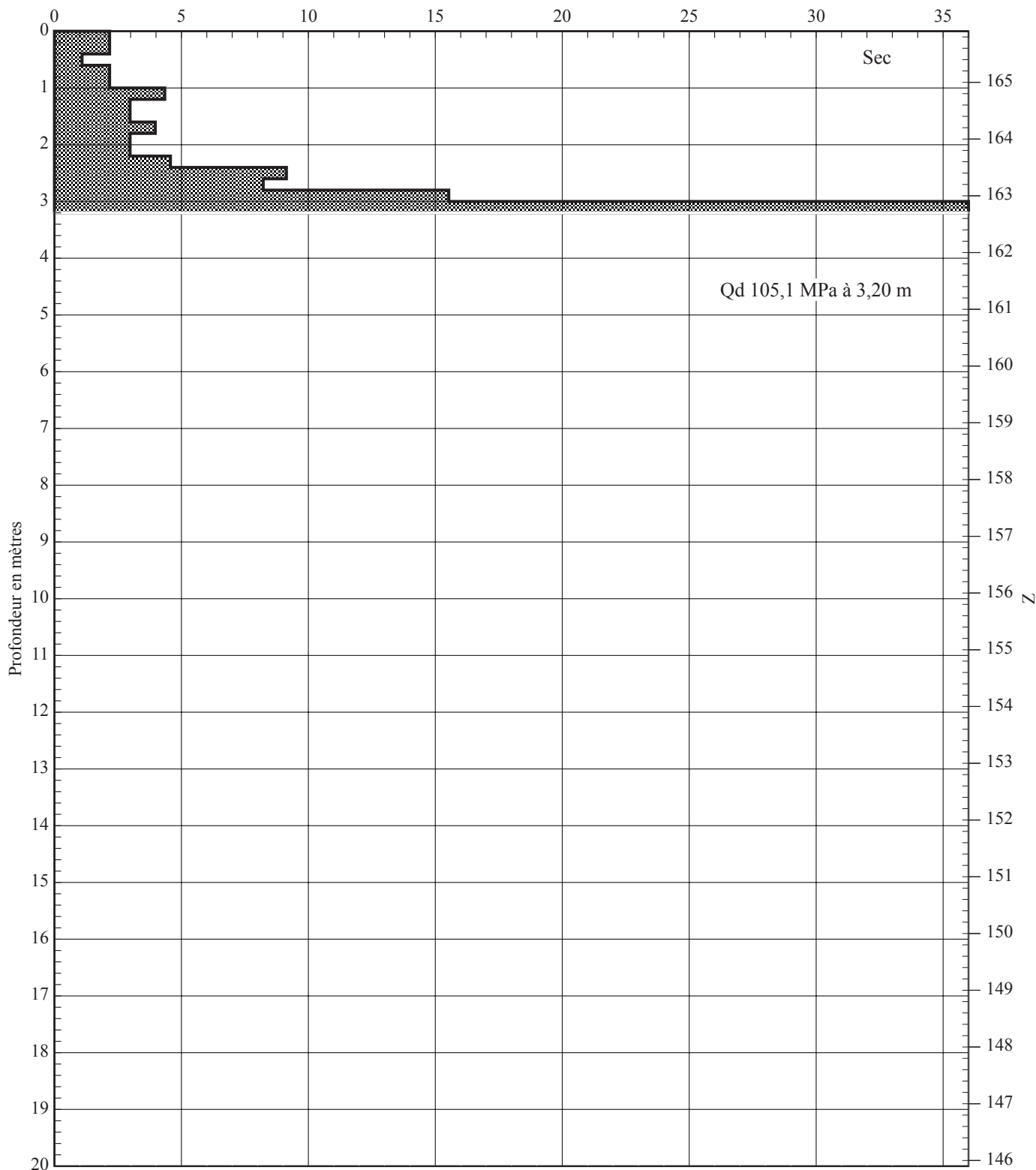
(Mouton 63,5 daN - Chute 0,75 m - Pointe 50 mm)

PD11

COTE DE DEPART : 165,90

Date : 20/03/14

N° : 46951

 RESISTANCE DYNAMIQUE Q_d (MPa)

PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS**PENETROMETRE DYNAMIQUE**

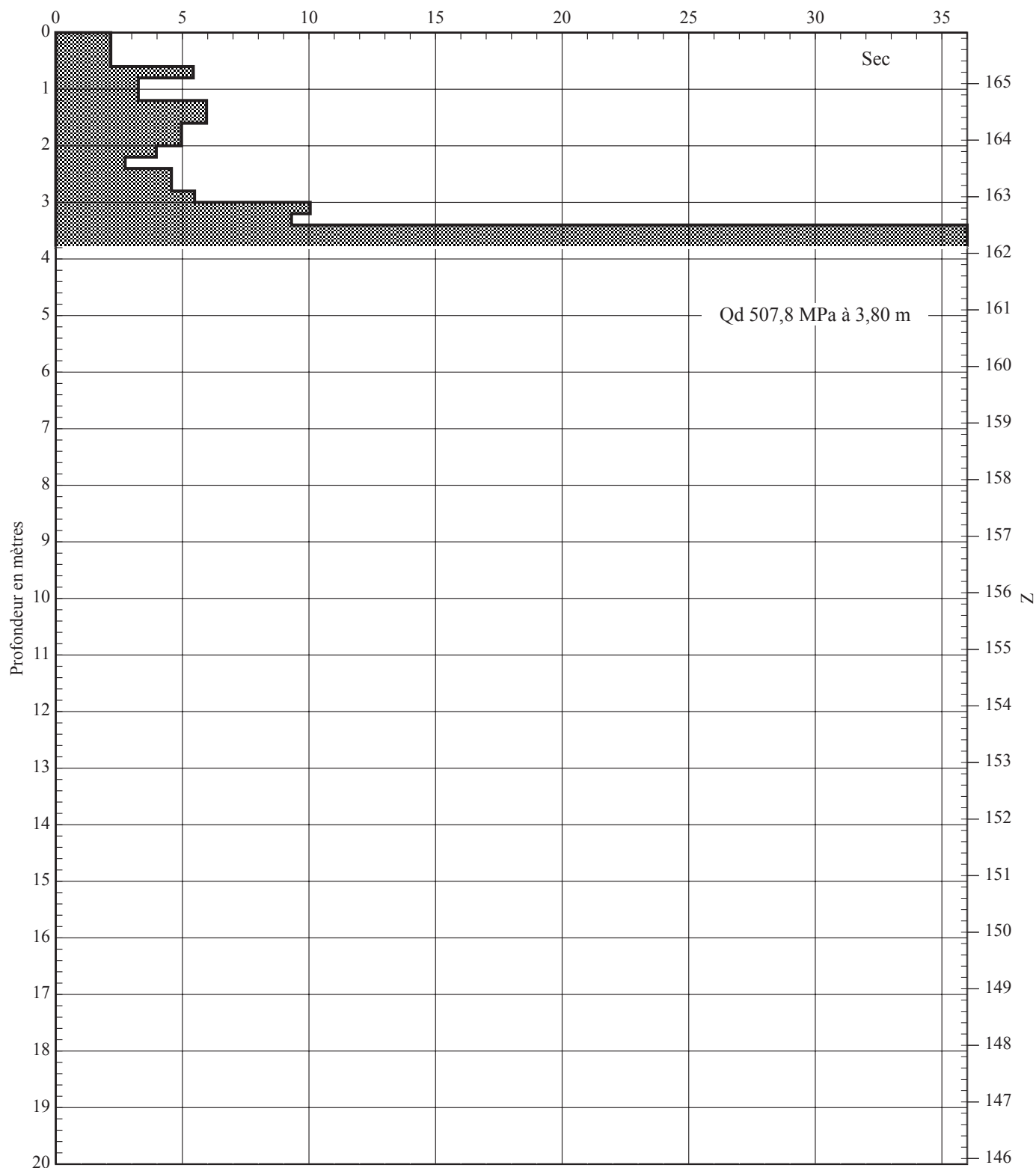
(Mouton 63,5 daN - Chute 0,75 m - Pointe 50 mm)

PD12

COTE DE DEPART : 165,20

Date : 20/03/14

N° : 46951

 RESISTANCE DYNAMIQUE Q_d (MPa)

PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS**PENETROMETRE DYNAMIQUE**

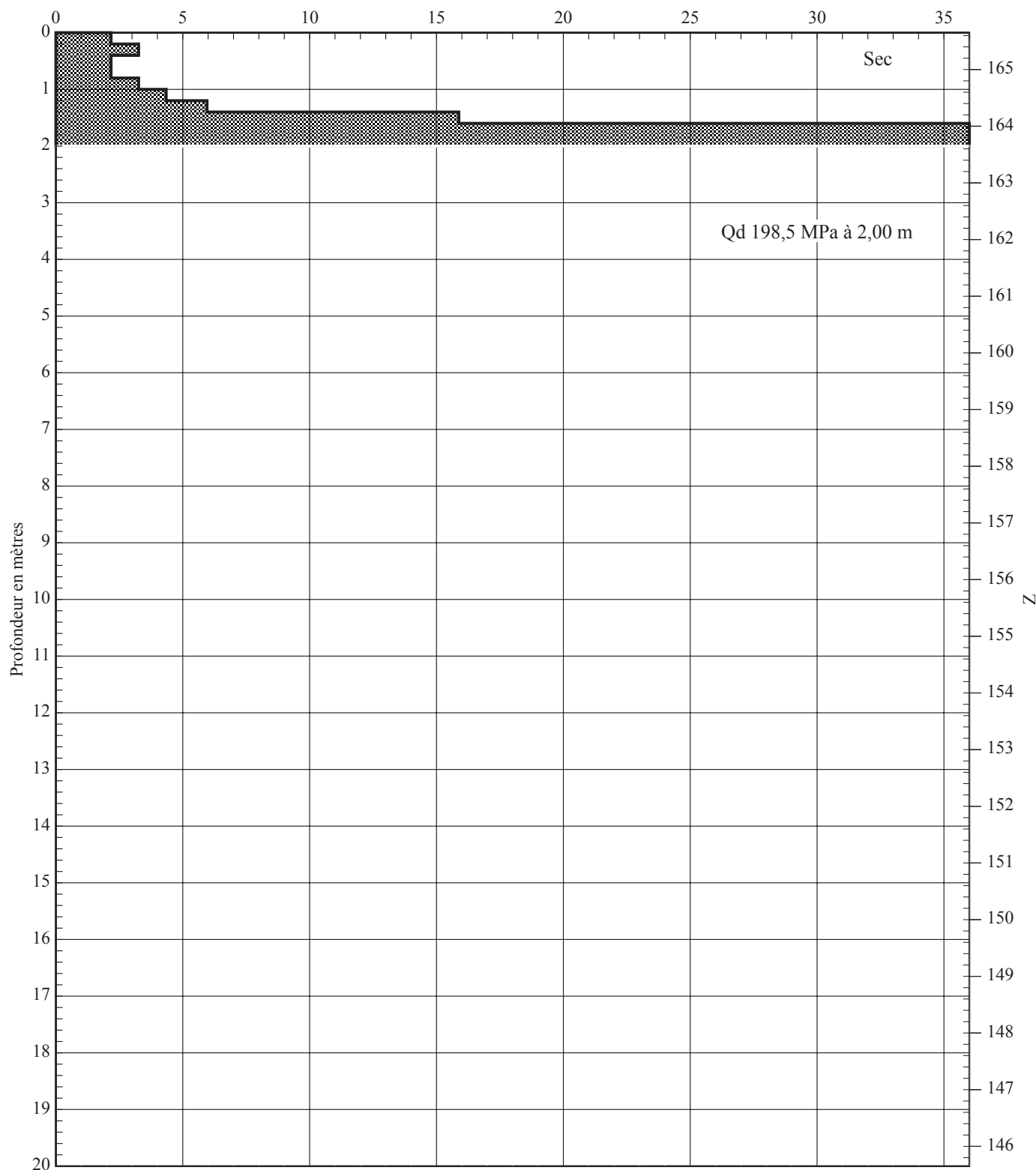
(Mouton 63,5 daN - Chute 0,75 m - Pointe 50 mm)

