



HYDROGÉOTECHNIQUE SUD EST

INGENIERIE GEOTECHNIQUE, GEOLOGIQUE, HYDROGEOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE
APPLIQUEE AUX BATIMENTS, GENIE-CIVIL, INFRASTRUCTURES ET A L'ENVIRONNEMENT.
SONDAGES – ESSAIS DE SOLS IN SITU ET EN LABORATOIRE

PAYS D'AIX TERRITOIRES

Construction d'une Z.A.C. au Plan d'Aillane

AIX-EN-PROVENCE (13)

RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

Mission G1

DOSSIER N° C.15.50007 (COMPLÉMENTS DU DOSSIER C.14.50014)

SAINT-VICTORET, LE 17 MARS 2015

Sont annexés à ce rapport :

- * le cahier des sondages et des essais,
- * le rappel des missions géotechniques.

Chargé d'étude : Jean-Christophe MACHIN

Contrôle interne : Camille CHAGNON

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	3
1.1. MISSIONS	3
1.2. RÉFÉRENTIELS	4
1.3. DOCUMENTS FOURNIS	4
1.4. DESCRIPTION DU PROJET	4
1.5. CHANGEMENT D'IMPLANTATION OU D'IMPORTANCE DES CONSTRUCTIONS	5
1.6. LIMITES DE NOTRE ÉTUDE ET CARACTÉRISATION DU NIVEAU DE RISQUES DE PRÉSENCE D'OUVRAGES ET DE VESTIGES ENTERRÉS	5
1.7. CARACTÉRISATION DU NIVEAU DE RISQUES DE PRÉSENCE D'OUVRAGES ET DE VESTIGES ENTERRÉS	5
1.8. ORGANISATION DES ANNEXES	5
2. CONTEXTE SITOLOGIQUE, GÉOLOGIQUE & HYDROGÉOLOGIQUE GÉNÉRAL – MISSION G1	6
2.1. SITOLOGIE	6
2.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE	9
2.3. HYDROGÉOLOGIE	10
2.4. CARTES D'ALÉAS	10
2.4.1. Aléa lié aux inondations par remontées de nappes	10
2.4.2. Aléa inondation	10
2.4.3. Les phénomènes de retrait-gonflement des argiles	11
2.4.4. Base de donnée des cavités souterraines et mouvements de terrain	11
2.5. RISQUE MINIER & CARRIÈRES	11
2.6. SISMICITÉ	11
3. PROGRAMME DES PRESTATIONS GÉOTECHNIQUES SPÉCIFIQUES MIS EN ŒUVRE – MISSION G12	13
3.1. INVESTIGATIONS RÉALISÉES	13
3.2. IMPLANTATION DES SONDAGES	15
4. CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES, GÉOTECHNIQUES ET HYDROGÉOLOGIQUES APPREHENDÉES PAR LES INVESTIGATIONS SPÉCIFIQUES – MISSION G1	16
4.1. OBSERVATIONS DE TERRAIN ET LITHOLOGIE	16
4.2. CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES MESURÉES AU PÉNÉTROMÈTRE	17
4.3. ESSAIS DE LABORATOIRE	18
4.3.1. Essais d'identification	18
4.3.2. Essais de compactage	20
4.4. CARACTÉRISTIQUES HYDROGÉOLOGIQUES	20
5. ALÉAS GÉOTECHNIQUES – MISSION G1	22
5.1.1. La géologie	22
5.1.2. L'hydrogéologie	22
5.1.3. La nature des matériaux	22
5.1.4. L'environnement	22
6. PRINCIPE D'ADAPTATION DU PROJET AU SITE – MISSION G1	23
6.1. PRÉAMBULE ET PRINCIPE D'ASSISE DES FONDATIONS	23
6.1.1. Niveau d'ancrages et contrainte des sols	23
6.1.2. Tassements	25
6.1.3. Sujétions générales d'exécution des fondations	25
6.2. LES PRINCIPES GÉNÉRAUX D'ASSISE DES DALLAGES ET DES VOIRIES	26
6.2.1. Généralités	26
6.2.2. Préparation des arases	26
6.2.3. Caractéristiques mécaniques à prendre en compte pour le dimensionnement des dallages	27
6.2.4. PST – arase – couche de forme des voiries	27
6.2.5. Exemple de structure de chaussée	28
ANNEXES	30

1. INTRODUCTION

1.1. MISSIONS

À la demande et pour le compte du **PAYS D'AIX TERRITOIRES**, la Direction Régionale PACA du Bureau d'Études HYDROGÉOTECHNIQUE SUD-EST a été chargée de la réalisation de la mission G1 **dans le cadre des études géotechniques préalables à la construction d'une Z.A.C. au plan d'Aillane située sur la commune d'AIX-EN-PROVENCE (13).**

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la norme 94-500 des missions type d'ingénierie géotechnique de l'AFNOR-USG (en date du 5 décembre 2006), qui suivent les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet, à savoir :

- **ÉTAPE 1 : études géotechniques préalables (G1) – anciennement G11 :**
 - Phase : Étude du site (ES),
 - Phase : Principe généraux de construction (PGC)

Cette mission se termine à la remise du présent rapport. Elle s'appuie sur des prestations d'investigations géotechniques proposées et réalisées par notre société.

Cette étude a été réalisée par :

- **Jean-Christophe MACHIN**, Ingénieur Géologue Géotechnicien, Master en Géologie Appliquée.

avec le contrôle interne de :

- **Camille CHAGNON**, Ingénieur Géologue Géotechnicien, Master en Géologie Appliquée.

Les objectifs de cette étude sont :

- de préciser le contexte géologique, géotechnique et hydrogéologique général de la zone d'étude,
- de définir au regard des résultats des reconnaissances in situ, le contexte particulier et les caractéristiques mécaniques des couches,

- de donner les principes généraux d'adaptation du projet au site,
- de donner une première identification des risques.

1.2. RÉFÉRENTIELS

Les référentiels utilisés dans le cadre de cette étude sont les suivants :

- **Décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010** relatif la prévention du risque sismique.
- **NF EN 1998-1 (septembre 2005)** Partie 1 : règles générales, actions sismiques et règles pour le bâtiment.
- **NF P 11-300 (Septembre 1992) – GTR 92**
 - exécution des terrassements,
 - classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières.
- **NF EN 1997-1 (juin 2005) – Eurocode 7 : calcul géotechnique**
 - Partie 1 : règles générales
- **NF EN 1997-1/NA (septembre 2006) – Eurocode 7 : calcul géotechnique**
 - Partie 1 : règles générales – Annexe Nationale à la NF EN 1997-1 :2005

Et toutes les normes relatives aux essais in situ et en laboratoire.

1.3. DOCUMENTS FOURNIS

Nous ont été remis les éléments suivants :

- ✓ un plan d'ensemble des projets de développement structurants, échelle 1/5000,
- ✓ un extrait cadastral du secteur d'étude,
- ✓ un plan des propriétés foncières du plan d'Aillane.

1.4. DESCRIPTION DU PROJET

Le projet, tel qu'il nous a été décrit, prévoit la construction d'une zone d'activité commerciale dont la géométrie, la répartition des parcelles et le calage du projet ne sont pas précisément définis, à ce stade du projet.

Aucune information ne nous a été transmise concernant la présence ou non de sous-sols ou de niveaux enterrés pour les constructions à venir.

1.5. CHANGEMENT D'IMPLANTATION OU D'IMPORTANCE DES CONSTRUCTIONS

Tous changements d'implantation ou d'importance des constructions par rapport aux hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport d'étude doivent nous être communiqués, ces changements sont susceptibles de modifier les conclusions de notre étude.

1.6. LIMITES DE NOTRE ÉTUDE ET CARACTÉRISATION DU NIVEAU DE RISQUES DE PRÉSENCE D'OUVRAGES ET DE VESTIGES ENTERRÉS

Nous rappelons que notre étude est strictement géotechnique, Elle ne porte pas sur la caractérisation du niveau de pollution des éventuels remblais et/ou sols rencontrés.

1.7. CARACTÉRISATION DU NIVEAU DE RISQUES DE PRÉSENCE D'OUVRAGES ET DE VESTIGES ENTERRÉS

La présente étude ne porte pas sur la caractérisation du niveau de risques de présence de ces ouvrages enterrés. Nous attirons l'attention sur le fait que l'importance des ouvrages enterrés pourra conditionner le coût de réalisation des terrassements nécessaires à la construction de la Z.A.C.

1.8. ORGANISATION DES ANNEXES

Nous présentons en annexe à ce rapport :

