



CASSIS (13)

AVENUE DES CARRIERS

OPERATION LES BRAYES 2

RAPPORT D'ÉTUDE DE SOL Ind.A

INDICE	AFF	DATE	MISSION	SUJET DE REVISION	INGÉNIEUR	VERIF.
0	48367	11/12/2015	G2-PRO	Diffusion	V. SUMIAN / FW	JM. ALBA
A	48367	10/02/2016	G2-PRO	Ajout des essais de laboratoire et des forages pressiométriques	V. SUMIAN/FW	M. AYÇOBERRY
B						

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 Immatriculée au RCS AIX-EN-PROVENCE – APE 7112B
N° TVA INTRACOMMUNAUTAIRE : FR 76 542014261 – 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 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 MATIÈRES

<u>I – CONSISTANCE DE LA RECONNAISSANCE</u>	<u>3</u>
<u>II – RESULTATS</u>	<u>4</u>
II.1 – SONDAGES A LA PELLE MECANIQUE	4
II.2 – FORAGES PRESSIOMETRIQUES	5
II.3 – ESSAIS DE LABORATOIRE	6
II.4 – PRESENCE D’EAU	7
<u>III – CONCLUSIONS</u>	<u>7</u>
III.1 – FONDATIONS	7
III. 2 – TASSEMENTS	9
III. 3 – TERRASSEMENTS	9
III.4 – DALLAGES	10
III.5 – REGLES PARASISMIQUES	10
<u>IV – ANNEXES</u>	<u>11</u>

La Société SOGIMA a confié à la Société SOL-ESSAIS la reconnaissance de sol et l'étude destinées à orienter le choix des principes généraux de fondations d'un projet immobilier, dont l'édification est prévue sur un terrain situé entre l'avenue des Carriers, l'avenue de Verdun et l'avenue Jean-Jacques Vernazza, dans le prolongement de l'actuelle allée Louis Borillo à CASSIS (13).

I – CONSISTANCE DE LA RECONNAISSANCE

Notre intervention avait été basée en toute première approche sur la réalisation de :

- 6 sondages à la pelle mécanique destinés à apprécier la nature et le degré d'hétérogénéité des terrains proches de la surface, ainsi que les conditions dans lesquelles s'y effectuent les terrassements.

Ces sondages ont également permis de prélever des échantillons pour analyses en laboratoire.

Cette intervention, qui a donné lieu à un tout premier document de travail en date du 11 décembre 2015, a été complétée par la réalisation de :

- 3 forages pressiométriques avec enregistrement numérique des paramètres de foration et réalisation d'essais pressiométriques tous les 1,50 m,
- une série d'essais de laboratoire portant sur les échantillons issus des sondages à la pelle mécanique A et E, comportant outre les essais d'identification classiques, les diverses analyses permettant la classification GTR SETRA des matériaux prélevés.

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

A

II – RÉSULTATS

On trouvera en annexe :

A

- les coupes des sondages à la pelle mécanique 48367 A à F,
- les graphiques d'enregistrement des forages pressiométriques 48367 FP1 et FP3,
- les divers graphiques traduisant les résultats des essais de laboratoire,
- un plan d'implantation des sondages 48367-2 sur fond de plan de masse.

Les annexes susvisées sont indissociables du présent rapport.

Les essais ont été nivelés, et leurs cotes de départ rattachées au système de nivellement du plan de géomètre qui nous a été communiqué.

D'un point de vue géologique et géotechnique très général, le terrain concerné par le projet est situé dans un secteur de CASSIS où prédomine un substratum urgonien constitué de calcaire de très forte rigidité présentant un degré de fracturation très variable.

Ces formations du substratum sont visibles sous forme de nombreux affleurements et ont fait l'objet par le passé d'exploitation en carrière, d'où le nom de l'avenue toute proche.

Les formations du substratum se trouvent par conséquent surmontées d'épaisseurs variables de matériaux colluvionnaires et d'altération, ainsi que par d'éventuels remblais consécutifs aux diverses phases d'aménagement du site et parfois du comblement d'anciens fonds de carrière.

A

Cette configuration a bien été vérifiée par les sondages qui ont pu être réalisés sur le terrain et en laboratoire.

II.1 – Sondages à la pelle mécanique

Les sondages à la pelle mécanique ont révélé la présence de couches de terrains de couverture constitués le plus souvent de cailloutis calcaires dans une matrice limono-argileuse, limono-sableuse avec proportion variable de racines et radicelles, correspondant à une couche de terre végétale jusqu'aux profondeurs suivantes :

- 0,70 m en A,
- 0,60 m en B,
- 0,20 m en C,
- 0,50 m en D,
- 0,30 m en E,
- 0,40 m en F.