PD13

COTE DE DEPART : 165,65

Date : 20/03/14

N° : 46951

 RESISTANCE DYNAMIQUE Q_d (MPa)

PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS

PENETROMETRE STATIQUE

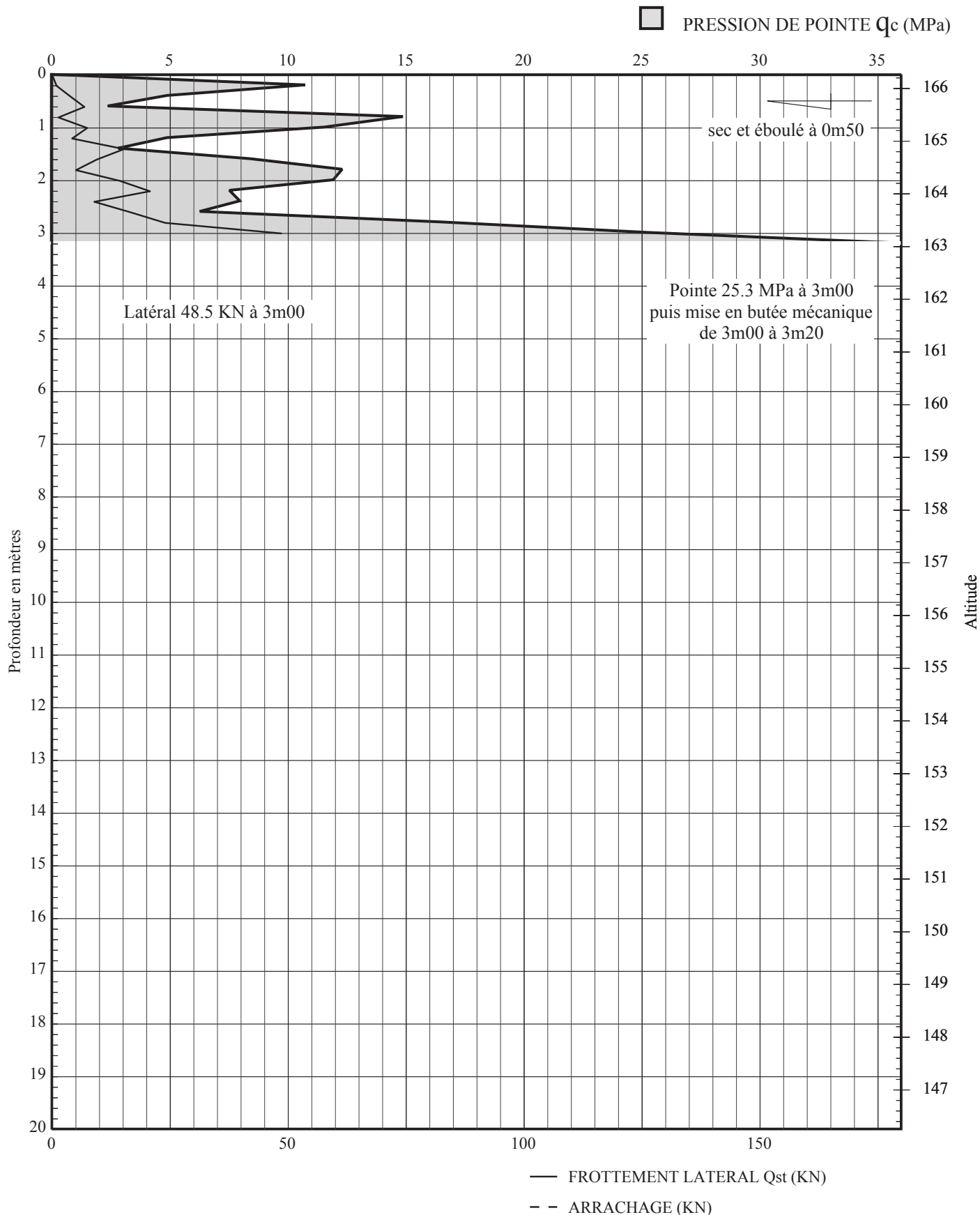
Brevet Louis Parez - Pointe 45 mm

P1

COTE DE DEPART : +166,25

DATE : 14/03/14

N° : 46951



PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS

PENETROMETRE STATIQUE

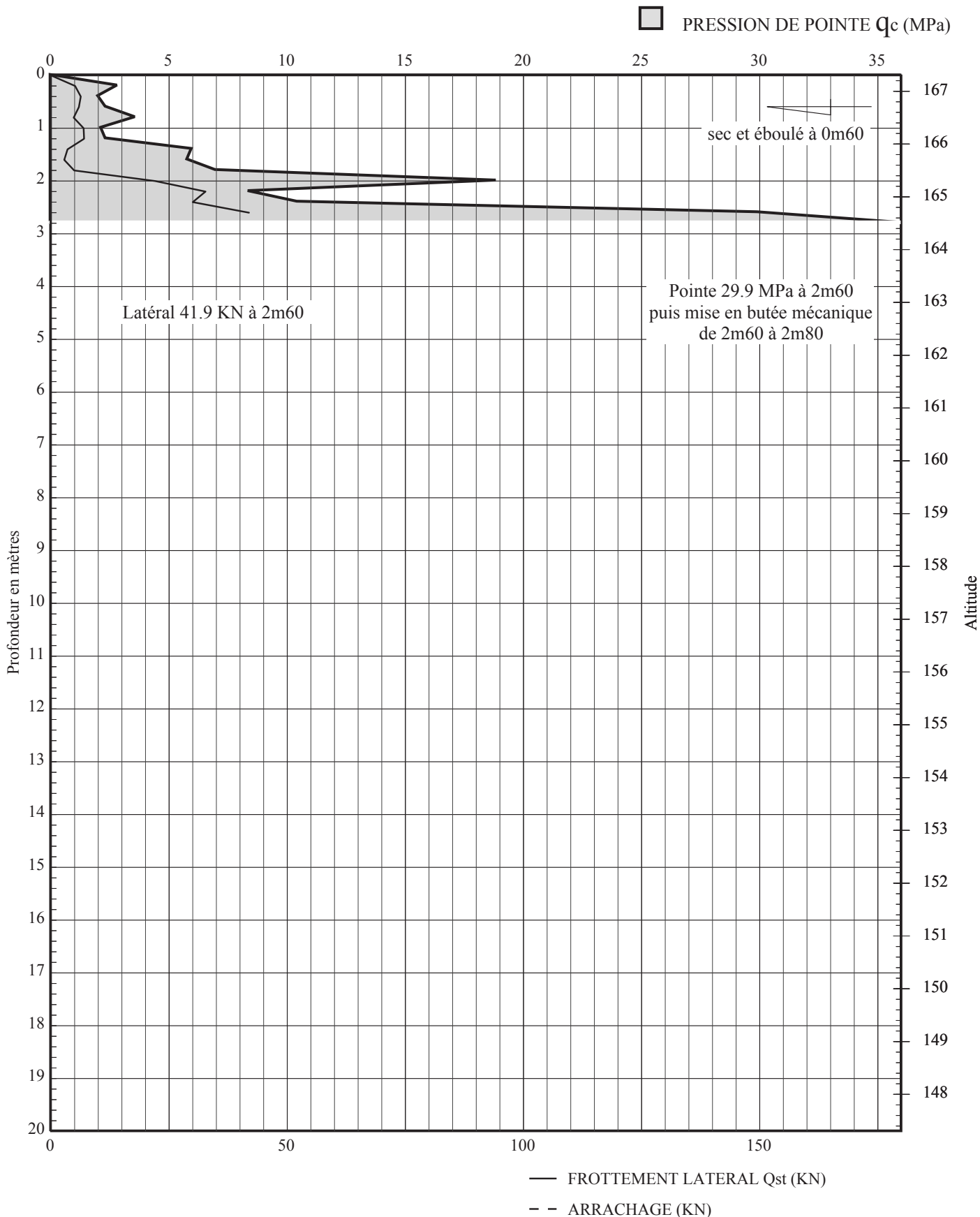
Brevet Louis Parez - Pointe 45 mm

P2

COTE DE DEPART : +167,30

DATE : 14/03/14

N° : 46951



PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS

PENETROMETRE STATIQUE

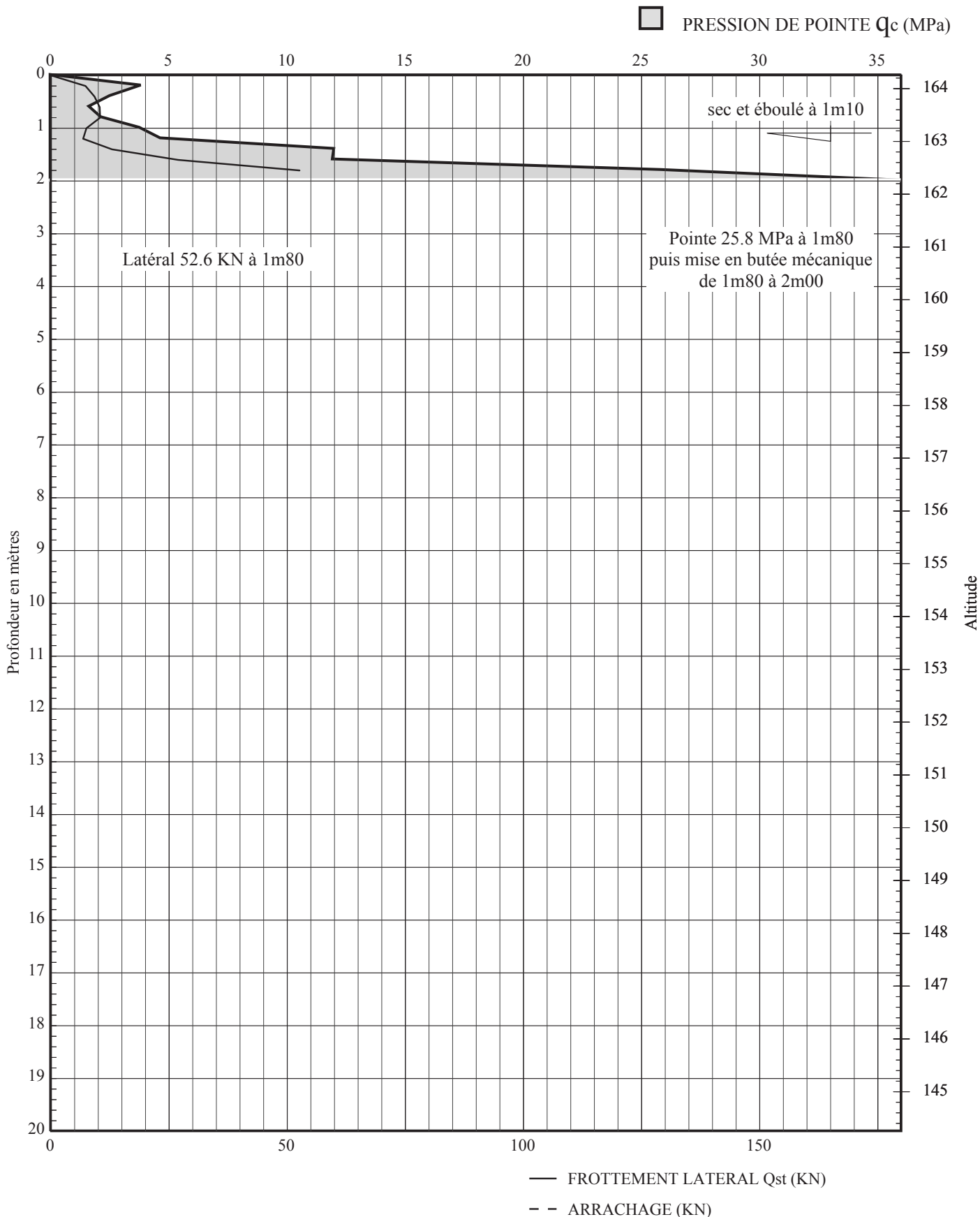
Brevet Louis Parez - Pointe 45 mm

P3

COTE DE DEPART : +164,25

DATE : 14/03/14

N° : 46951



PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS

PENETROMETRE STATIQUE

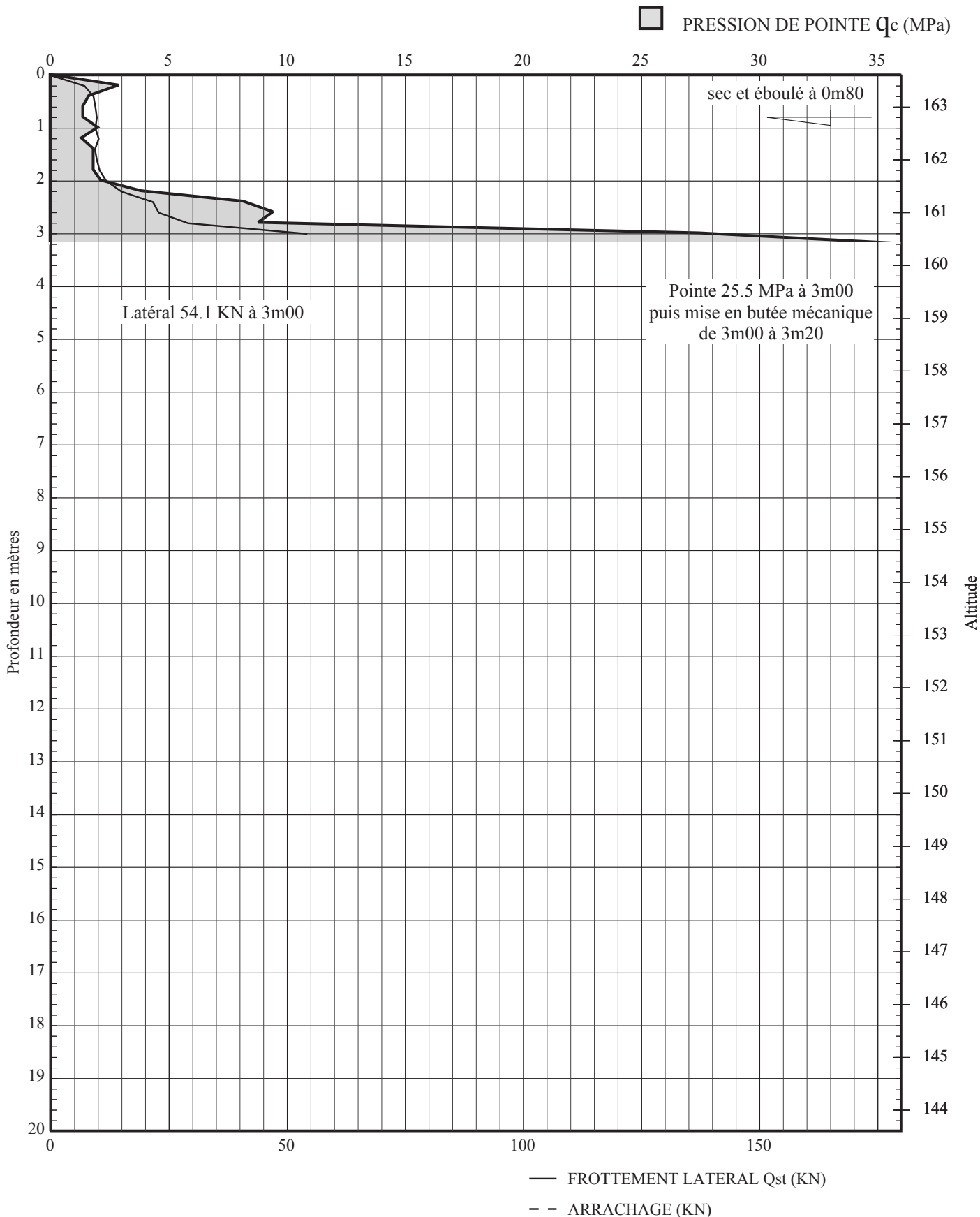
Brevet Louis Parez - Pointe 45 mm

P4

COTE DE DEPART : +163,60

DATE : 14/03/14

N° : 46951



PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS

PENETROMETRE STATIQUE

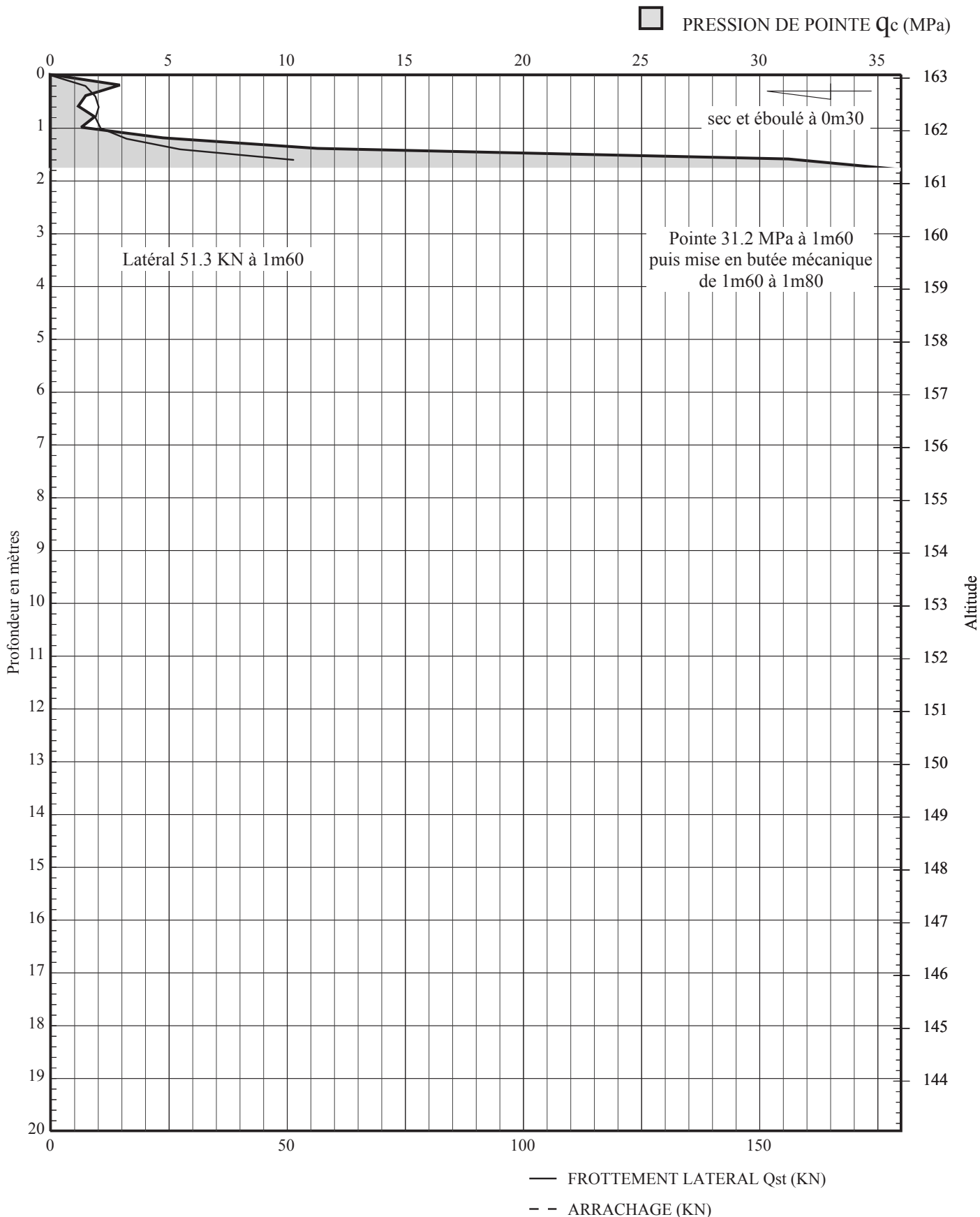
Brevet Louis Parez - Pointe 45 mm

P5

COTE DE DEPART : +163,05

DATE : 14/03/14

N° : 46951



PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS

FORAGE CAROTTE
F1 + Piézo

COTE DE DEPART : +164,50

Date : 31/03/2014

N° : 46951

COTES	PROFONDEUR	EPAISSEUR	NATURE DU TERRAIN	Récupération (%)	Symboles	OBSERVATIONS
				20 40 60 80		
+164,10	0,40	0,40	Limon végétal marron.			
+162,70	1,80	1,40	Marne argileuse beige, finement sableuse et comportant quelques cailloutis angulaires centimétriques en tête.			eau à 1m50 le 01-02-03/04/2014
		2,20	Marne beige, légèrement argileuse.	EI 1 de 2,40 à 2,80		eau à 1m70 le 07/04/2014
+160,50	4,00	0,50	Marne beige à grise à caractère gréseux.			