Annexe 1 : le plan d'implantation des sondages,

Annexe 2 : les résultats des essais au pénétromètre dynamique,

Annexe 3 : les coupes lithologiques des sondages à la pelle mécanique,

Annexe 4 : Les résultats des essais en laboratoire,

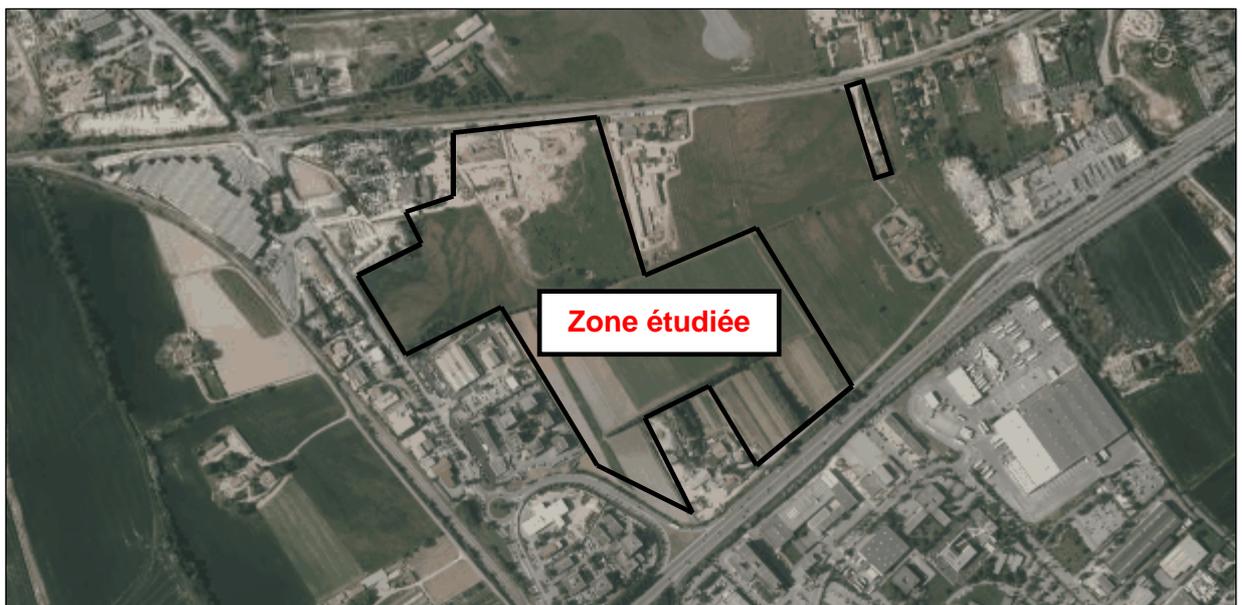
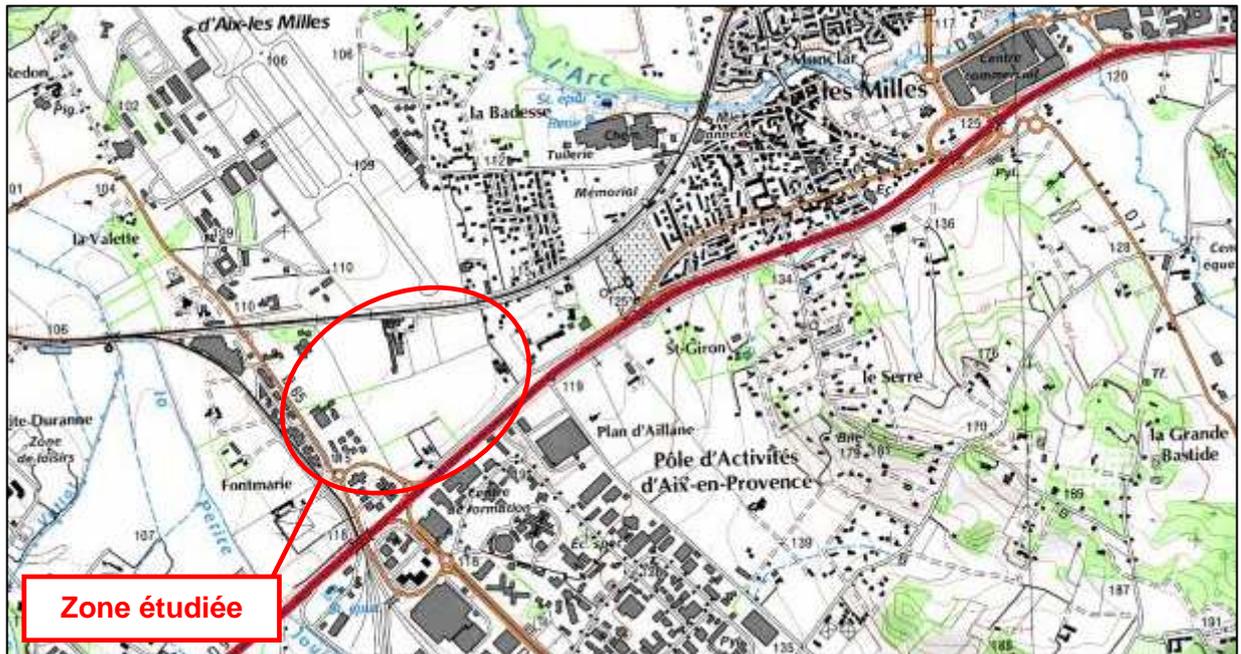
Annexe 5 : Les coupes des sondages piézométriques,

Annexe 6 : le rappel des missions géotechniques.

2. CONTEXTE SITOLOGIQUE, GÉOLOGIQUE & HYDROGÉOLOGIQUE GÉNÉRAL – MISSION G1

2.1. SITOLOGIE

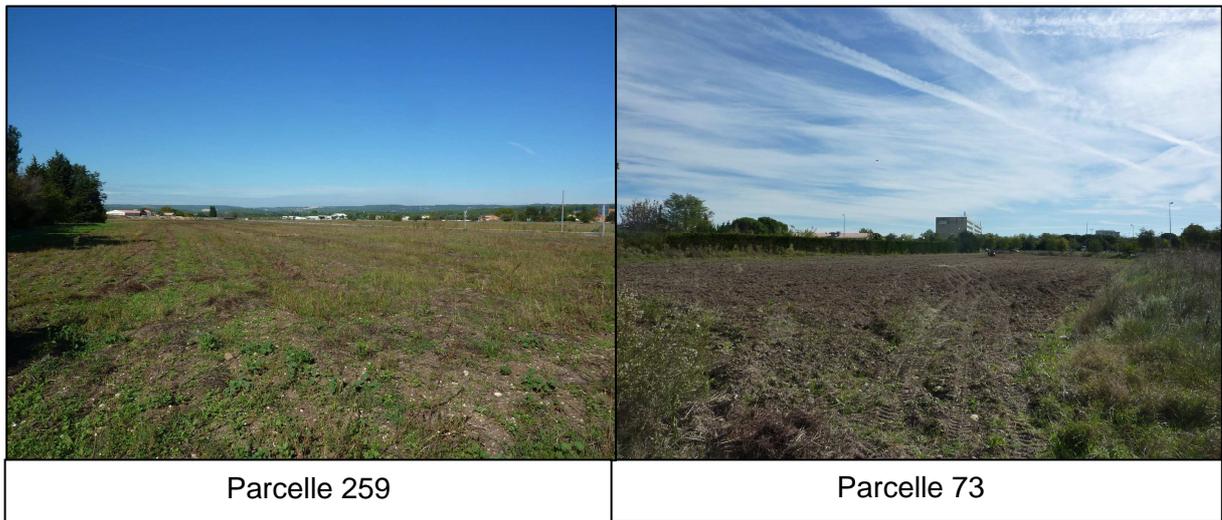
Le site d'étude correspond à la partie au Sud de l'aérodrome des Milles situé au Sud-Ouest de la ville d'Aix-en-Provence. Il s'inscrit en contexte péri-urbain entre la rue du plan (Sud) et le chemin de la valette (Nord).



Source : www.geoportail.gouv.fr

La zone concernée par l'étude est d'environ 16 ha (cela correspond seulement aux parcelles appartenant au foncier public) :

- Parcelles 259 et 73 (moitié Sud de la zone étudiée) : terrains agricoles de topographie +/- plane et localement arborés. Cette parcelle est séparée des autres parcelles par une route réservée au bus reliant la rue du plan au pôle d'échange.



- Parcelles 24 et 29 (partie Nord-ouest de la zone étudié) : terrains en friche à végétation +/- haute, à présence de merlon de terre, et de topographie plus accidentée.



- Parcelle 30 (partie Nord de la zone étudiée) : parcelle actuellement occupée par le nouveau pôle d'échange (impossibilité de réaliser des sondages).



Parcelle 30

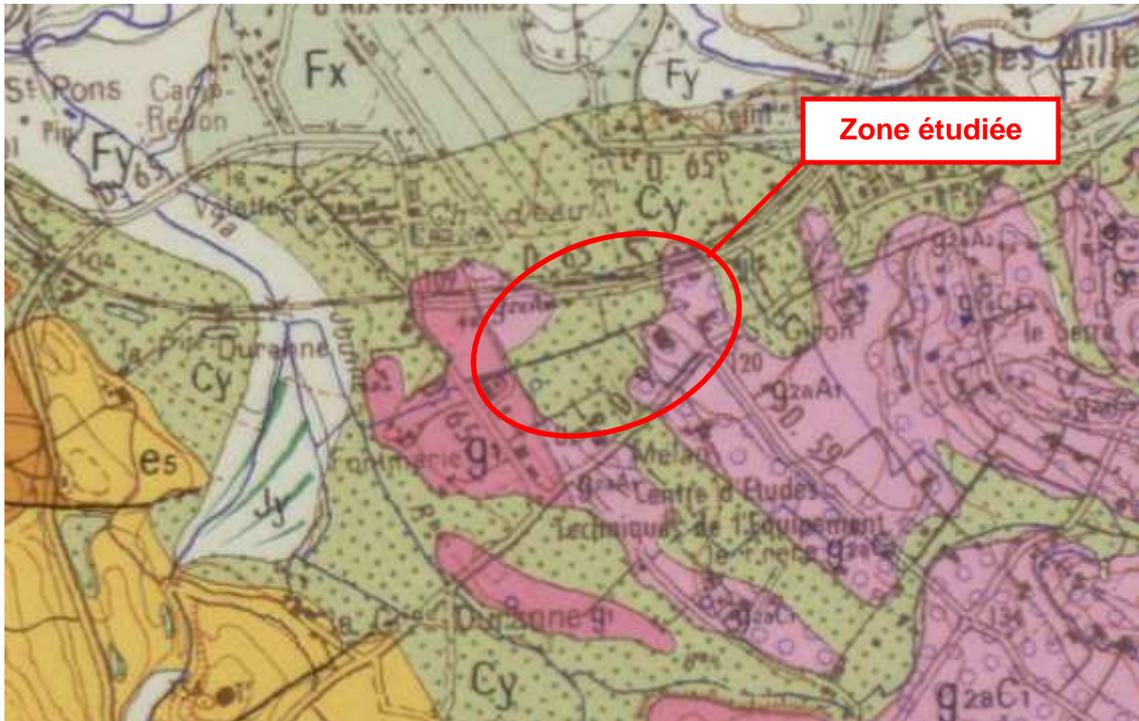
- Parcelle 34 (parcelle la plus à l'Est) : terrain +/- enherbé, présence d'un merlon de terre en limite Nord d'environ 2m de hauteur.



Parcelle 34

2.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE

Nous avons exploité la carte géologique de Martiques au 1/50 000^{ème} dont un extrait est présenté ci-après :



Légende :

- C_y : Colluvions würmiennes
- g_{2a} : Formations des Milles
- g₁ : Substratum calcaire

- Le contexte géologique général : On s'attend à rencontrer des colluvions limoneuses wurmiennes, les formations des Milles (alternance d'argile +/- sableuse et conglomérats à cimentation argileuse) et enfin sur la partie Ouest le substratum calcaire.

Aucune indication n'a été portée à notre connaissance sur le remblaiement ou non des anciennes carrières.

2.3. HYDROGÉOLOGIE

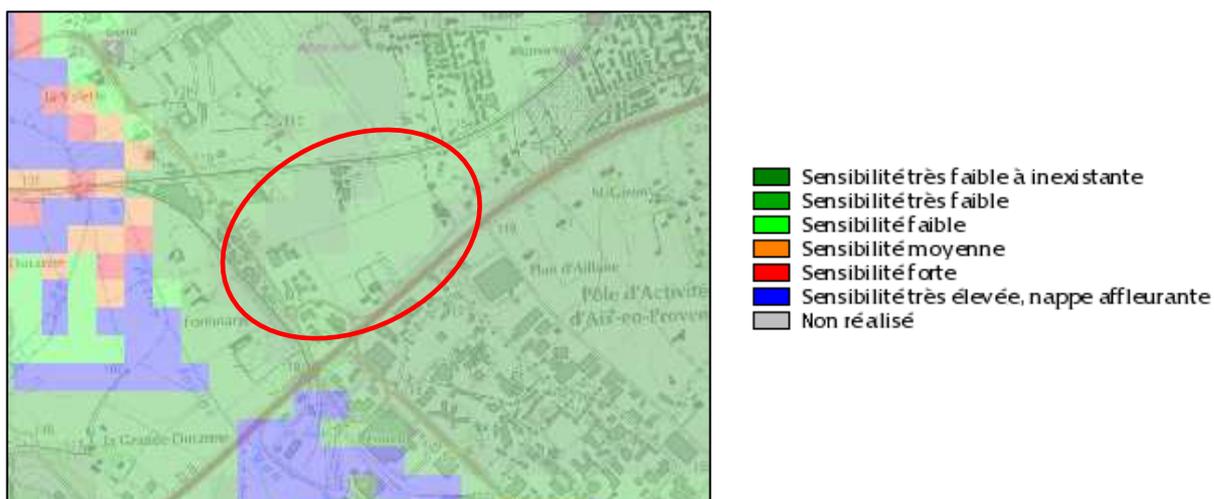
Compte tenu du contexte sitologique et géologique, il est probable que des circulations d'eau puissent s'établir :

- à des arrivées d'eau parasites en période pluvieuse dans les couches de surface (remblais),
- au sein des colluvions à la faveur des niveaux caillouteux,
- au toit ou à la base des argiles sous la forme de nappes d'écoulement,
- au sein du substratum calcaire, à la faveur de la fracturation du massif.