Les sondages ont ensuite permis de reconnaître les premières formations du substratum calcaireux en place de très forte rigidité mais présentant des degrés de fracturation variables avec souvent remplissages argileux dans les fractures ouvertes.

La forte compacité de ces horizons a provoqué des refus de la pelle mécanique aux profondeurs suivantes :

- 0,70 m en A,
- 0,60 m en B,
- 0,20 m en C,
- 0,50 m en D,
- 0,70 m en E,
- 0,40 m en F.

II.2 – Forages pressiométriques

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

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

- **La vitesse instantanée d'avancement**, graduée de 0 à 300 m/h ; ce paramètre traduit la compacité et la cohésion des matériaux ; il permet également de déceler d'éventuels vides ou zones de frottement décomprimées ;
- **La pression du fluide d'injection**, graduée de 0 à 100 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 50 bars, elle permet une analyse plus fine de la vitesse d'avancement ;
- **La couple de rotation (CR)**, gradué de 0 à 100 bars ; il est également en relation avec la cohésion du matériau.

A

A

➤ **La pression de fluage et pression limite**, graduées de 0 à 10 MPa.

➤ **Le module pressiométrique** graduée de 0 à 3000 MPa.

L'examen des graphiques de forages pressiométriques montre la présence de matériaux de couverture, caractérisés par des vitesses de l'ordre de 75 m/h à 150 m/h jusqu'aux profondeurs suivantes :

- 0,30 m en FP1,
- 1,30 m en FP2,
- 0,90 m en FP3.

Au-delà, les vitesses d'avancement sont beaucoup plus faibles de l'ordre de 15 m/h, caractéristiques d'horizons de très forte compacité, correspondant ici très vraisemblablement aux premières formations du substratum calcaireux ayant provoqué des refus de pénétration de la pelle mécanique.

Ces horizons ont été traversés sans relever d'anomalie particulière jusqu'à 7,00 m de profondeur, à l'exception du forage FP1 où l'on observe entre 6,10 m et 7,80 m une vitesse variable et relativement élevée, pouvant correspondre à un passage fortement fracturé ou un remplissage argileux.

Les essais pressiométriques réalisés ont permis de mesurer les valeurs de pression limite élevées de l'ordre de 4,5 MPa, et des modules pressiométriques compris entre 500 MPa et 2240 MPa.

II.3 – Essais de laboratoire

A

Les essais de laboratoire ont été pratiqués, d'une part sur un horizon à dominante limono-argileuse plus ou moins graveleux prélevé entre 0,00 m et 0,50 m de profondeur en A, et d'autre part un matériau beaucoup plus graveleux prélevé entre 0,00 m et 0,20 m de profondeur au droit du sondage E.

Les diverses analyses pratiquées sur ces horizons conduisent à des résultats différents en terme de teneur en eau, de valeur au bleu et de courbe granulométrique, ce qui a pour effet de classer le premier échantillon provenant du sondage A dans la catégorie A₂₅ et l'autre provenant du sondage E, dans la catégorie B₃.

A

Le premier échantillon est difficilement réutilisable en couches de forme ou en remblais, tandis que le second est beaucoup plus facile à réemployer sous réserve d'un concassage pour en réduire la granulométrie d'ensemble.

II.4 – Présence d'eau

Lors de la réalisation des sondages, aucune venue d'eau particulière n'a été mise en évidence.

Dans ce type de terrains, des circulations d'eau peuvent s'effectuer au sein des terrains de couverture ou au sein des fractures parfois ouvertes du substratum lui-même.

Compte tenu de la situation topographique du site, ces circulations d'eau sont généralement, très directement liées à la pluviométrie.

III – CONCLUSIONS

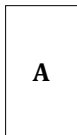
Le projet prévoit la construction de maisons d'habitation en R0 et R+1 sans sous-sol, ainsi qu'un petit collectif en R+2, également sans sous-sol.

Les sondages qui ont pu être réalisés en toute première approche ont permis de vérifier la présence d'horizons de très forte compacité rattachés au substratum, recouverts par de très faibles épaisseurs de terrains de couverture.

III.1 – Fondations

Dans ces conditions, on pourra s'orienter vers un système de fondations strictement superficielles de type semelles filantes en dimensionnant ces semelles avec une contrainte admissible inférieure ou égale à 5 bars à l'ELS, mobilisée au prix d'un encastrement variable compris entre 0,10 m et 0,50 m en fonction du degré de fracturation des horizons calcaires du substratum.

Les niveaux d'assise se situeront dans tous les cas au-delà des profondeurs suivantes par rapport au niveau du terrain pré-existant :



- 0,90 m en A,
- 0,70 m en B,
- 0,30 m en C,
- 0,60 m en D,
- 0,70 m en E,
- 0,50 m en F,
- 0,45 m en FP1,
- 1,40 m en FP2,
- 1,00 m en FP3.