+160,00	4,50	1,00	Marno-calcaire à calcaire blanchâtre.	EI 2 de 4,50 à 4,90		
+156,70	7,80	2,30	Grès gris.			
+154,50	10,00	2,20	Marne gréseuse beige bariolé gris.			

Piézomètre Ø 63 à 10m00 - Crépiné de 1m00 à 10m00 avec boîtier

PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS

FORAGE CAROTTE
F2 + Piézo

COTE DE DEPART : +162,05

Date : 03-04/04/2014

N° : 46951

COTES	PROFONDEUR	EPAISSEUR	NATURE DU TERRAIN	Récupération (%)	Symboles	OBSERVATIONS
				20 40 60 80		
+160,85	1,20	1,20	Limon végétal marron.			
+159,75	2,30	1,10	Limon argileux beige.			eau à 2m30 le 04/04/2014
+158,55	3,50	1,20	Argile limoneuse beige clair à gris clair.	EI 1 de 2,70 à 3,10		eau à 3m30 le 07-08/04/2014
+158,35	3,70	0,20	Grès beige clair.			
+152,05	10,00	6,30	Marne beige, finement sableuse à caractère gréseux et légèrement bariolée de gris à partir de 9m00.	EI 1 de 2,70 à 3,10		

Piézomètre Ø 63 à 10m00 - Crépiné de 1m00 à 10m00 avec boîtier

SOL-ESSAIS

460 Avenue Jean Perrin - 13851 AIX EN PROVENCE Cedex 3

Tél. 04 42 39 74 85 - Télécopie 04 42 39 73 91 - e-mail : aix@sol-essais.fr

PLAN DE CUQUES MONTEE DES GARDANENS

FORAGE CAROTTE

F3 + Piézo

COTE DE DEPART : +168,90

Date : 09/04/2014

N° : 46951

COTES	PROFONDEUR	EPAISSEUR	NATURE DU TERRAIN	Récupération (%)	Symboles	OBSERVATIONS
				20 40 60 80		
+168,10	0,80	0,80	Limon végétal beige, légèrement argileux comportant quelques radicelles en tête.			
+167,80	1,10	0,30	Marne argileuse altérée blanchâtre et cailloutis centimétriques.			
+166,10	2,80	1,70	Marne beige marron, finement sableuse à caractère gréseux.	EI 1 de 2,40 à 2,60		
+165,30	3,60	0,80	Grès beige clair.			
+163,40	5,50	1,90	Marne gréseuse marron beige comportant un horizon gréseux de 4m80 à 5m00.	EI 2 de 3,60 à 4,00		
+158,90	10,00	4,50	Marne marron beige bariolée grise légèrement argileuse.			