2.4. CARTES D'ALÉAS

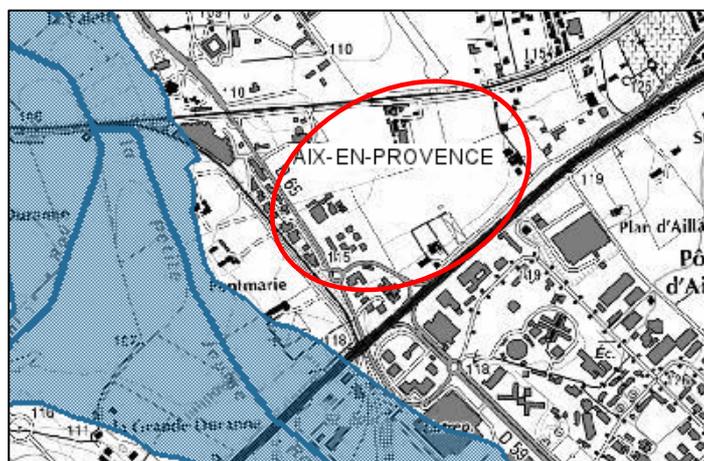
2.4.1. Aléa lié aux inondations par remontées de nappes

Le portail Internet (www.inondationsnappes.fr) classe le site en **zone de sensibilité très faible à inexistante**, a proximité de zone de nappes subaffleurantes en relation avec les anciennes exploitations.



2.4.2. Aléa inondation

Le site n'est pas localisé en zone inondable d'après le site www.cartorisque.prim.net.



On notera que la délimitation de la zone soumise à l'aléa inondation est assez proche de la zone d'étude (à l'Est).

2.4.3. Les phénomènes de retrait-gonflement des argiles

Le site est classé en zone d'aléa faible à moyen au retrait gonflement des argiles (<http://www.argiles.fr>).



2.4.4. Base de donnée des cavités souterraines et mouvements de terrain

Aucune cavité souterraine ou glissements de terrains n'ont été recensés par le BRGM au droit de la zone d'étude (sources : www.bdmvt.net & www.bdcavite.net).

2.5. RISQUE MINIER & CARRIÈRES

La zone d'étude ne se situe pas en zone de risque minier (fer/charbon/sel,...) et aucune carrière n'est recensée au droit du site d'après la carte géologique du secteur, la carte IGN et l'Observatoire des matériaux (matériaux.brgm.fr).

2.6. SISMICITÉ

Le Décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010, publié au Journal Officiel du 24 octobre 2010, relatif à la prévention du risque sismique classe le site en zone de sismicité 4, site de classe B.

Pour un ouvrage de **classe d'importance III (bâtiment pouvant accueillir plus de 300 personnes)** au sens de la nouvelle réglementation à l'Eurocode 8 (classe à confirmer par le maître d'ouvrage), les paramètres seront les suivants :

a_{gr} : accélération maximale de référence sera prise égale à **1.6 m/s²**,

a_g : accélération de calcul sera prise égale à **1,92 m/s²**,

$\alpha = a_g/g = 1,92/9,8 = \mathbf{0,196 m/s^2}$.

$S = 1.35$.

Les autres paramètres seront choisis conformément à la norme NF EN 1998-1.



3. PROGRAMME DES PRESTATIONS GÉOTECHNIQUES SPÉCIFIQUES MIS EN ŒUVRE – MISSION G12

3.1. INVESTIGATIONS RÉALISÉES

Une première campagne de sondages a été réalisée les 16 et 17 octobre 2014 :

- **20 sondages de reconnaissance géologique à la pelle mécanique, équipée d'un godet de 30 cm à 3 dents**, notés PM1 à PM20, réalisés sous la conduite d'un géologue – géotechnicien avec à l'avancement :
 - le relevé de la lithologie,
 - le relevé des éventuelles venues d'eau,
 - les observations sur les difficultés de terrassements (éboulement, compacité, refus),
 - la réalisation d'un reportage photographique,

Ces fouilles ont été descendues aux profondeurs indiquées ci-dessous :

Sondages	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	PM9	PM10
Profondeur (m)	2,3	2,4	1,7	2,1	2,3	2,1	1,2	1	0,9	1,6
Motif d'arrêt	AV	AV	R	R	AV	R	R	R	R	R

Sondages	PM11	PM12	PM13	PM14	PM15	PM16	PM17	PM18	PM19	PM20
Profondeur (m)	2,0	2,3	2,2	1,3	1,2	1,3	2,3	0,55	0,75	0,7
Motif d'arrêt	R	AV	AV	R	R	R	AV	R	R	R

AV : Arrêt Volontaire

R : Refus

- **15 essais au pénétromètre dynamique lourd (engin de forage de type HYDROFORE 200)**, notés PD1, PD2, PD4 à PD6, PD8 à PD11, PD13 à PD16 et PD18 à PD20, associés respectivement au sondage à la pelle correspondant

et descendus jusqu'aux profondeurs suivantes :

Sondages	PD1	PD2	PD4	PD5	PD6	PD8	PD9	PD11
Profondeur (m)	2,4	2,4	2,4	2,2	2,2	1,4	7,4	4,8
Motif d'arrêt	R	R	R	R	R	R	R	R

Sondages	PD13	PD14	PD15	PD16	PD18	PD19	PD20
Profondeur (m)	2,0	0,8	1,4	1,6	1	0,8	0,6
Motif d'arrêt	R	R	R	R	R	R	R

La résistance de pointe qd a été estimée à partir de la formule de REDTENBACHER selon un pas de mesure de 20 cm.

- **en laboratoire**, ont été réalisées sur les échantillons prélevés dans les différents sondages :
 - 3 identifications GTR,
 - 3 mesures de la teneur en eau naturelle – NF P 94-050,
 - 3 analyses granulométrique – NF P 94-056,
 - 3 valeur de bleu – NF P 94-051,
 - 1 essai Proctor Normal - NF P 94-093-1.

Une campagne complémentaire a été effectuée les 29 et 30 janvier 2015 :

- **8 sondages de reconnaissance géologique au tractopelle 8T, équipé d'un godet de 45 cm à 3 dents**, notés PM21 à PM28, réalisés sous la conduite d'un géologue – géotechnicien.

Ces fouilles ont été descendues aux profondeurs indiquées ci-dessous :

Sondages	PM21	PM22	PM23	PM24	PM25	PM26	PM27	PM28
Profondeur (m)	3.2	4.3	3.8	4.4	4	3.2	3.2	3.1
Motif d'arrêt	AV	AV	AV	AV	AV	AV*	AV*	AV*

AV : Arrêt Volontaire (* = remontée de nappe)

- **3 forages destructifs en Ø 89 mm pour équipement piézométrique**, notés PZ1 à PZ3, descendus entre 10 et 15 m de profondeur au moyen d'une machine de forage de type HYDROFORE 500.
- **L'équipement piézométrique de ces sondages** en PVC Ø 51/60 mm bleu, de qualité alimentaire, crépiné au-delà de 1 m de profondeur, et muni :
 - D'un bouchon de fond,
 - D'un enrobage de gravette,
 - D'une tête de protection hors sol.

3.2. IMPLANTATION DES SONDAGES

Le plan d'implantation des sondages est présenté en annexe 1.

⌘⌘ ⌘⌘ ⌘⌘ ⌘⌘ ⌘⌘

4. CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES, GÉOTECHNIQUES ET HYDROGÉOLOGIQUES APPREHENDÉES PAR LES INVESTIGATIONS SPÉCIFIQUES – MISSION G1

4.1. OBSERVATIONS DE TERRAIN ET LITHOLOGIE

L'analyse des résultats des sondages à la pelle mécanique réalisés lors des deux campagnes permet de schématiser la coupe lithologique suivante :

TERRE VÉGÉTALE

Couche C0 : Limon sableux marron à cailloutis, graviers et radicelles, identifié jusqu'à 0.1 à 0.7 m de profondeur sur l'ensemble des sondages réalisés en zone enherbée. Elle correspond à la couche pédologique et terre arable recouvrant le site.

REMBLAIS

Couche R1-1 : Limon sableux légèrement argileux marron/beige à cailloutis, radicelles, graviers, blocs ($D_{max} = 150$ mm) et quelques débris (briques et plastiques), identifiés localement en PM15 et sur la parcelle Nord-Ouest sur des épaisseurs inférieures à 0.8 m.

Couche R1-2 : Argile vasarde noirâtre à MO et à graviers, rencontrée sous R1-1 sur la parcelle Nord-Ouest et jusqu'à 0.5 à 1.3 m de profondeur. Elle est assimilée soit à un dépôt ancien lié à la sédimentation, soit à une couche de remblai.

COLLUVIONS

Couche C1-1 : Limon sableux à sable limoneux beige à cailloux, graviers et galets ($D_{max} = 100$ mm). Cette couche a été rencontrée sur la plupart des sondages en tête des colluvions.

Couche C1-2 : Sable limoneux à limon sableux rougeâtre à présence de quelques graviers selon les sondages, rencontrée sous la couche C1-1 et jusqu'à 1.4 à 2.75 m de profondeur. Localement, en PM17, elle a été rencontrée sous les remblais.

« FORMATION DES MILLES »

Couche C2 : Grave à matrice sablo-limoneuse brune/beige, assimilée à la frange supérieure de la formation des Milles. Elle a été identifiée sous les colluvions ou remblais, causant le refus prématuré des sondages de la première campagne (terrassment difficile).

Les sondages de la campagne complémentaire ont permis d'identifier le mur de cette formation, a priori calée vers 2.2 à 3.4 m de profondeur.

Couche C5-2 : Argile +/- limoneuse blanc/grise à beige-verdâtre, rencontrée sous les colluvions (couches C1-1 & C1-2) ou la couche C2 au-delà de 2.2 à 3.4 m. Il s'agit du substratum du secteur.

AU SUD-OUEST DE LA ZONE : Nous avons détecté 2 couches de sols spécifiques à ce secteur.

Couche C4 : Limon sableux légèrement argileux noir et très compact, rencontré ponctuellement en PM9 sous C1-1 jusqu'au refus à 0.9 m (terrassment difficile). Les sondages complémentaires réalisés autour de PM9 n'ont pas permis d'identifier cette couche. Son extension latérale s'avère donc très limitée.

Couche C5-1 : Limon sableux blanc, rencontré sous C0, en PM10, jusqu'à une profondeur de 0.8 m. Cet horizon peut être assimilé à l'altération du substratum calcaire. Cette couche n'a pas été rencontrée en PM21.

4.2. CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES MESURÉES AU PÉNÉTRMÈTRE

Les essais au pénétromètre dynamique permettent de mesurer la compacité des terrains traversés mais ne permettent pas l'identification de leur faciès lithologique. Nous interprétons donc les essais au pénétromètre en tant que marqueurs de la compacité des terrains traversés.