Lors de la réalisation des travaux, on portera attention à toute variation de faciès ou anomalie pouvant justifier des adaptations particulières.

Dans cet esprit, il conviendra notamment de prévoir la purge systématique de toutes surépaisseurs de poches argileuses d'altération, de terrains de couverture ou anciens remblais qui pourraient subsister sous l'emprise des fondations.

Entre les bases de fondations voisines établies à des cotes différentes, on respectera une pente au plus égale à 1/1 en l'absence de fracture orientée défavorablement.

Dans le cas contraire, cette pente sera portée à 3/2 (3 à l'horizontale).

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

Si le respect de cette disposition devait conduire à des terrassements pénibles au sein de matériaux rocheux, on pourra s'orienter vers la réalisation d'ancrage constitué de percés dans des forages réalisés à l'avance et la mise en place de coulis, de manière à fréter les couches d'assise à caractère rocheux.

Ces inclusions devront être descendues sous la ligne de stabilité citée précédemment.

A

III. 2 – Tassements

L'évaluation précise des tassements aurait normalement nécessité que nous soient communiquées les descentes de charge exactes.

Toutefois, compte tenu des faibles charges d'ensemble apportées par le projet et de la très forte rigidité des sols d'assise à caractère rocheux, on peut considérer ici que les tassements seront négligeables, de l'ordre du millimètre.

III. 3 – Terrassements

Le projet ne devrait pas comporter de terrassements de déblais ou de remblais de grande amplitude.

On notera toutefois qu'au-delà des refus de pénétration de la pelle mécanique, il conviendra de prévoir l'emploi de moyens lourds de déroctage de type BRH ou micro-minage, dont il conviendra de vérifier, au préalable, la compatibilité avec l'environnement du chantier.

Nous attirons l'attention des entreprises sur les risques de désorganisation des fonds de fouille et des fronts de taille liés à l'emploi de ce type de matériel pouvant nécessiter la mise en œuvre ultérieure de surconsommation de gros béton d'adaptation.

En phase définitive, les efforts de poussée éventuels seront repris par les éléments d'infrastructure des bâtiments formant soutènement ou dans des ouvrages appropriés.

Si le projet devait comporter la mise en place de remblais épais, la mise en œuvre de ces derniers par simple déversement sera proscrite au profit d'une mise en place par couches minces horizontales successives de matériaux de classe D, insensibles à l'eau sur des plateformes préalablement décapées, aménagées en redent et drainées.

III.4 – Dallages

Malgré la compacité d'ensemble des terrains du site, l'on traitera les dallages comme des planchers portés, tout du moins pour les parties habitables.

En ce qui concerne les terrasses et les garages, l'on pourra tenir compte pour les matériaux calcaires en place, d'un module de déformation E_s élevé de l'ordre de 150 MPa.

III.5 – Règles parasismiques

Nous rappelons que la commune de CASSIS se situe dans une zone de sismicité 2, selon la réglementation actuelle.

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

AIX EN PROVENCE
Le 10 FEVRIER 2016



V. SUMIAN

IV – ANNEXES

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

SONDAGES A LA PELLE MECANIQUE

SONDAGES PRESSIOMETRIQUES

ESSAIS DE LABORATOIRE

SOL-ESSAIS

CASSIS

AVENUE DES CARRIERS

OPERATIONS LES BRAYES 2

AFF. 48367

10 DECEMBRE 2015

FOUILLE A :

0,00 m à 0,70 m

Blocs calcaires blancs rigides décimétriques dans une matrice limono-argileuse marron avec de nombreuses racines et radicelles.

Refus à 0,70 m sur calcaire blanc rigide mais fracturé, avec remplissage argileux.

FOUILLE B :

0,00 m à 0,60 m

Blocs calcaires fracturés dans une matrice limoneuse marron avec racines et radicelles.

Refus à 0,60 m sur calcaire blanc rigide mais fracturé.

FOUILLE C :

0,00 m à 0,20 m

Terre végétale limono-sableuse plus ou moins argileuse marron avec cailloutis, blocs calcaires, racines et radicelles.

Refus à 0,20 m sur calcaire blanc rigide.

FOUILLE D :

0,00 m à 0,50 m

Blocs calcaires blancs rigides décimétriques dans une matrice limono-argileuse marron avec de nombreuses racines et radicelles.

Refus entre 0,30 m et 0,50 m sur calcaire blanc rigide mais fracturé avec remplissage argileux.

FOUILLE E :

0,00 m à 0,30 m

Cailloutis calcaires centimétriques à pluridécimétriques dans une matrice de terre végétale sablo-limoneuse marron avec de nombreuses racines et radicelles.

0,30 m à 0,70 m

Calcaire blanc rigide plus ou moins fracturé provoquant le refus à 0,70 m.