Piézomètre Ø 63 à 10m00 - Crépiné de 1m00 à 10m00 avec boîtier

JC / mlwk

Fin de forage carotté à 10m00 - 10 caisses



Forage: **FP1**

N°: **46951**

Type: Destructif avec essais pressiométriques

PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS

Z: 164.4

Profondeur: 16.05 m

X:

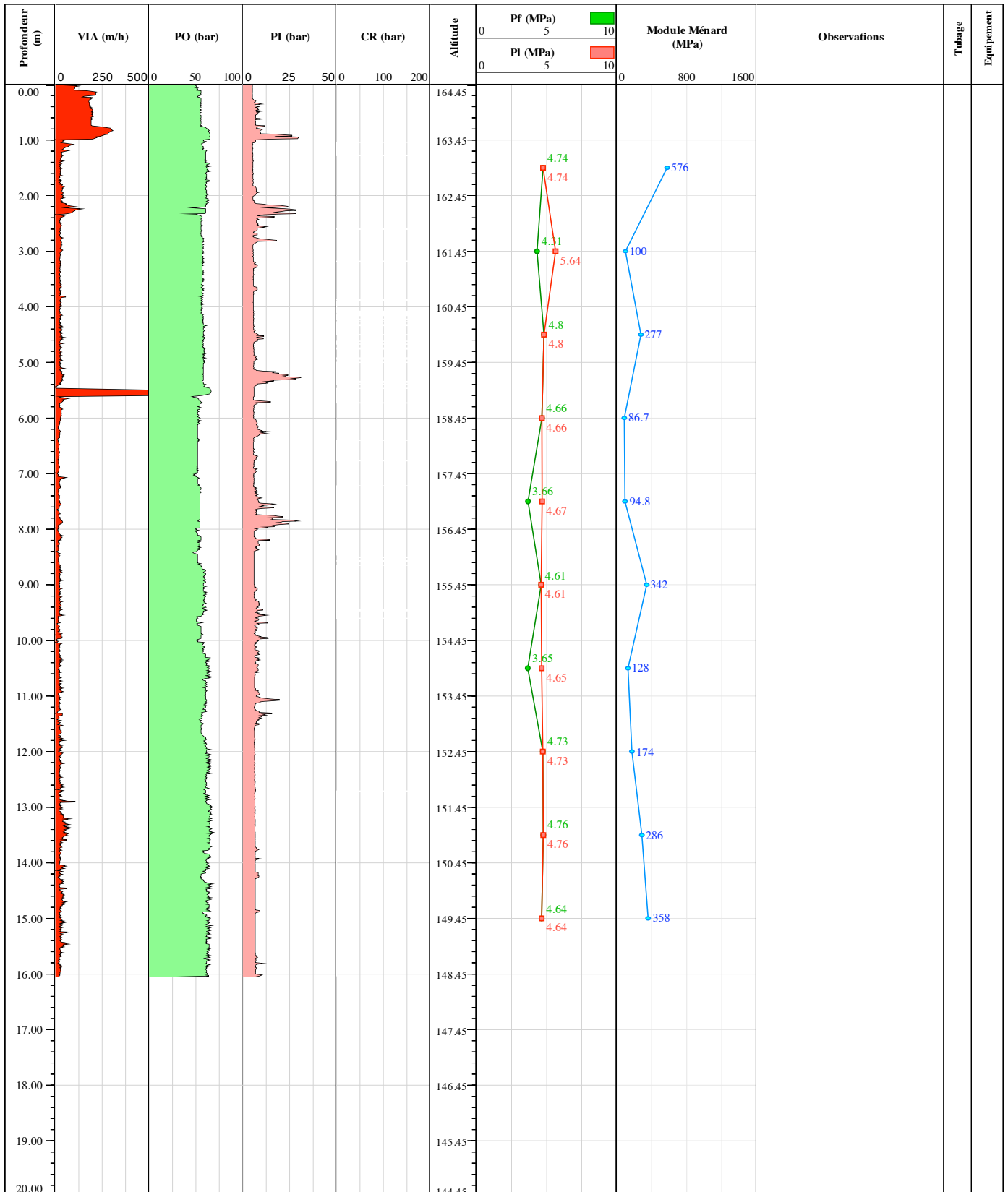
Date: 01/04/2014

Y:

Echelle: 1/100

Page: 1 / 1

Observations:





Forage: **FP2**

N°: **46951**

Type: Destructif avec essais pressiométriques

PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS

Z: 166.7

Profondeur: 16 m

X:

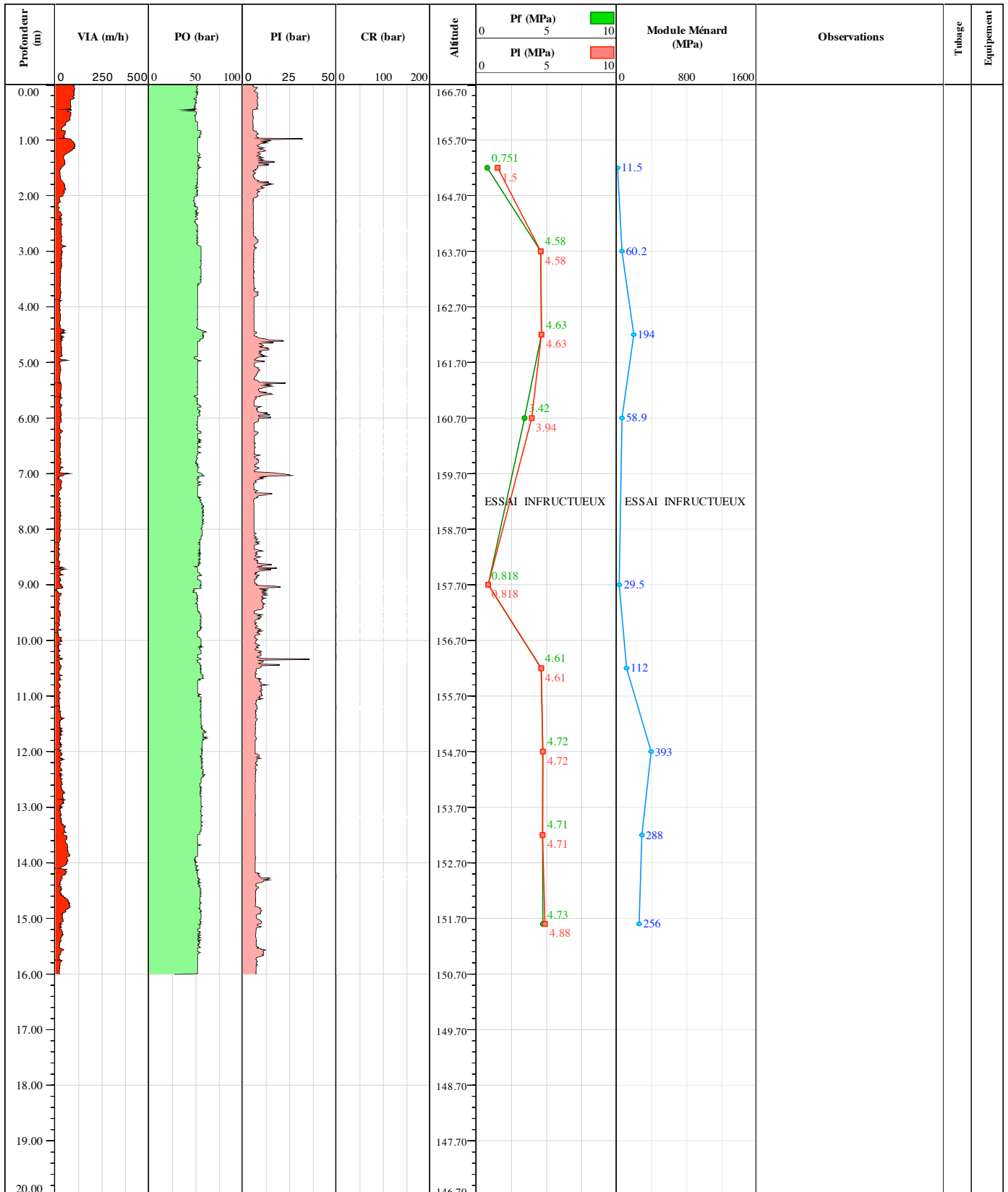
Date: 02/04/2014

Y:

Echelle: 1/100

Page: 1 / 1

Observations:





Forage: **FP3**

N°: **46951**

Type: Destructif avec essais pressiométriques

PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS

Z: 165.5

Profondeur: 15.71 m

X:

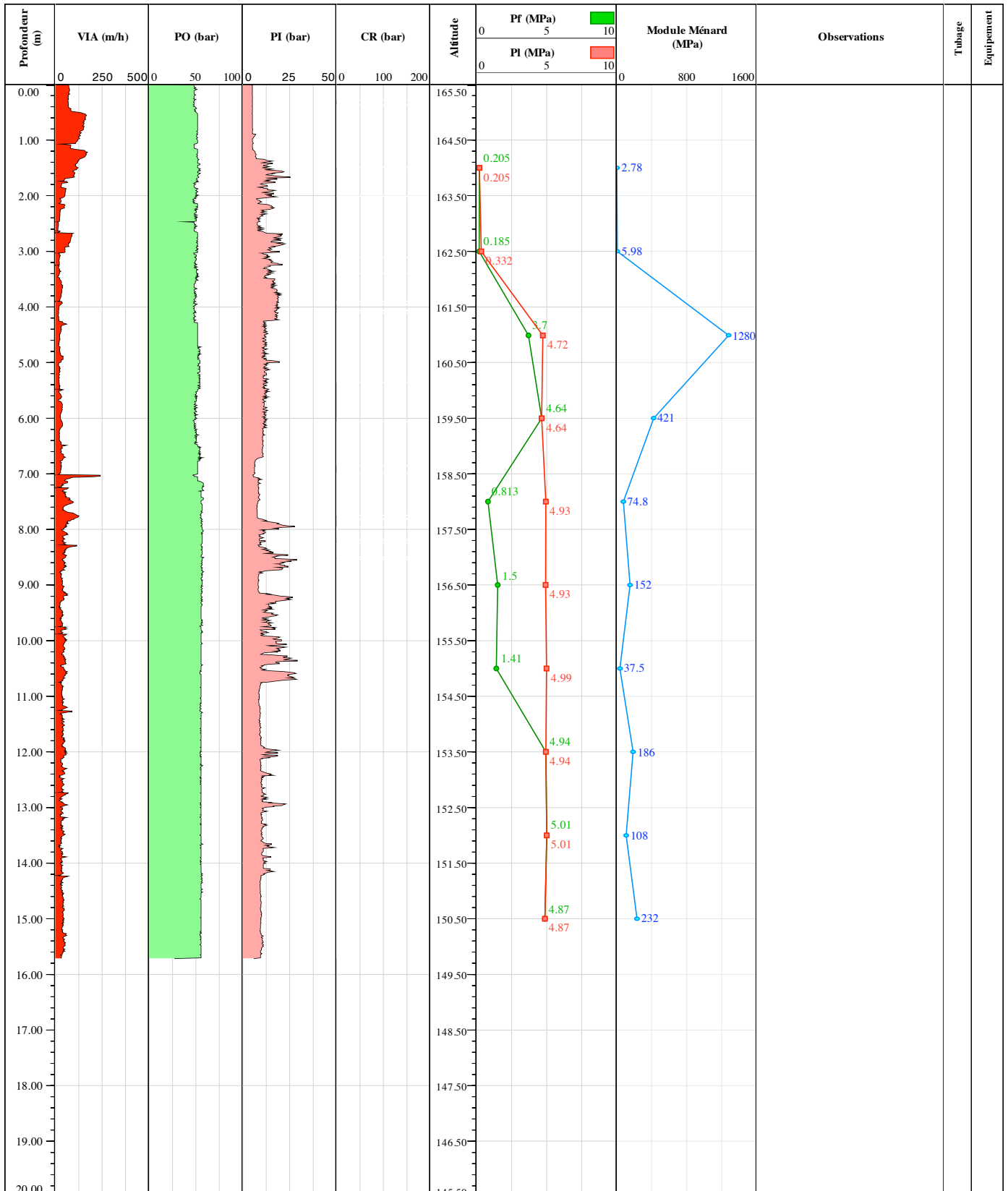
Date: 04/04/2014

Y:

Echelle: 1/100

Page: 1 / 1

Observations:





Forage: **FP4**

N°: **46951**

Type: Destructif avec essais pressiométriques

PLAN DE CUQUES
MONTEE DES GARDANENS

Z: 168.2

Profondeur: 15.74 m

X:

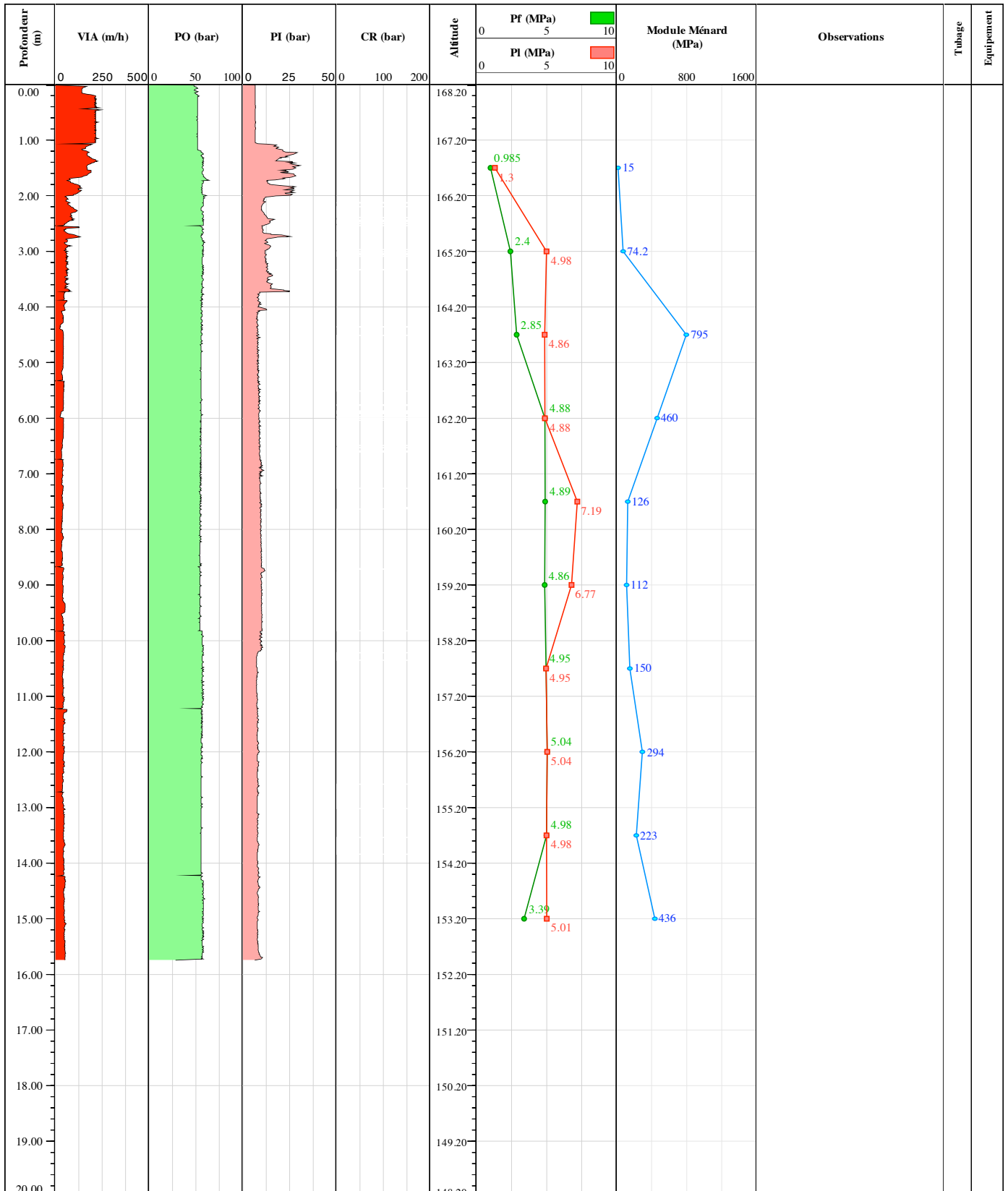
Date: 07/04/2014

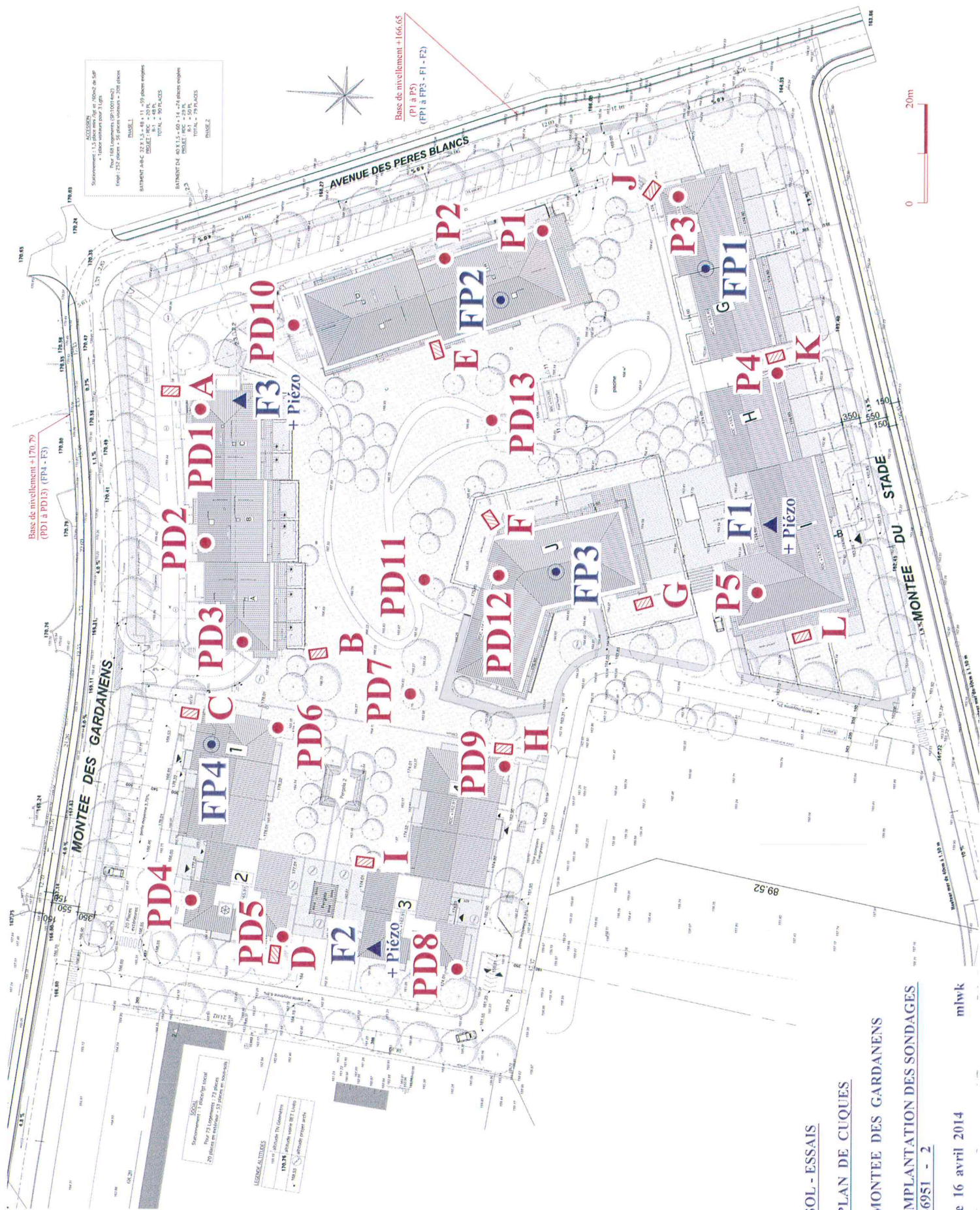
Y:

Echelle: 1/100

Page: 1 / 1

Observations:





SOL - ESSAIS

PLAN DE CUQUES

MONTEE DES GARDANENS

IMPLANTATION DES SONDAGES
46951 - 2

le 16 avril 2014

mlwk

SOL-ESSAIS

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

Tél. 04 42 39 74 85

Télécopie 04 42 39 73 91

ESSAIS DE LABORATOIRE

PLAN DE CUQUES (13)

IDENTIFICATION

MONTEE DES GARDANENS

DESSICCATION - GONFLEMENT

PHASE 1 : BATIMENTS A à E & PISCINE

SE N°: 46951

Date : 07/05/2014

[illegible]

ESSAI DE GONFLEMENT A L'ŒDOMETRE

NORME XP P 94-091

PLAN DE CUQUES (13)

MONTEE DES GARDANENS

PHASE 1 : BATIMENTS A à E & PISCINE

N° : 46951

Date : 28-30/04/2014

Sondage N° : B Prof. : 2,50 mètres

Description : Marne argilo-limoneuse grisâtre, tachetée ocre-jaune, consistante à très consistante, ± diaclasée.