Les essais ont été répartis sur l'ensemble de la zone projetée et ont mis en avant les informations essentielles suivantes :

Les pénétrogrammes mettent en évidence des compacités qui augmentent rapidement avec la profondeur.

Des valeurs élevées à très élevées ont été mesurées entre 0.4 et 1.4 m de profondeur ($8,0 < q_d < 40$ MPa), correspondant majoritairement aux limons sableux à graviers et galets (C1-1). Les variations hydriques de cette couche peuvent toutefois conduire à des modifications importantes de leur portance, en relations avec les conditions météorologiques.

Puis, les compacités diminuent +/- fortement selon les sondages entre 0.8 et 2.0 m de profondeur ($2,5 < q_d < 20$ MPa) correspondant à la couche C1-2.

Au niveau de la zone remblayée, les pénétrogrammes mettent en évidence dès la surface des compacités très hétérogènes ($2,0 < q_d < 20$ MPa) entre 0.2 et 1.0 m de profondeur correspondant aux remblais d'aménagement (R1-1 et R1-2).

Les essais obtiennent le refus majoritairement dans les graves à matrice sablo-limoneuse (C2) qui sont de compacité très élevée ($q_d > 20$ MPa) entre 0.55 et 2.4 m de profondeur.

Au sud-ouest de la zone :

En PD9, le pénétrogramme met en évidence des compacités faibles à élevées ($2,0 < q_d < 15$ MPa) jusqu'au refus du sondage obtenu à 7.4 m de profondeur. Cela correspond, d'après les sondages complémentaires, aux argiles de la couche C5-2, les limons sablo-argileux noirs (C4) étant d'emprise limitée.

En PD11, sous la couche C1-1 de compacité élevée à très élevée, le pénétrogramme met en évidence une compacité qui diminue ($1,5 < q_d < 10$ MPa) puis qui augmente avec la profondeur jusqu'au refus du sondage obtenu à 4.8 m de profondeur.

4.3. ESSAIS DE LABORATOIRE

4.3.1. Essais d'identification

Les couches de sable ocre à rares gravillons (Couche C1-2), de sable ocre à nombreux gravillons (Couche C2) et la couche d'argile (couche R1-2) ont fait chacune l'objet d'une série d'essais d'identification en laboratoire, qui ont fourni les résultats présentés en page suivante :

ESSAIS D'IDENTIFICATION			Réaction à l'acide	Classification	Teneur en eau	Teneur en eau	Matière organique	Calcimétrie	Perméabilité	Valeur au bleu	Granulométrie par tamisage						Sédimentométrie	Limites d'Atterberg			Compactage ESSAI PROCTOR et POINCONNEMENT							
			-	11-300	94-050	94-050	-	94-048	X30-441	94-068	94-056						94-057	94-051			94-078 94-093							
			% de passant																	Naturel			OPN					
Sondages	Prof (m)	Nature	RA	GTR	W% (0/D)	W% (0/20)	MO	CaCO ³	K (m/s)	VBS	D _{max} (mm)	50 mm	20 mm	5 mm	2 mm	400 µm	80 µm	2 µm	WL%	IP	IC	W _n % (0/20)	IPI	γ _d W _n t/m ³ (0/20)	W% OPN (0/20)	IPI	γ _d OPN t/m ³ (0/20)	
PM15	0,90-1,20	Argile légèrement limoneuse brune à graviers, gravillons, cailloux, cailloutis	-	A2	13,2%	14,1%					39	100	94	77	72	64	45,9		43	20								
PM12	1,50-2,00	Sable ocre-orange à rares gravillons	-	B5ts	4,8%	4,8%				0,91	10	100	100	99	98	83	17,7					4,2	21,2	1,73	12,0	24,0	1,82	
PM19	0,50-0,75	Sable ocre-orange à nombreux graviers, gravillons, galets	-	D3	1,6%	2,2%				0,10	72	95	74	40	30	13	3,0											

Ces résultats caractérisent :

- la couche C1-2 comme ayant des matériaux fins avec une fraction graveleuse très faible et non représentative, ce qui présente un comportement moyennement plastique,
- la couche C2 comme insensible à l'eau avec des graves à matrice sableuse,
- la couche R1-2 comme majoritairement argileuse, sensible à l'eau et aux variations hydriques.

4.3.2. Essais de compactage

Un essai Proctor avec mesures de l'Indice Portant Immédiat a été réalisé sur la couche sableuse (couche C1-2). La courbe a comporté le moulage et le compactage des sols à 7 teneurs en eau différentes. Les résultats obtenus sont les suivants :

Sol	Prof. (m)	Etat naturel			Optimum proctor		
		W _{Nat.}	ρ_d Nat.	IPI	W _{opn}	ρ_d OPN	IPI
PM12	1.5/2.0	4.2	1.73	21.2	12	1.82	24

La couche C1-2 présente donc des teneurs en eau à l'OPN, c'est-à-dire la teneur en eau à laquelle le matériau est le plus dense au compactage, voisines de 12 % avec un IPI de l'ordre de 24, qui chute à une valeur inférieure à 5 dès 14 % de teneur en eau.

4.4. CARACTÉRISTIQUES HYDROGÉOLOGIQUES

Lors de notre intervention, mi-octobre 2014, par temps sec, aucune observation d'ordre hydrogéologique n'a été relevée en sondages à la pelle mécanique jusqu'à la base des sondages.

Fin Janvier 2015, lors des investigations complémentaires, des fortes arrivées d'eau ont été relevées à l'interface entre les couches C2 et C5-2, générées par le jeu des variations de perméabilité (couche C2 perméable recouvrant la couche C5-2 supposée peu perméable). Ces venues ont générés des nappes de stagnation en fond de fouille, mesurées entre 2.2 et 3.8 m de profondeur en sondages PM24 à PM28.

Les piézomètres installés ont permis de mesurer les niveaux d'eau suivants :

Piézomètre	Niveau d'eau (m/TN)		Base (m)	Hauteur tête de protection (m)
	04/02/2015	27/02/2015		
PZ1	3.9	2.69	7.4	0.68
PZ2	11.9	2.23	15	0.57
PZ3	9.1	1.08	10.6	0.76

Les premiers relevés piézométriques présentent :

- de fortes hétérogénéités pour le relevé du 04/02/2015,
- des niveau d'eau proche du TN le 27/02/2015.

Il est donc probable que le site ne soit pas le siège d'une véritable nappe, les niveaux d'eau relevés correspondant vraisemblablement à une nappe parasite au sein de la couche C2, se développant par « l'effet piscine » dû à l'imperméabilité de la couche C5-2 sous-jacente. Le piézomètre semble donc remplie par les arrivées d'eau depuis la couche C2.

Les relevés piézométriques prévus permettront de lever cette incertitude.

Des venues d'eau erratiques et intermittentes sont par ailleurs attendues dans toutes les couches et à toutes les profondeurs au retour de séquences pluvieuses.

⌘ ⌘ ⌘ ⌘ ⌘

5. ALÉAS GÉOTECHNIQUES – MISSION G1

Les aléas géotechniques sont en relation entre autres avec :

5.1.1. La géologie

- Présence de remblais hétérogènes en terme de nature et d'épaisseur,
- variations de l'épaisseur des différentes couches rencontrées,
- variations latérales et verticales de faciès au sein des colluvions et de la couche C2, pouvant entraîner la présence de lentilles ou poches de natures variables,
- à la présence possible de niveaux ou bancs conglomératiques indurés, au comportement similaire à celui d'un rocher dans le substratum,
- aux variations de la cote du toit du substratum.

5.1.2. L'hydrogéologie

- nappe pédologique dans la terre végétale C0,
- circulations erratiques et intermittentes dans toutes les couches notamment en conditions météorologiques défavorables,
- présence d'une nappe parasite générée par « l'effet piscine » au sein de la couche C2, reposant sur la couche C5-2 peu perméable,
- fluctuations saisonnières du niveau libre de la nappe, à évaluer avec le relevé mensuel des piézomètres du site sur une période de 1an.

5.1.3. La nature des matériaux

- présence de galets de taille importante ($100 < D_{\max} < 150$ mm en sondages),
- sensibilité à l'eau et à l'affouillement des matériaux de toutes les couches,
- sensibilité au remaniement mécanique de toutes les couches,
- argilosité de la couche C5-2, notamment en profondeur au-delà de 3.1 à 3.3 m en PM21 et PM23,

5.1.4. L'environnement

- présence de secteurs remaniés par des terrassements anciens, avec la présence de merlons de 2 à 5 m de hauteur,
- présence de risques naturels : zone sismique 4.

6. PRINCIPE D'ADAPTATION DU PROJET AU SITE – MISSION G1

6.1. PRÉAMBULE ET PRINCIPE D'ASSISE DES FONDATIONS

Il est prévu la construction d'une Z.A.C. du plan d'Aillane, à Aix-en-Provence. La géométrie (emprise au sol, type d'ouvrage, présence de niveaux enterrés...) et l'implantation du projet ne sont pas connues à ce jour.

Sur les parcelles 259, 73, et 34, les sondages ont mis en évidence des colluvions sablo-limoneuses +/- graveleuses (C1-1 et C1-2) reposant sur des matériaux très graveleux (C2) puis sur les argiles de la couche C5-2.

Au Sud-Ouest de la parcelle 259, PM10 et PM11 ont mis en évidence des formations essentiellement argileuses (C5-1 et C5-2) de compacité faible à élevée. Ce contexte a été confirmé par le sondage PM21 a proximité.

La couche C4 identifiée en PM9 lors de la première campagne s'avère d'extension latérale limitée, puisque non identifiés en sondages complémentaires. Le contexte lithologique de cette zone s'avère similaire à celui des parcelles 259, 73 et 34.

Sur les parcelles 24 et 29, des couches très probablement remaniées (R1-1 et R1-2) ont été identifiées sur de faibles épaisseurs et reposant sur les couches C2 puis C5-2.

6.1.1. Niveau d'ancrages et contrainte des sols

Compte tenu du contexte décrit précédemment, il est possible d'envisager des principes de fondations par semelles superficielles (filantes ou isolées) directement dans les colluvions moyennement compactes (C1-1 ou C1-2), en respectant une hauteur d'encastrement totale supérieure ou égale à 1m. Le recours à une substitution par un gros béton ou béton de rattrapage pourra être envisagé en fonction des niveaux des plates-formes après remodelage du site.

La couche C2 est également propice à servir d'assise de fondations.

Les couches R1-1 et R1-2 sont impropres à l'assise des fondations et seront purgées sur toute leur épaisseur.

Compte tenu de son extension très limitée, la couche C4 ne servira pas d'assise des fondations. On privilégiera une assise dans C5-2, correspondant au substratum du secteur. La compacité de cette couche C5-2 devra cependant être vérifiée au droit du projet.

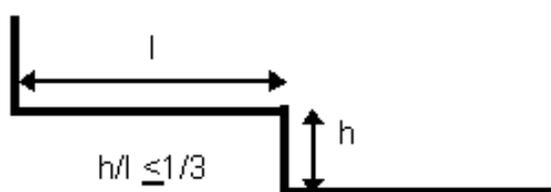
Enfin, La C5-1 semble être d'extension latérale et verticale limitée. Son épaisseur et sa consistance devront être vérifiées pour valider sa capacité à recevoir les fondations du projet.