FOUILLE F :

0,00 m à 0,40 m

Cailloutis centimétriques à décimétriques dans une matrice de terre végétale sablo-limoneuse, nombreuses racines et radicelles.

Refus à 0,40 m.

✧ ✧ ✧ ✧ ✧ ✧



Forage: **FP1**

N°: **48367**

Type: Destructif avec essais pressiométriques

CASSIS
AVENUE DES CARRIERS
AVENUE JEAN-JACQUES VERNAZZA

Z: 86.45

X:

Y:

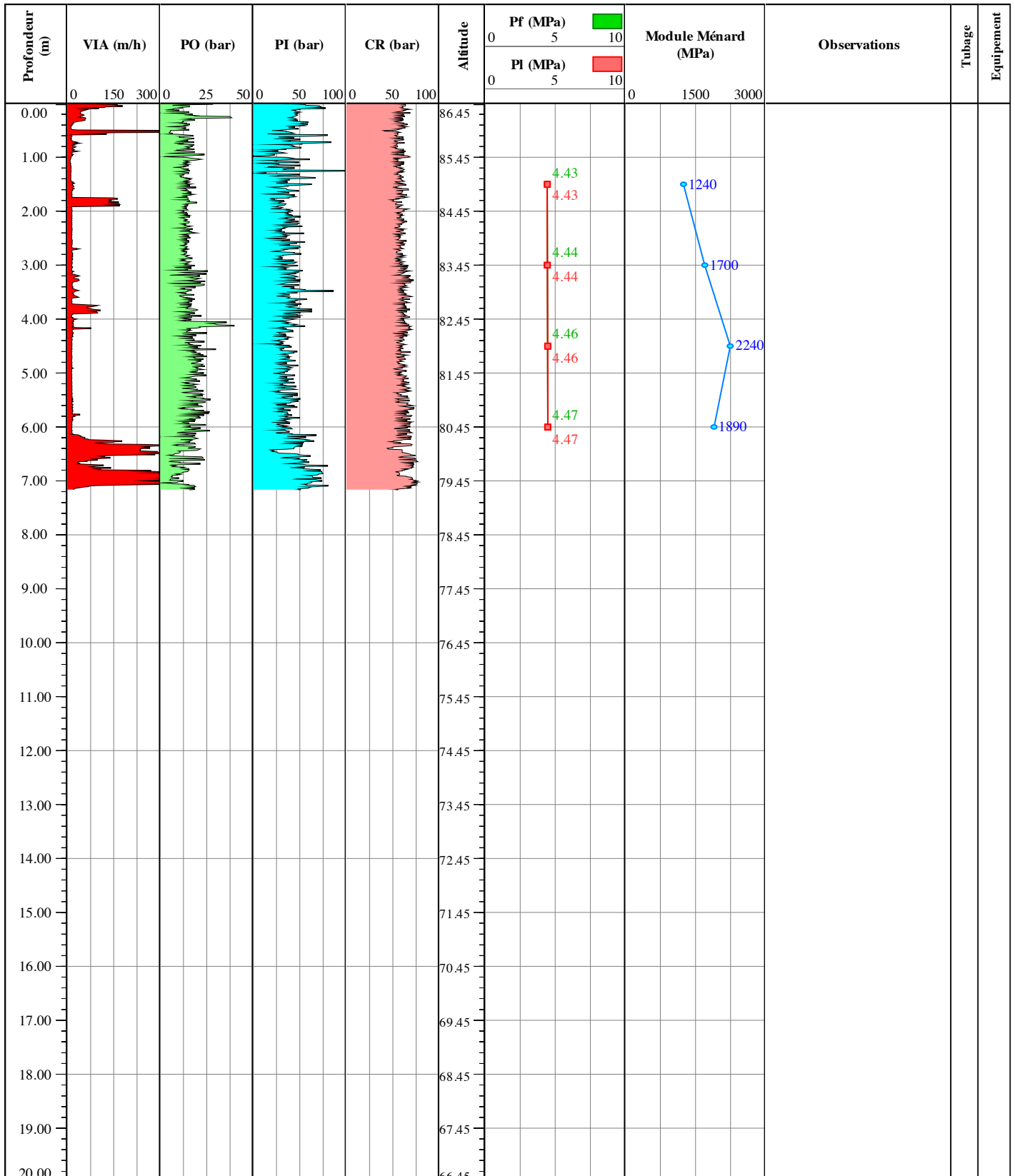
Profondeur: 7.16 m

Date: 08/02/2016

Echelle: 1/100

Page: 1 / 1

Observations:



Forage: **FP2**N°: **48367**

Type: Destructif avec essais pressiométriques

CASSIS
AVENUE DES CARRIERS
AVENUE JEAN-JACQUES VERNAZZA

Z: 78.75

X:

Y:

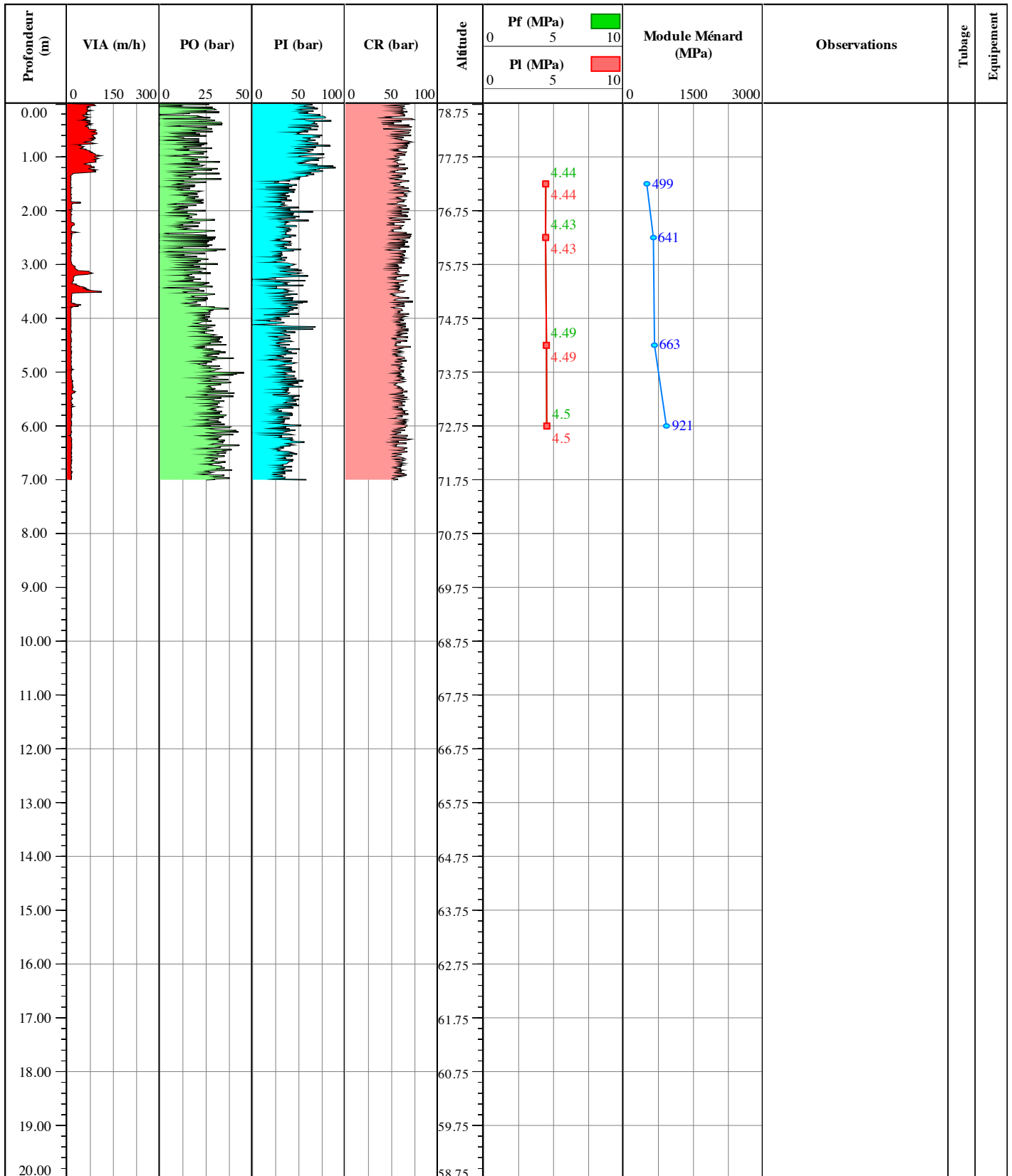
Profondeur: 7 m

Date: 09/02/2016

Echelle: 1/100

Page: 1 / 1

Observations:



Forage: **FP3**N°: **48367**

Type: Destructif avec essais pressiométriques

CASSIS
AVENUE DES CARRIERS
AVENUE JEAN-JACQUES VERNAZZA

Z: 78.35

X:

Y:

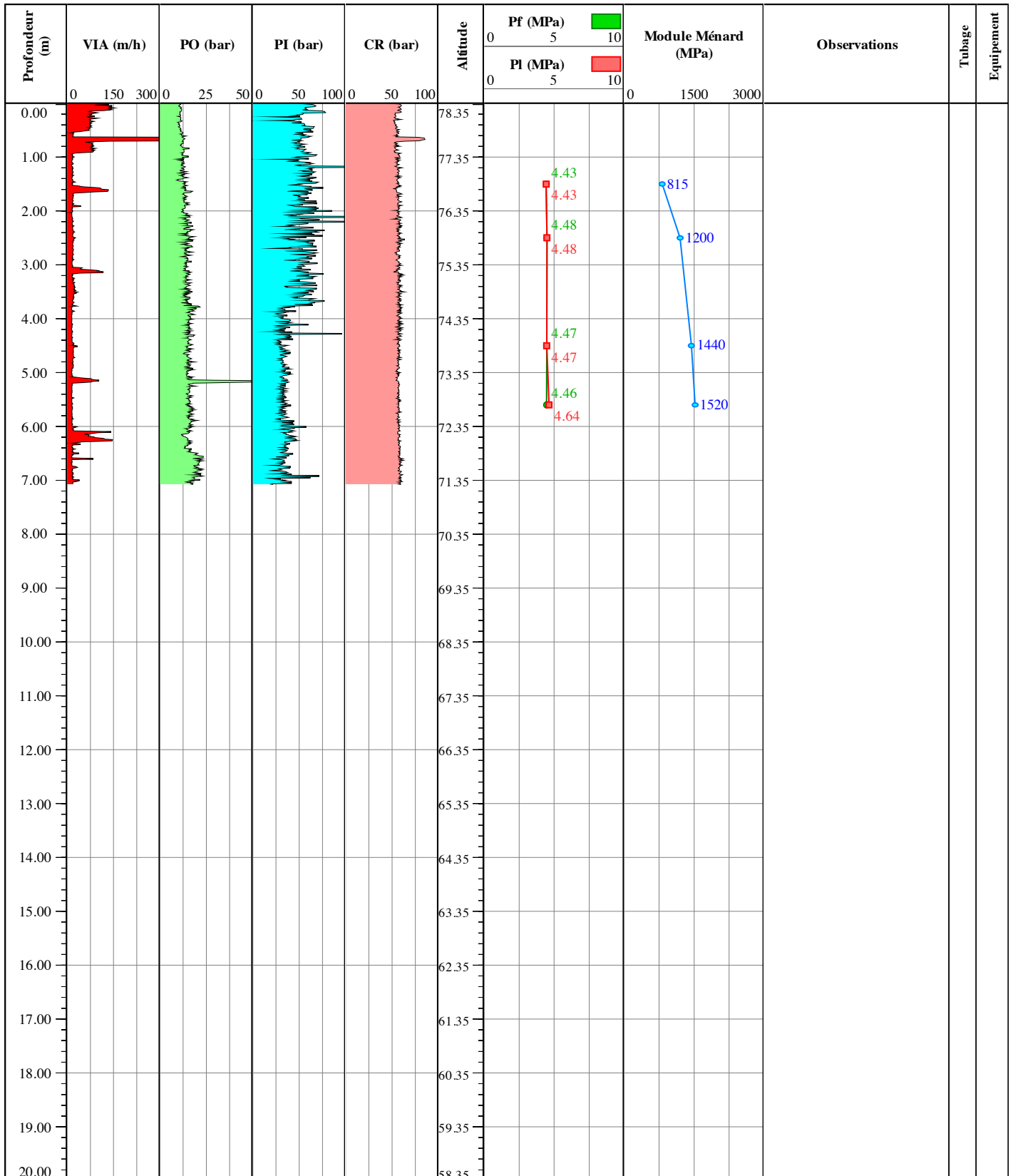
Profondeur: 7.07 m

Date: 09/02/2016

Echelle: 1/100

Page: 1 / 1

Observations:



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

(NF P 94-056 - 94-057)