CARACTERISTIQUES DES EPROUVETTES

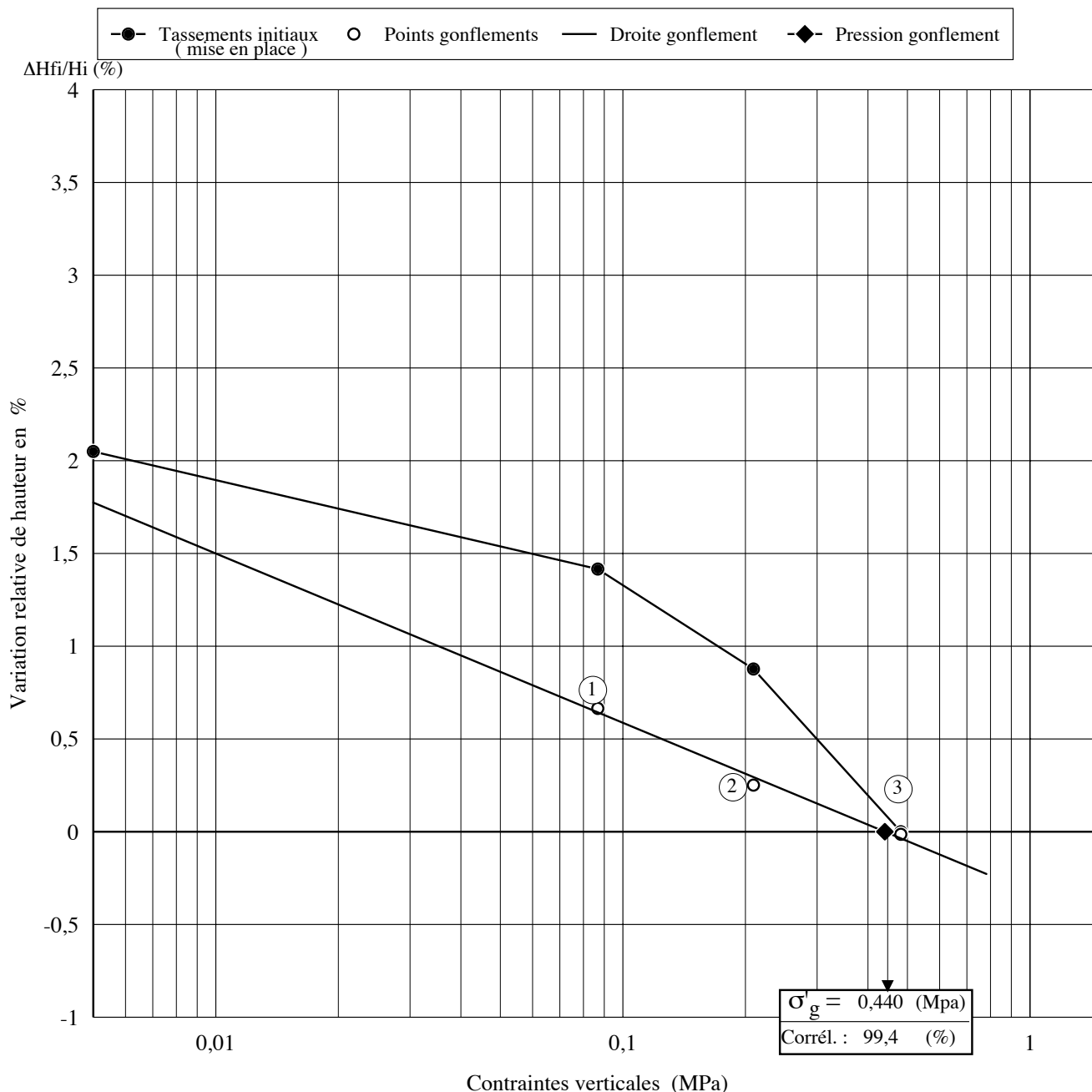
N°	INITIALES						FINALES		
	ϕ (mm)	H_0 (mm)	σ' (MPa)	W_i (%)	γ_{di}	S_{ri} (%)	W_{fi} (%)	$\gamma_{d fi}$	$S_{r fi}$ (%)
1	63,5	19,38	0,087	19,08	1,75	95,4	19,96	1,75	99,7
2	63,5	19,33	0,209	18,66	1,74	90,9	19,89	1,75	99,4
3	63,5	19,47	0,482	18,68	1,79	99,8	17,56	1,83	99,8

RESULTATS

PRESSION DE GONFLEMENT

 $\sigma'_g = 0,440$ MPa

RAPPORT DE GONFLEMENT

 $R_g = 0,91$ E-02Calculs avec $\gamma_s = 2,7$ 

ESSAI DE DESSICCATION

XP P 94-060-2

(sous $\sigma'_v = 0,002$ MPa)

PLAN DE CUQUES (13)

MONTEE DES GARDANENS

PHASE 1 : BATIMENTS A à E & PISCINE

N° : 46951

22-29/04/2014

SONDAGE : B PROFONDEUR : 2,50 m

Description :

Marne argilo-limoneuse grisâtre, tachetée ocre-jaune, consistante à très consistante, ± diaclasée.

CARACTERIS. EPROUVETTE

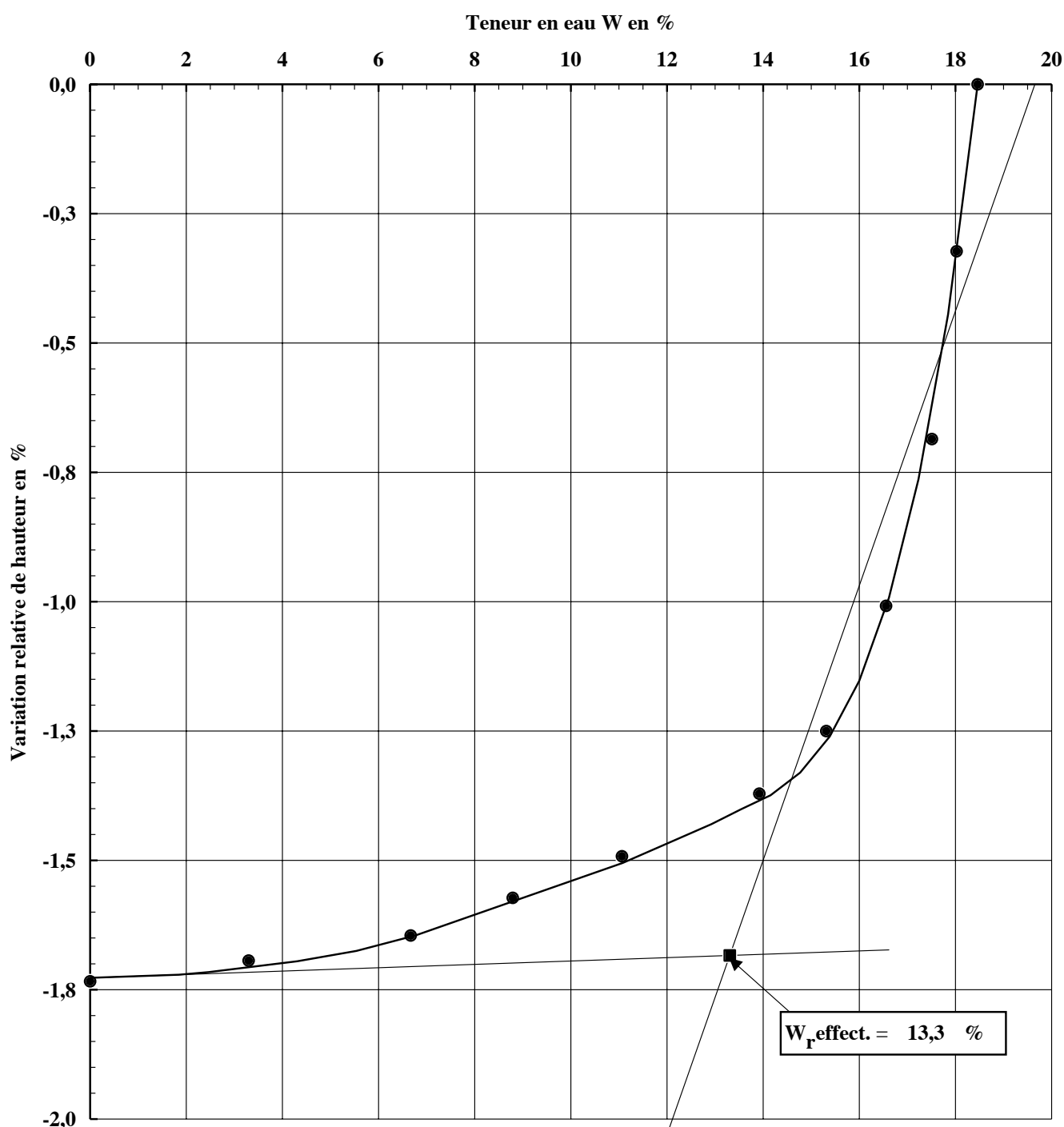
H = 24,80 mm
 ϕ = 63,50 mm
Winit. = 18,46 %
 γ_i = 2,10
 γ_{di} = 1,77
e i = 0,52
Sr i = 95,3 %
Wsat. = 19,37 %

LIMITE DE RETRAIT EFFECTIVE

Wre = 13,3 %

FACTEUR DE RETRAIT EFFECTIF

RI = 0,27



SOL-ESSAIS

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

Tél. 04 42 39 74 85

Télécopie 04 42 39 73 91

ESSAIS DE LABORATOIRE

IDENTIFICATION

DESSICCATION - GONFLEMENT

PLAN DE CUQUES (13)

MONTEE DES GARDANENS

PHASE 2 : BATIMENTS 1 à 4

SE N°: 46951

Date : 08/05/2014

[illegible]

ESSAI DE GONFLEMENT A L'ŒDOMETRE

NORME XP P 94-091

PLAN DE CUQUES (13)

MONTEE DES GARDANENS

PHASE 2 : BATIMENTS 1 à 4

N° : 46951

Date : 30/4/2014

Sondage N° : I Prof. : 1,40 mètres

Description : Argile marneuse altérée, marron et grise, consistante légèrement plastique, présence de nombreuses concrétions poudreuses blanchâtres.

CARACTERISTIQUES DES EPROUVETTES

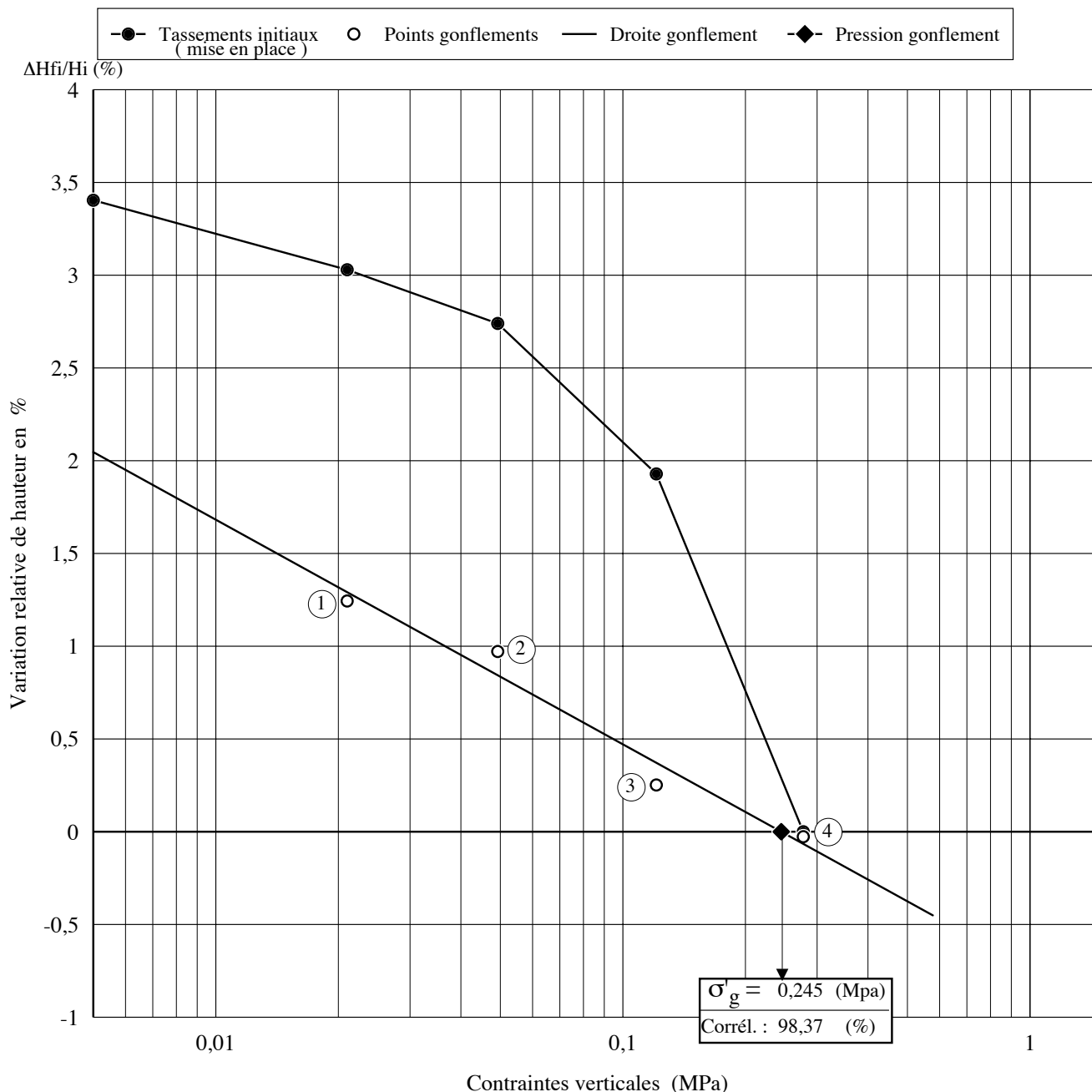
N°	INITIALES					FINALES			
	ϕ (mm)	H_0 (mm)	σ' (MPa)	W_i (%)	γ_{di}	S_{ri} (%)	W_{fi} (%)	$\gamma_{d fi}$	$S_{r fi}$ (%)
1	63,5	15,25	0,021	21,00	1,71	97,9	21,82	1,70	99,4
2	63,5	19,38	0,049	23,33	1,62	94,4	24,66	1,61	99,0
3	63,5	19,33	0,121	22,10	1,64	92,5	22,95	1,66	99,0
4	63,5	19,47	0,277	22,56	1,65	95,5	21,57	1,71	99,9

RESULTATS

PRESSION DE GONFLEMENT

 $\sigma'_g = 0,245$ MPa

RAPPORT DE GONFLEMENT

 $R_g = 1,21$ E-02Calculs avec $\gamma_s = 2,7$ 

ESSAI DE DESSICCATION

XP P 94-060-2

(sous $\sigma'_v = 0,002$ MPa)

PLAN DE CUQUES (13)

MONTEE DES GARDANENS

PHASE 2 : BATIMENTS 1 à 4

N° : 46951

22-29/04/2014

SONDAGE : I PROFONDEUR : 1,40 m

Description :

Argile marneuse altérée, marron et grise,
consistante légèrement plastique,
présence de nombreuses concrétions
poudreuses blanchâtres.