Dans tous les cas, une fois les projets d'aménagement connu (implantation des voiries et des parcelles bâties), les résultats de la présente campagne devront y être confirmés par des sondages complémentaires.

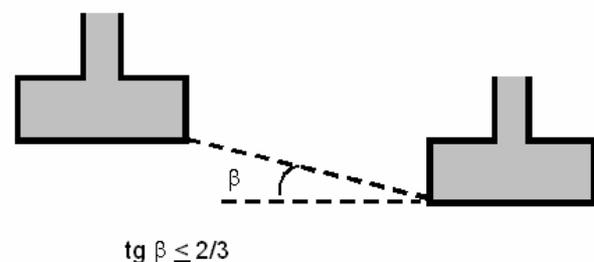
L'analyse GTR de ces couches argileuses devront être vérifiées vis-à-vis des phénomènes de retrait-gonflement.

Comme critère définissant le niveau d'assise, on retiendra, parmi les suivants, le plus restrictif :

- respect d'une garde au gel à tous les stades de la construction fixé ici à **0.50 m**,
- ancrage minimum de **0.50 m** dans la couche porteuse,
- ancrage de **1.00 m** par rapport au sol périphérique fini pour la garde aux variations hydriques par évaporation,
- respect des règles DTU sur les fondations à niveaux décalés :



Redans pour semelles filantes



Semelles isolées

On utilise ici la méthode d'évaluation des contraintes au sol découlant des résultats des essais au pénétromètre et décrite dans le DTU 13-12 de mars 1988 "Règles pour le calcul des fondations superficielles". Il s'agit d'une première approximation qui devra être confirmée, au cas par cas, en fonction de l'importance des constructions et des descentes de charges.

Nous préconisons donc de respecter les valeurs suivantes pour la justification des fondations, valeurs volontairement écrêtées en raison de la sensibilité des sols supports au remaniement mécanique :

- ✦ contrainte ultime : $q_u = 0.6 \text{ MPa}$ (6 bar),
- ✦ contrainte de calcul : $q_{ELU} = 0.3 \text{ MPa}$ (3 bar),
- ✦ **contrainte de service : $q_{ELS} = 0,2 \text{ MPa}$ (2 bar).**

Remarque importante : La valeur de contrainte proposée est une approximation qui tient compte d'hypothèses sur le niveau d'ancrage. Elle devra être confirmée une fois que les données du projet seront connues.

6.1.2. Tassements

L'estimation des tassements nécessite la connaissance des descentes de charge et du niveau d'assise des fondations. Ces calculs seront réalisés dans une phase ultérieure.

6.1.3. Sujétions générales d'exécution des fondations

On veillera à bien respecter les recommandations suivantes :

En phase de conception :

- le dimensionnement des fondations et des structures sera confié à un BET structure spécialisé.

En phase de réalisation :

- au travail par situation météo favorable,
- à la réalisation des terrassements conformément aux recommandations données afin de ne pas déstructurer les sols d'assise des fondations,

- à la purge et substitution des horizons foisonnés,
- à la sensibilité des sols au remaniement mécanique nécessitant :
 - à un terrassement à la pelle puissante en rétro,
 - la réalisation des fouilles avec bétonnage à l'avancement,
 - à une finition soignée des fouilles.
- au curage soigné des fonds de fouille avant coulage,
- à la réception des fonds de fouille par un géotechnicien au cours d'une mission G4 de supervision,
- aux surconsommations possibles de béton au regard de la tenue des parois variables des fouilles,
- à l'imperméabilisation périphérique des bâtiments et recueil du ruissellement.

6.2. LES PRINCIPES GENERAUX D'ASSISE DES DALLAGES ET DES VOIRIES

6.2.1. Généralités

On ne connaît pas à ce stade la cote de calage des plates-formes, ni le réseau définitif des voiries d'accès et de desserte. Ce chapitre sous-entend que la base des couches de forme est calée hors nappe de façon pérenne, et drainée.

La couche de forme sous voiries et dallages a une fonction drainante pour éviter que ne s'installe dans la couche de forme un effet piscine, à installer donc sur une arase pentée et à concevoir avec des systèmes de drains à relier à un exutoire calé au dessus des PHE. Elle permet également de réduire les remontées capillaires. Enfin, elle permet d'homogénéiser la portance.

6.2.2. Préparation des arases

Compte tenu de la nature des sols et pour des surcharges d'exploitation ne dépassant pas 400 kg/m², il est possible d'envisager en première approximation, un système de dallage sur terre-plein, à conditions toutefois de respecter les modalités suivantes :

- décapage et purge de la terre végétale, des remblais, et des éventuelles poches de sols médiocres ou de sols détériorés par les engins de terrassement ou par les eaux de pluie,

- mise en place d'une couche de forme (type GNT concassée 0/25 mm sur 0,30 m d'épaisseur minimum), sur géotextile anti-contaminant,
- contrôle du compactage à l'aide d'essais à la plaque. On recherchera les valeurs suivantes : $E_{v2} \geq 50$ MPa, $E_{v2}/E_{v1} < 2.1$ et $K_w > 50$ MPa/m (module de Westergaard).

6.2.3. Caractéristiques mécaniques à prendre en compte pour le dimensionnement des dallages

Nous donnons, à titre indicatif, les modules d'Young pour différentes profondeurs de terrain comptées par rapport au niveau existant au moment de notre intervention.

Ces valeurs sont à intégrer au calcul de tassements et de ferrailage des dallages.

N°couche	Module d'Young (MPa)	Coefficient de poisson ν
C1-1 ou C1-2	10	0.33

Pour la couche de forme, sous réserve de bon compactage et de sa réception à $E_{v2} \geq 50$ MPa, on prendra un module d'Young de 150 MPa et ν de 0.25.

6.2.4. PST – arase – couche de forme des voiries

Nous faisons l'hypothèse que la cote finie des plates-formes support des voiries après substitution éventuelle permettra d'obtenir un comportement homogène de l'assise avec une perspective de performance mécanique de la Partie Supérieure de Terrassement (PST), qui est :

- **PST2 – AR1** (sols sensibles à l'eau mais de bonnes portance au moment des travaux), avec $E_{v2} \geq 35$ MPa.

La classe minimale de plate-forme visée, pour les chaussées envisagées, est **PF2**, soit une portance minimale E_{v2} de 50 MPa minimum (comportement long terme).

Les arases seront nécessairement pentées à 2 % maximum à intégrer au drainage définitif (exutoire à définir).

La couche de forme drainante, non gélive et insensible à l'eau devra respecter une épaisseur minimale de 30 cm au droit des voiries.

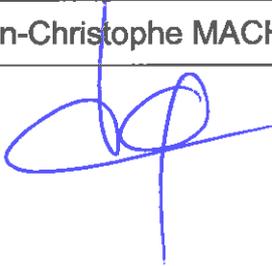
6.2.5. Exemple de structure de chaussée

Le dimensionnement de la structure de la chaussée est fonction du trafic cumulé, de la portance de la PST+CdF. Cette prestation n'est pas comprise dans notre mission.

⌘⌘ ⌘⌘ ⌘⌘ ⌘⌘ ⌘⌘

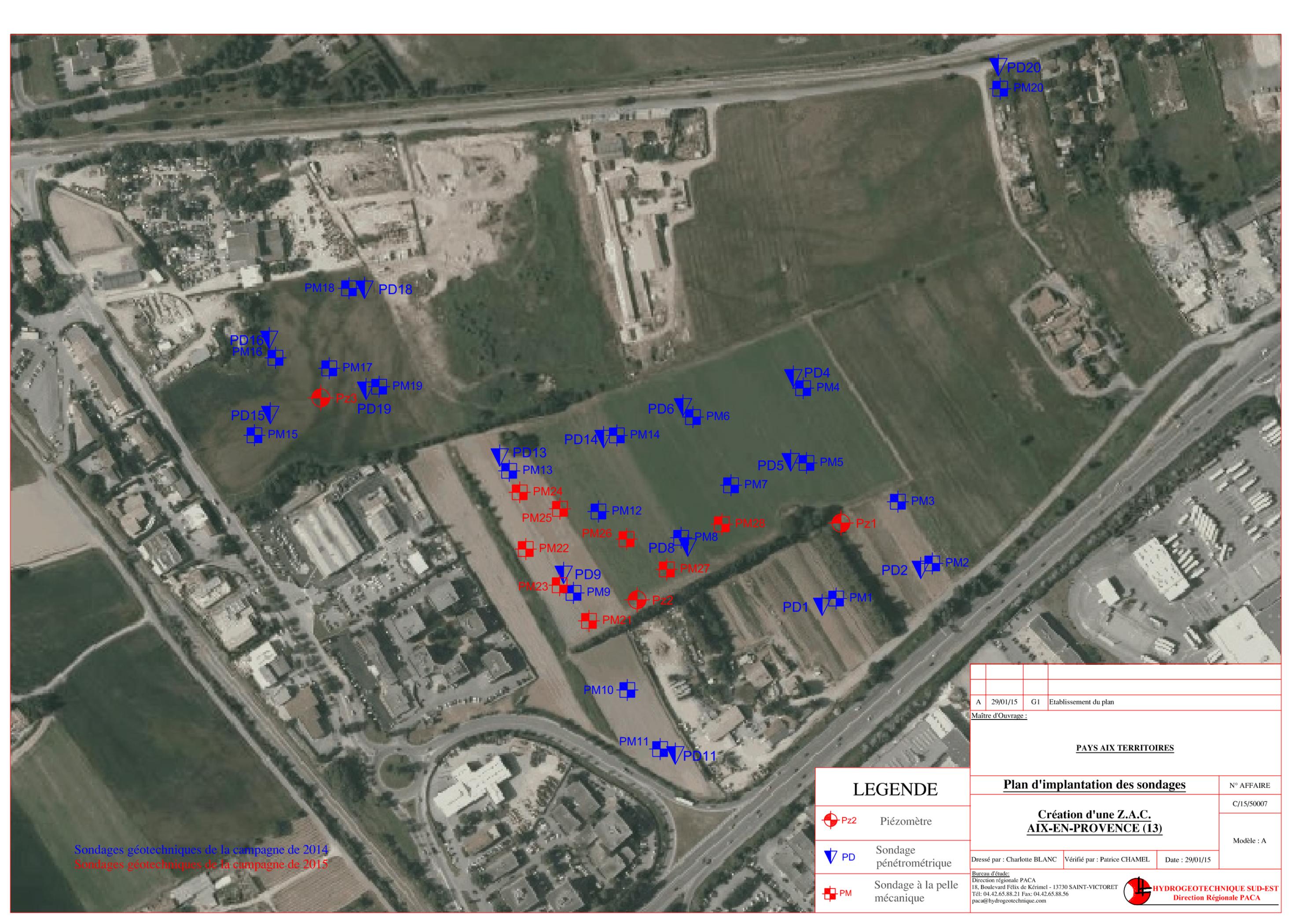
Notre mission, objet de votre lettre de commande n°15/03588/1-15/LA16 en date du 09/01/15, se termine à la remise du présent rapport sauf demandes de renseignements complémentaires entrant dans le cadre de la présente mission.