**AVENUE DES CARRIERS /
AVENUE J.J VERNAZZA**

14-18/12/2015

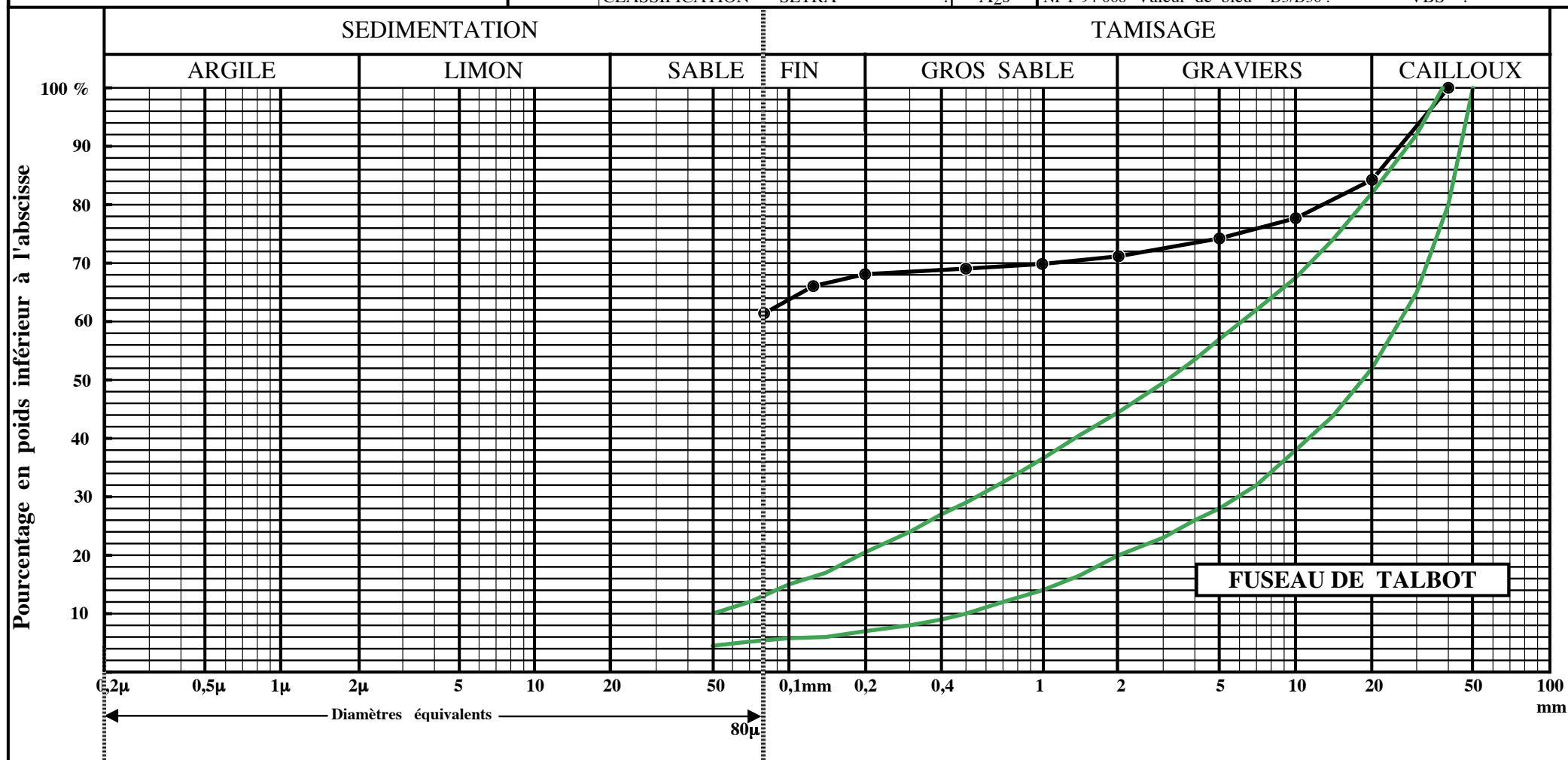
SONDAGE: A Profondeur: 0,00 à 0,50 m

DESCRIPTION

Limon argileux marron-rougeâtre, très carbonaté, ensemble ± végétal, gravelo-caillouteux.

NF P 94-050	Teneur en eau initiale	W % :	18,2
NF P 94-053	Masse volumique humide	γ :	
	Masse volumique sèche	γ_d :	
NF P 94-054	Masse volumique particules solides	γ_s :	
	Indice des vides	e :	
	Degré de saturation	Sr % :	
	CLASSIFICATION " SETRA "	:	A2s

LIMITES D' ATTERBERG :			
NF P 94-051	Limite de liquidité	Wl % :	48,0
	Limite de plasticité	Wp % :	24,0
NFP 94-060-1	Limite de retrait	Wr % :	
	Indice de plasticité	Ip :	24,0
	Indice de consistance	Ic :	1,24
NF P 94-068	Valeur de bleu D5/D50 :	VBS :	



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

**ANALYSE
GRANULOMETRIQUE
(NF P 94-056 - 94-057)**

CASSIS (13)