CARACTERIS. EPROUVETTE

H = 24,20 mm
 ϕ = 63,50 mm
Winit. = 22,16 %
 γ_i = 2,05
 γ_{di} = 1,68
e i = 0,61
Sr i = 98,2 %
Wsat. = 22,56 %

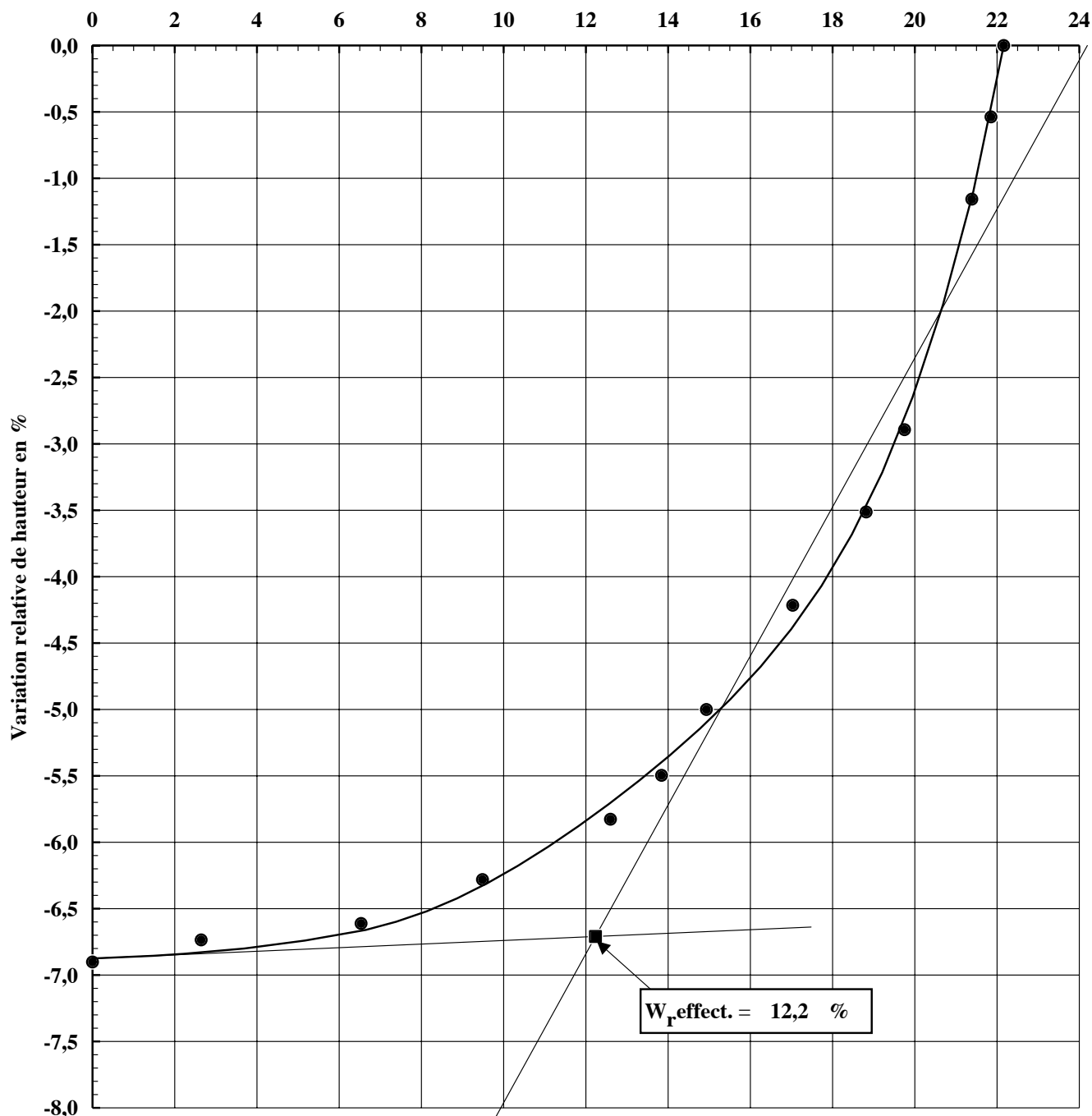
LIMITE DE RETRAIT
EFFECTIVE

Wre = 12,2 %

FACTEUR DE RETRAIT
EFFECTIF

RI = 0,56

Teneur en eau W en %



ESSAIS DE LABORATOIRE

PLAN DE CUQUES (13)

MONTEE DES GARDANENS

PHASE 3 : BATIMENTS F à K

SE N°: 46951

Date : 08/05/2014

[illegible]

ESSAI DE GONFLEMENT A L'ŒDOMETRE

NORME XP P 94-091

PLAN DE CUQUES (13)

MONTEE DES GARDANENS

PHASE 3 : BATIMENTS F à K

N°: 46951

Date : 30/04/05/2014

Sondage N° : FC 1 Prof. : 2,40 à 2,80 mètres

Description : Argile limoneuse, marneuse, marron et grise à passées ocre-jaunes, ensemble consistant, légèrement plastique.

CARACTERISTIQUES DES EPROUVETTES

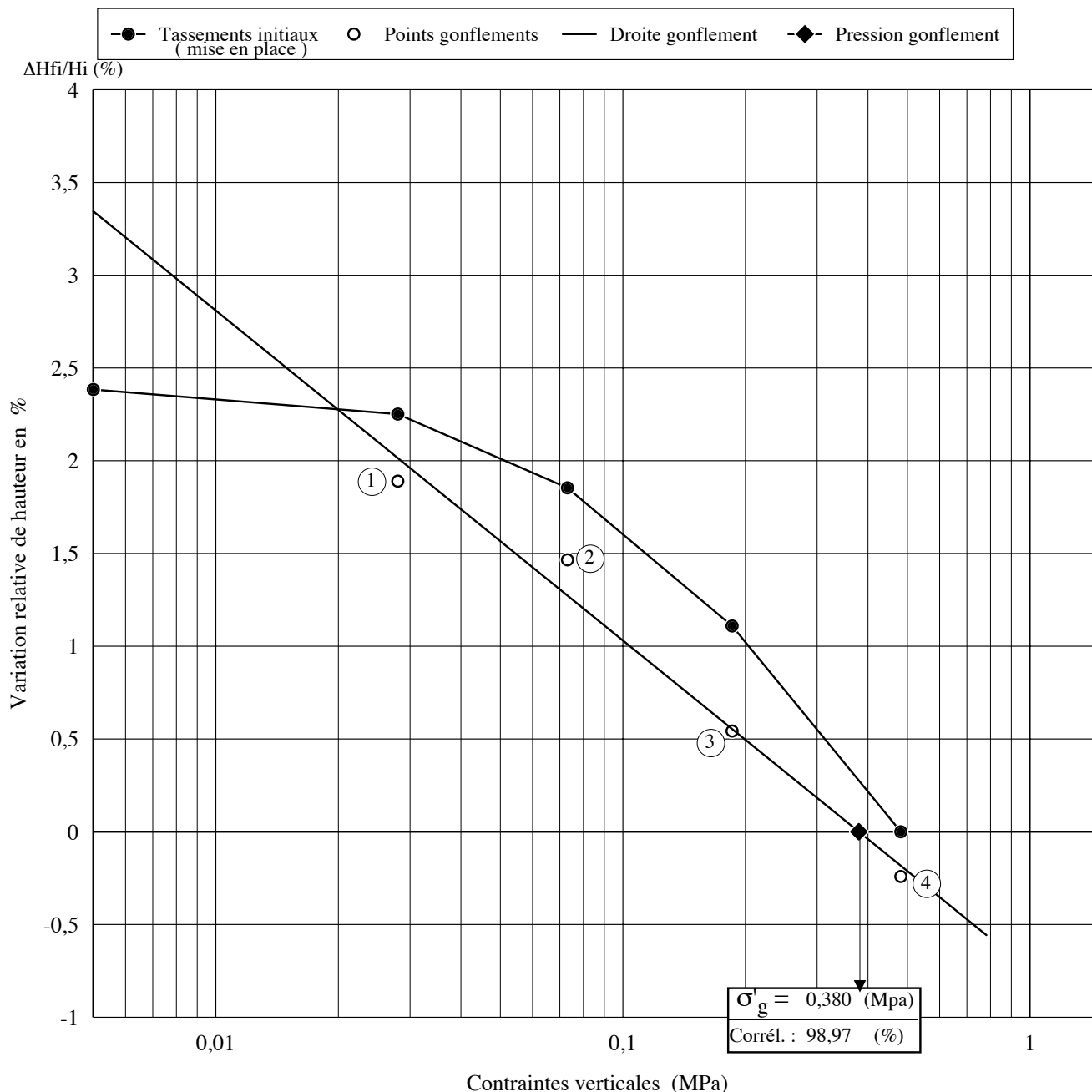
N°	ϕ (mm)	H_0 (mm)	INITIALES				FINALES		
			σ' (MPa)	Wi (%)	γ_{di}	Sri (%)	W fi (%)	$\gamma_{d fi}$	Sr fi (%)
1	63,5	15,10	0,028	17,52	1,82	97,5	18,81	1,79	99,3
2	63,5	19,34	0,073	18,19	1,81	99,5	18,79	1,79	99,9
3	63,5	19,39	0,185	22,22	1,67	97,0	22,41	1,68	99,7
4	63,5	19,50	0,482	22,36	1,67	98,1	21,18	1,72	99,6

RESULTATS

PRESSION DE GONFLEMENT

 $\sigma'_g = 0,380$ MPa

RAPPORT DE GONFLEMENT

 $R_g = 1,78$ E-02Calculs avec $\gamma_s = 2,7$ 

ESSAI DE DESSICCATION

XP P 94-060-2

(sous $\sigma'_v = 0,002$ MPa)

PLAN DE CUQUES (13)

MONTEE DES GARDANENS

PHASE 3 : BATIMENTS F à K

N° : 46951

22-29/04/2014

SONDAGE : FC 1 PROFONDEUR : 2,40 à 2,80 m

CARACTERIS. EPROUVETTE

Description :

Argile limoneuse, marneuse, marron et grise à passées ocre-jaunes, ensemble consistant, légèrement plastique.