Nous restons à la disposition de **PAYS D'AIX TERRITOIRES** et de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

Dressé par la chargée d'étude :	Vérifié par l'ingénieur soussigné :
Jean-Christophe MACHIN	Camille CHAGNON
	

ANNEXES

ANNEXE 1
Plan d'implantation des sondages



Sondages géotechniques de la campagne de 2014
 Sondages géotechniques de la campagne de 2015

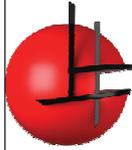
A	29/01/15	G1	Etablissement du plan

Maitre d'Ouvrage :
PAYS AIX TERRITOIRES

LEGENDE	
	Pz2 Piézomètre
	PD Sondage pénétrométrique
	PM Sondage à la pelle mécanique

Plan d'implantation des sondages		N° AFFAIRE
Création d'une Z.A.C. AIX-EN-PROVENCE (13)		C/15/50007
		Modèle : A
Dressé par : Charlotte BLANC	Vérifié par : Patrice CHAMEL	Date : 29/01/15
Bureau d'étude: Direction régionale PACA 18, Boulevard Félix de Kérimel - 13730 SAINT-VICTORET Tél: 04.42.65.88.21 Fax: 04.42.65.88.56 paca@hydrogeotechnique.com		
HYDROGEOTECHNIQUE SUD-EST Direction Régionale PACA		

ANNEXE 2
Résultats des sondages au
pénétrromètre



HYDROGEOTECHNIQUE

PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)

(Contrat C.14.50014)

Date début : 16/10/2014

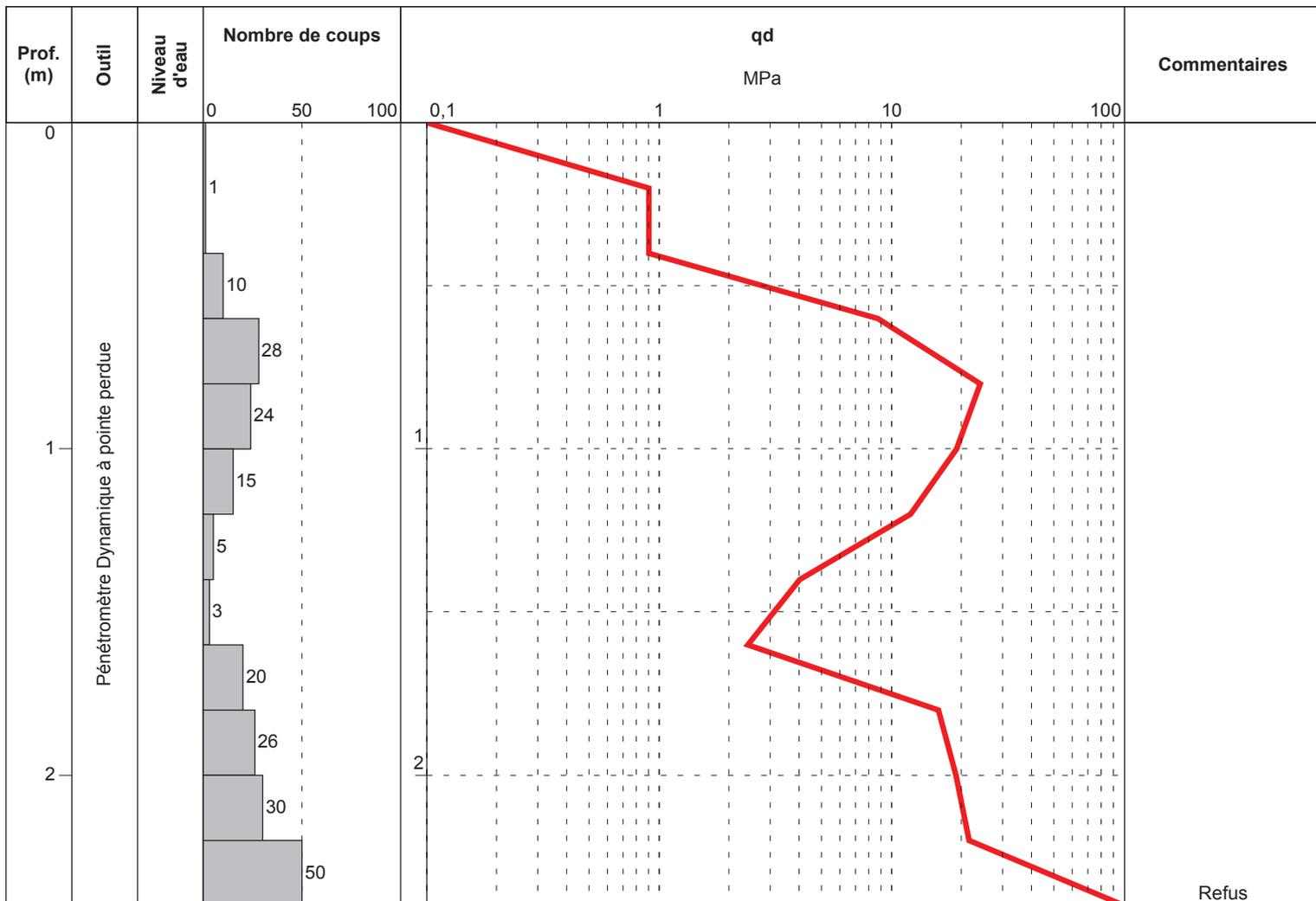
Machine : Hydrofore 200

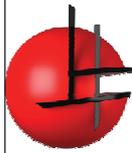
Profondeur : 0,00 - 2,40 m

1/20

Pénétromètre : PD1

EXGTE 3.13/GTE





HYDROGEOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

(Contrat C.14.50014)

Date début : 16/10/2014

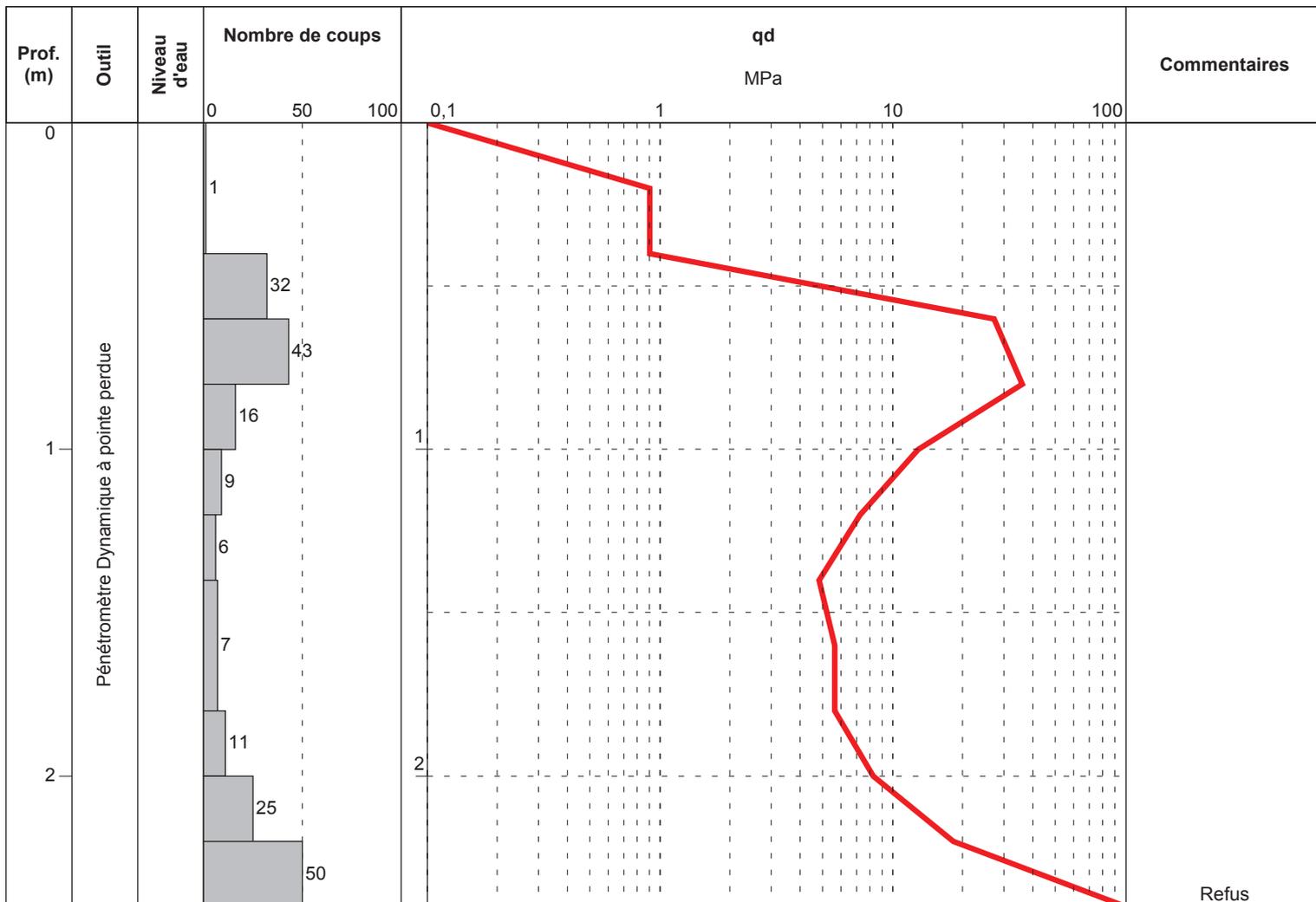
Machine : Hydrofore 200

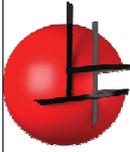
Profondeur : 0,00 - 2,40 m

1/20

Pénétromètre : PD2

EXGTE 3.13/GTE





HYDROGEOTECHNIQUE

PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)

(Contrat C.14.50014)