AVENUE DES CARRIERS /
AVENUE J.J VERNAZZA

N°: 48367

14-18/12/2015

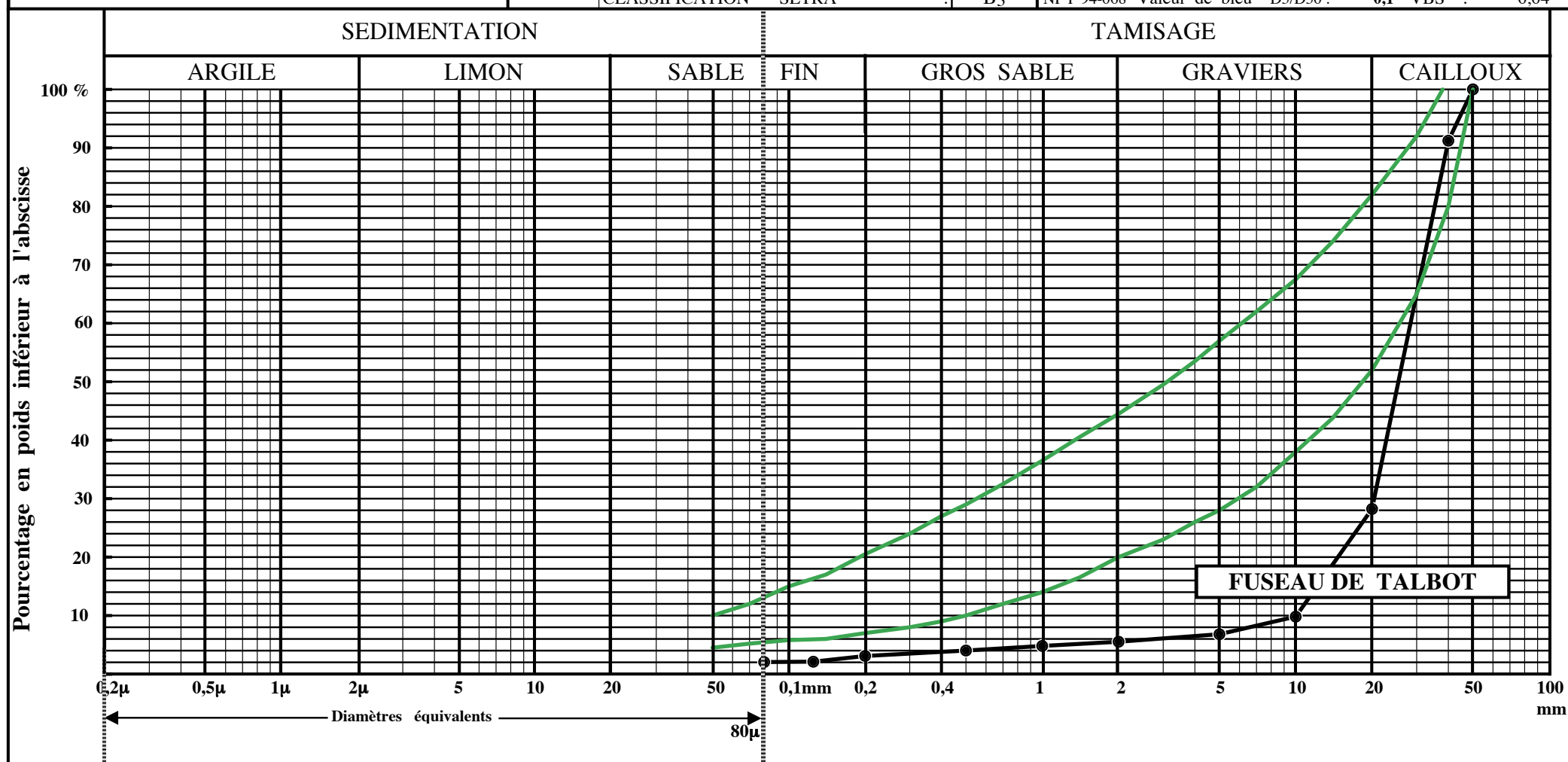
SONDAGE: E Profondeur: 0,00 à 0,20 m

DESCRIPTION

Cailloutis anguleux biege-blanchâtres, et passages peu limoneux bruns, ensemble sans cohésion.

NF P 94-050	Teneur en eau initiale	W % :	3,0
NF P 94-053	Masse volumique humide	γ :	
	Masse volumique sèche	γ_d :	
NF P 94-054	Masse volumique particules solides	γ_s :	
	Indice des vides	e :	
	Degré de saturation	Sr % :	
	CLASSIFICATION " SETRA "	:	B3

LIMITES D' ATTERBERG :				
NF P 94-051	Limite de liquidité	Wl % :		
	Limite de plasticité	Wp % :		
NFP 94-060-1	Limite de retrait	Wr % :		
	Indice de plasticité	Ip :		
	Indice de consistance	Ic :		
NF P 94-068	Valeur de bleu D5/D50 :	0.1	VBS :	0.04



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

CASSIS (13)

AVENUE DES CARRIERS /

AVENUE J.J VERNAZZA

SE N°: 48367

Date : 11/01/2016

SONDAGES

IDENTIFICATION

[illegible]

SOL - ESSAIS

CASSIS
AVENUE DES CARRIERS
AVENUE JEAN-JACQUES VERNAZZA

IMPLANTATION DES SONDAGES
N° : 48367 - 1

Le 11 Février 2016 - FR