H = 23,90 mm
 ϕ = 63,50 mm
Winit. = 19,40 %
 γ_i = 2,11
 γ_{di} = 1,77
e i = 0,53
Sr i = 99,8 %
Wsat. = 19,45 %

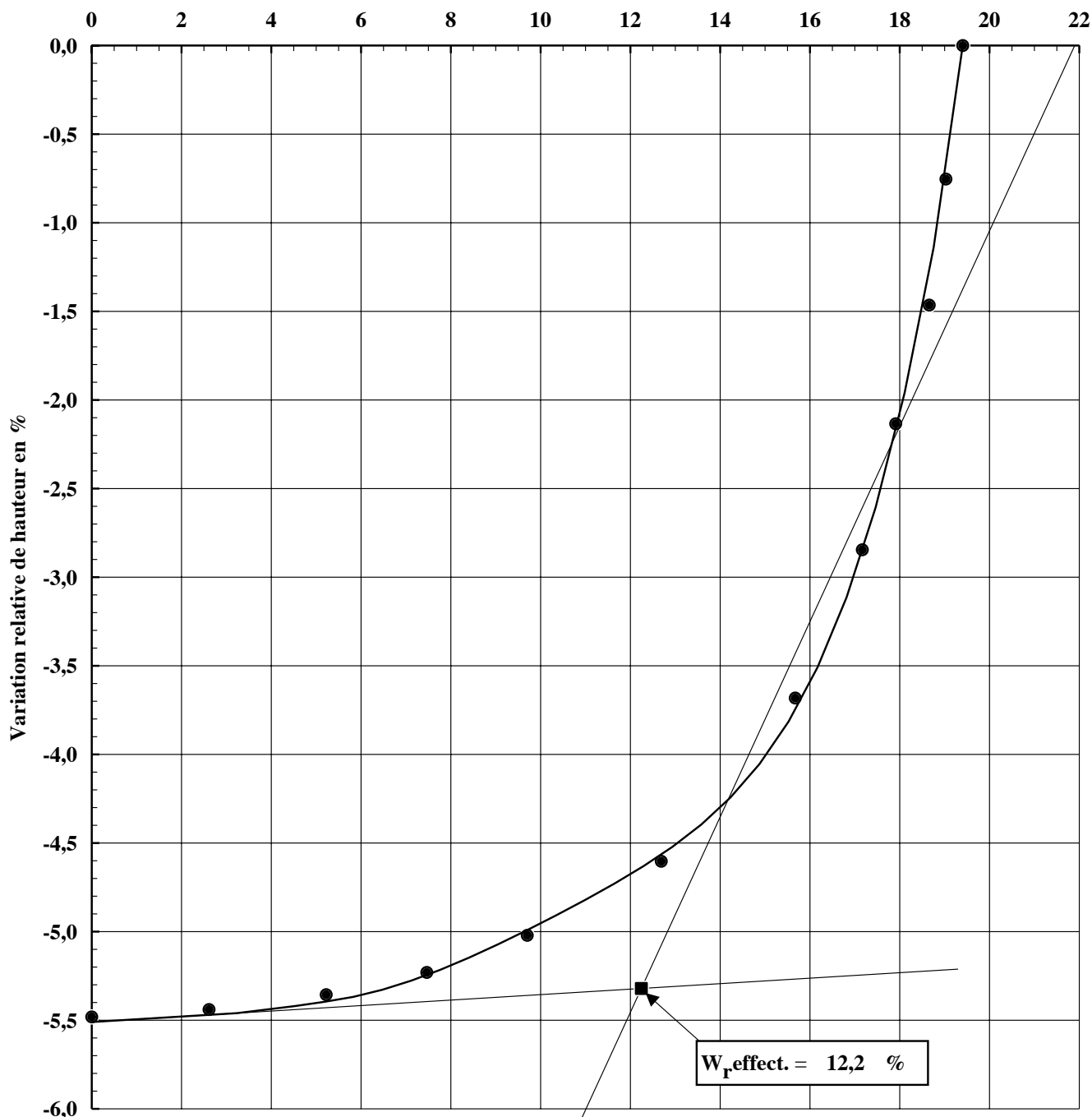
LIMITE DE RETRAIT EFFECTIVE

Wre = 12,2 %

FACTEUR DE RETRAIT EFFECTIF

RI = 0,55

Teneur en eau W en %



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

PLAN DE CUQUES (13)

Forage N° : FC 1

Carotte N° : EI 1

MONTEE DES GARDANENS

Profondeur : 2,40 à 2,80 m

SE N° : 46951

PHASE 3 : BATIMENTS F à K

DESCRIPTION : Argile limoneuse, marneuse, marron et grise à passées ocre-jaunes, ensemble consistant, légèrement plastique.

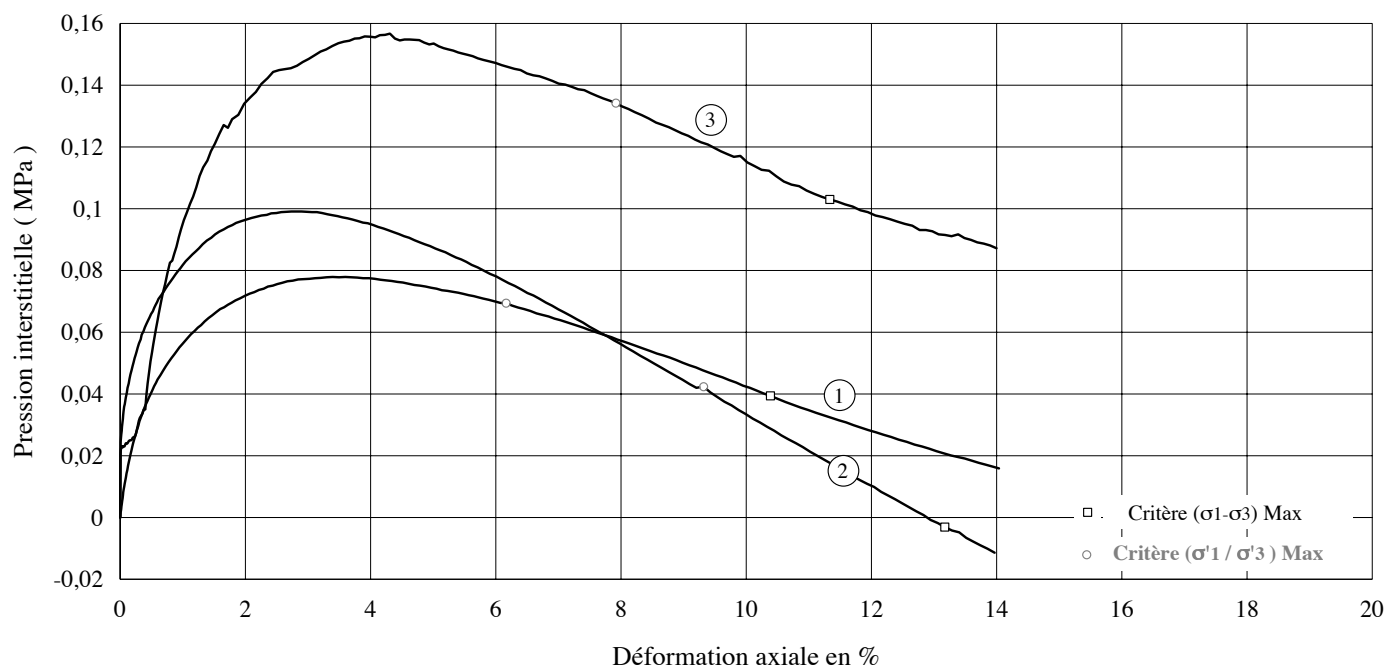
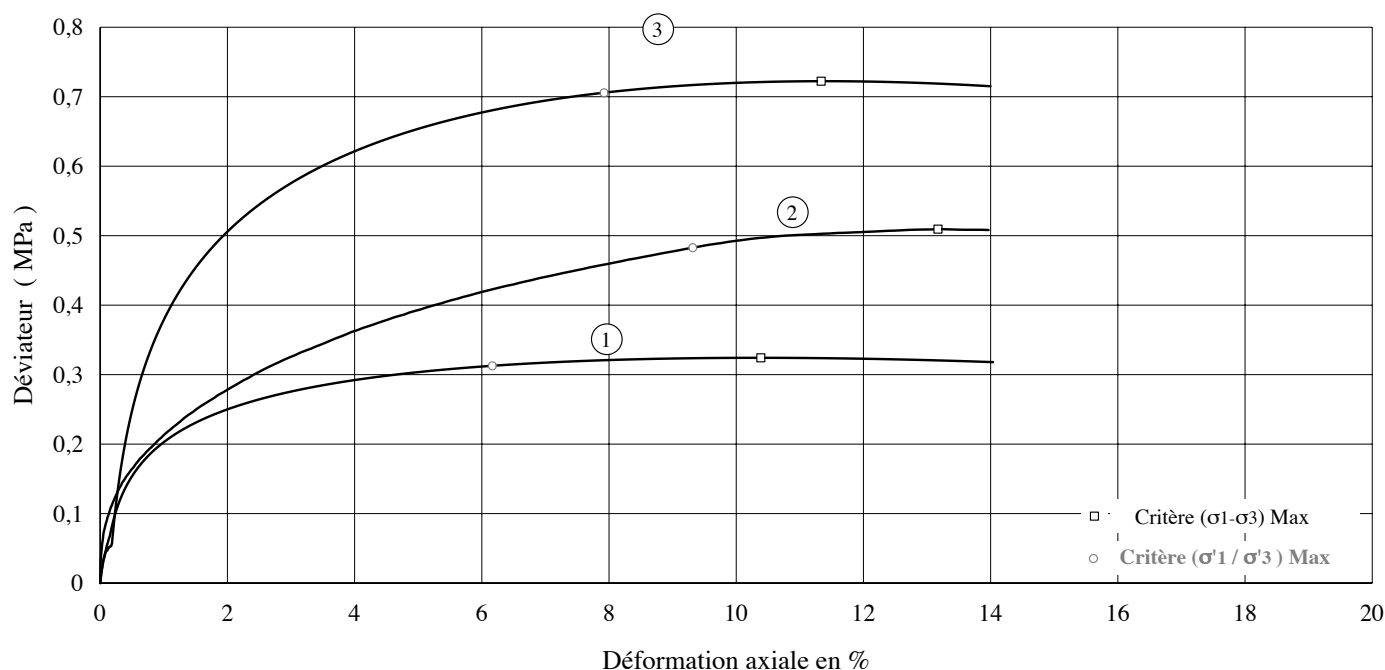
 γ_s Estimé : 2,70 γ_s Mesuré :

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

OBSERVATIONS :

Date: 29/04/2014

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	70,4	21,2	2,05	1,69	0,60	95,8	22,3	2,06	1,69	0,60	100,0
2	35,0	70,2	21,0	2,06	1,70	0,59	96,9	21,5	2,08	1,71	0,58	100,0
3	35,0	70,1	21,1	2,07	1,71	0,58	98,4	20,5	2,10	1,74	0,55	100,0
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

PLAN DE CUQUES (13)

Forage N° : FC 1

Carotte N° : EI 1

MONTEE DES GARDANENS

Profondeur : 2,40 à 2,80 m

SE N° : 46951

PHASE 3 : BATIMENTS F à K

Eprv.	CRITERE ($\sigma_1 - \sigma_3$) Max					CRITERE (σ'_1 / σ'_3) Max					Date: 29/04/2014					
	($\sigma_1 - \sigma_3$) (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	0,324	0,039	10,4	0,423	0,162	0,313	0,069	6,2	0,387	0,156	0,300	0,30	128	NON	3,70	0,020
2	0,509	-0,003	13,2	0,708	0,255	0,483	0,042	9,3	0,649	0,241	0,450	0,30	120	NON	4,00	0,020
3	0,722	0,103	11,3	0,958	0,361	0,706	0,134	7,9	0,919	0,353	0,700	0,30	140	96,7	5,50	0,020
4																
5																