Date début : 16/10/2014

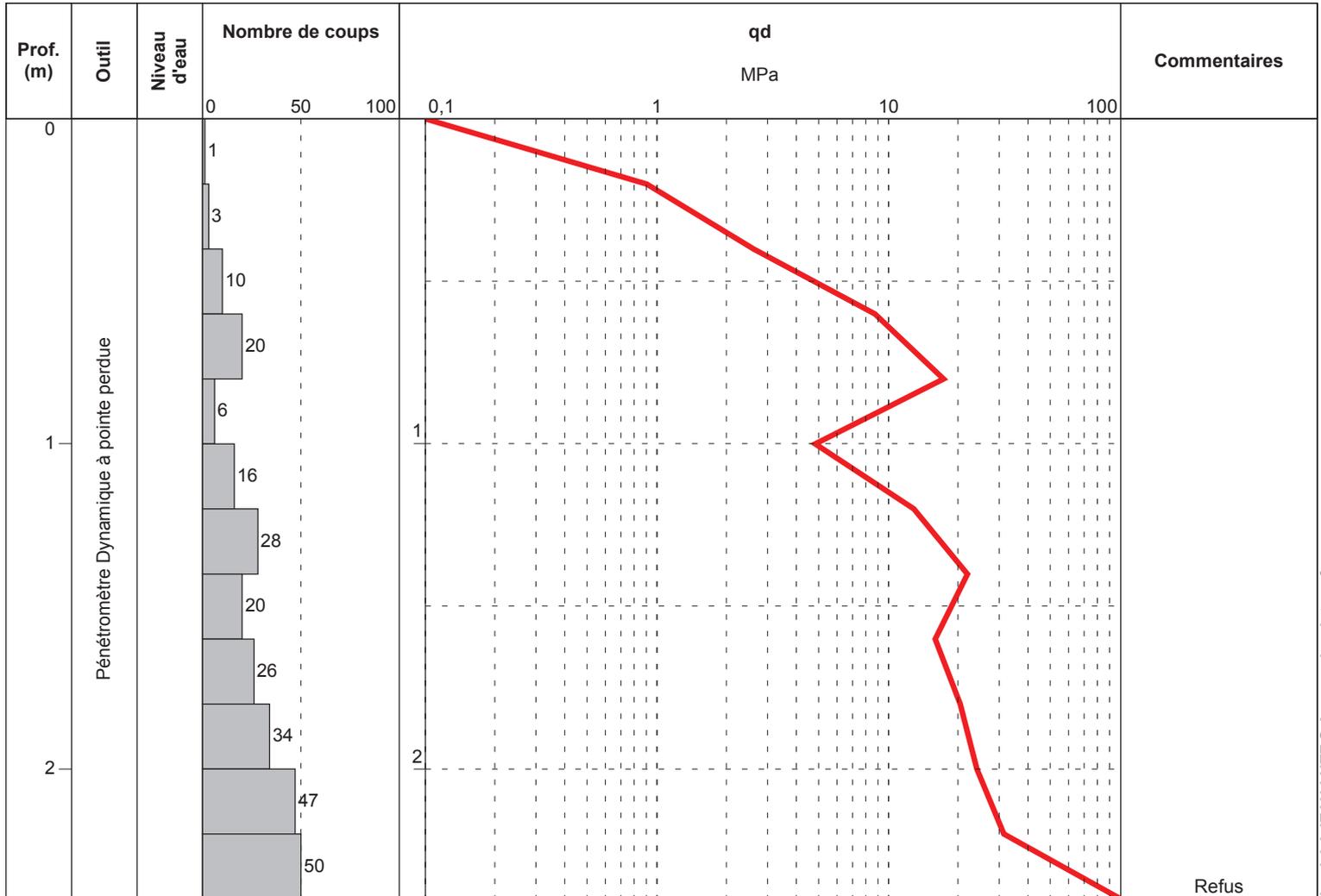
Machine : Hydrofore 200

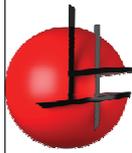
Profondeur : 0,00 - 2,40 m

1/20

Pénétromètre : PD4

EXGTE 3.13/GTE





HYDROGEOTECHNIQUE

PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)

(Contrat C.14.50014)

Date début : 16/10/2014

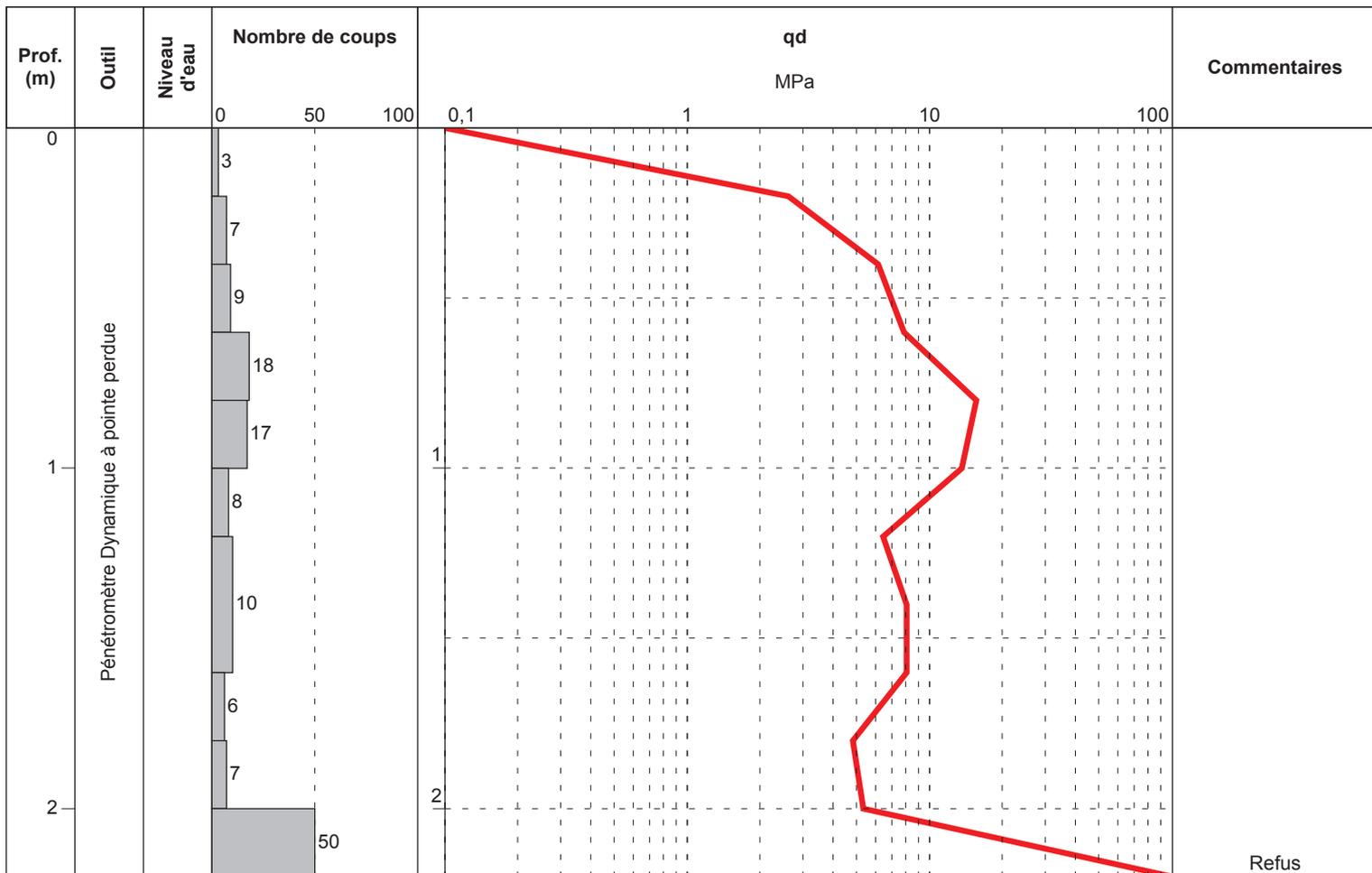
Machine : Hydrofore 200

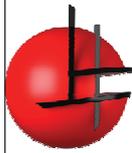
Profondeur : 0,00 - 2,20 m

1/20

Pénétromètre : PD5

EXGTE 3.13/GTE





HYDROGEOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

(Contrat C.14.50014)

Date début : 16/10/2014

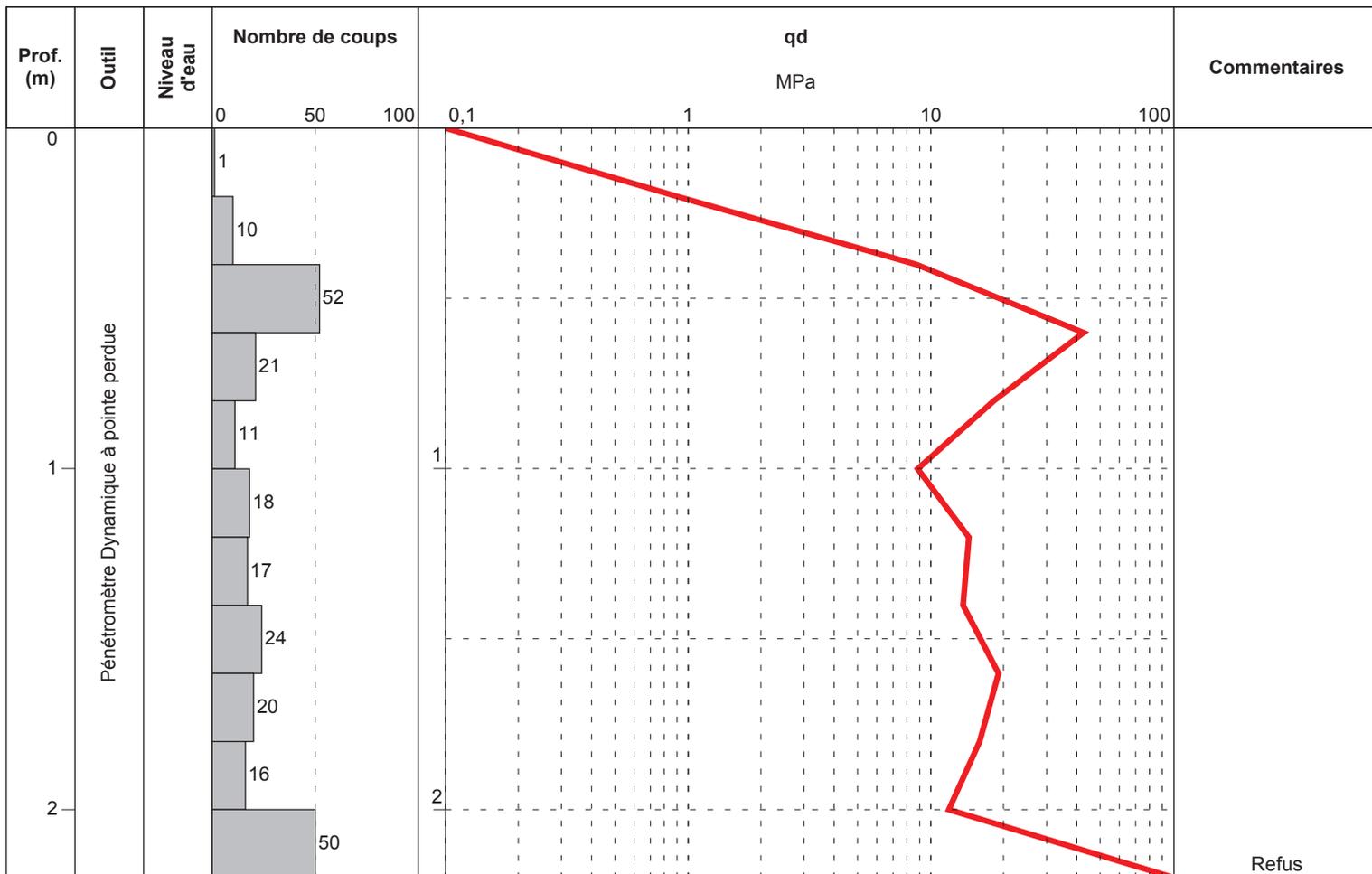
Machine : Hydrofore 200

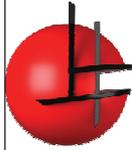
Profondeur : 0,00 - 2,20 m

1/20

Pénétromètre : PD6

EXGTE 3.13/GTE





HYDROGEOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

(Contrat C.14.50014)

Date début : 16/10/2014

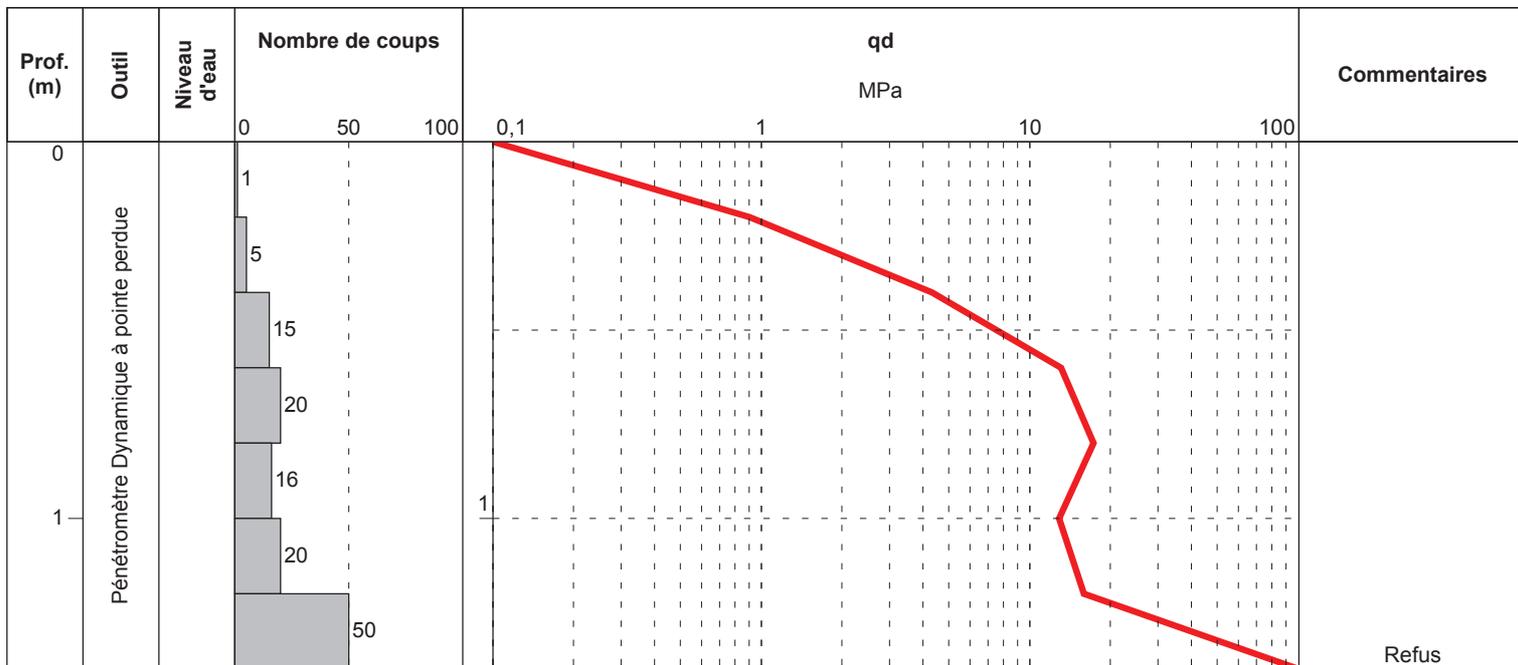
Machine : Hydrofore 200

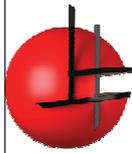
Profondeur : 0,00 - 1,40 m

1/20

Pénétromètre : PD8

EXGTE 3.13/GTE





HYDROGEOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

(Contrat C.14.50014)

Date début : 16/10/2014

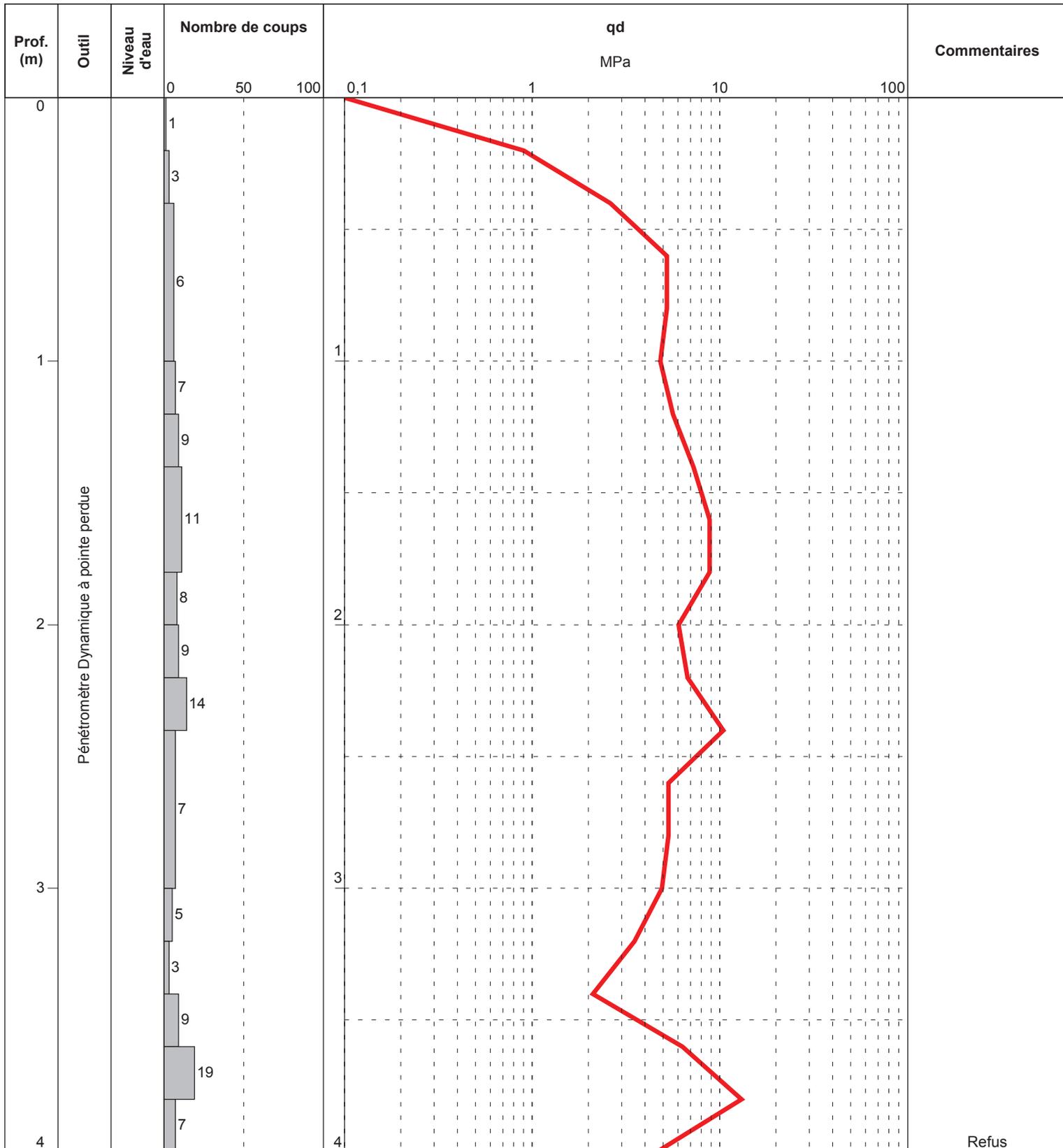
Machine : Hydrofore 200

Profondeur : 0,00 - 7,40 m

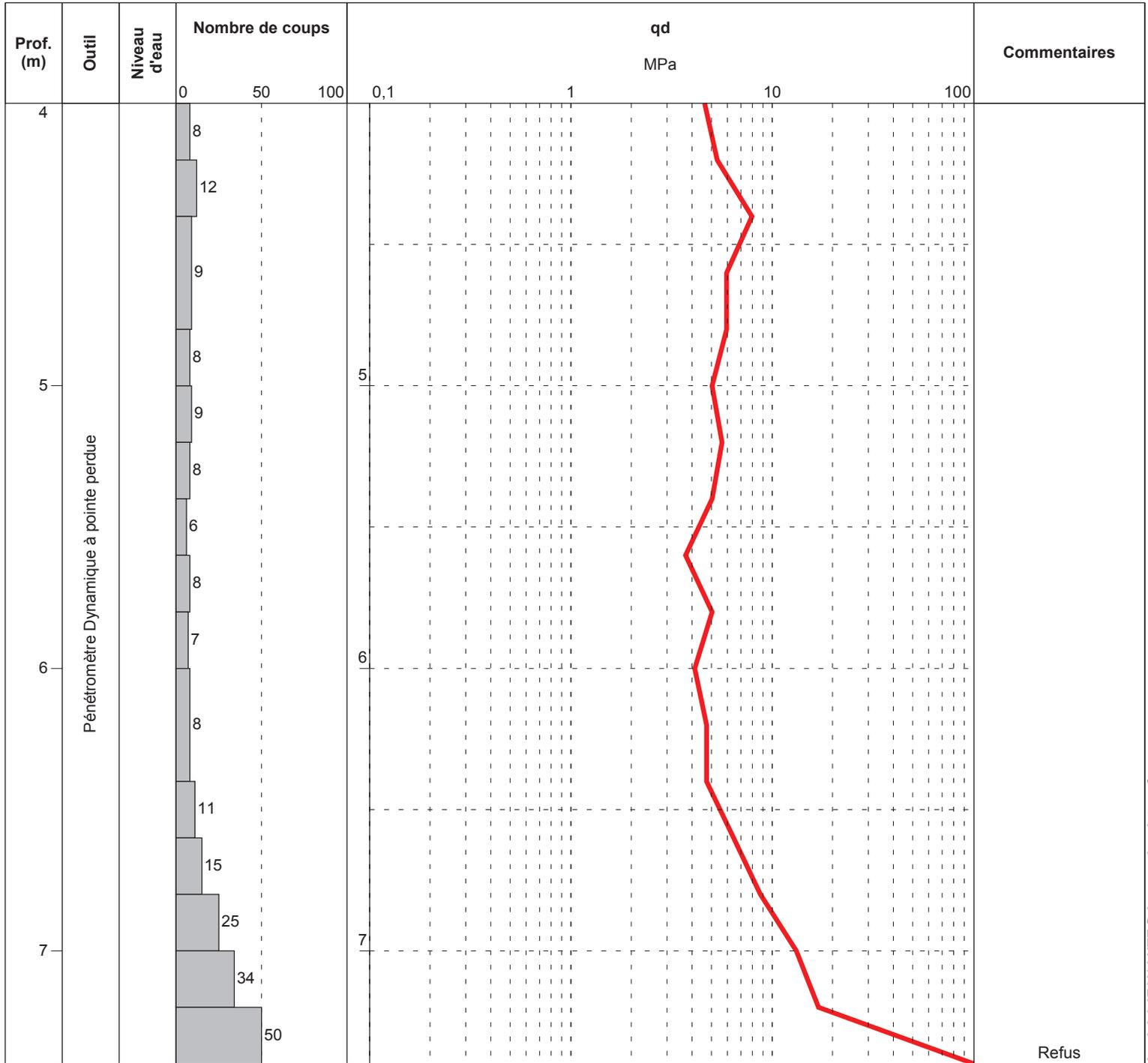
1/20

Pénétromètre : PD9

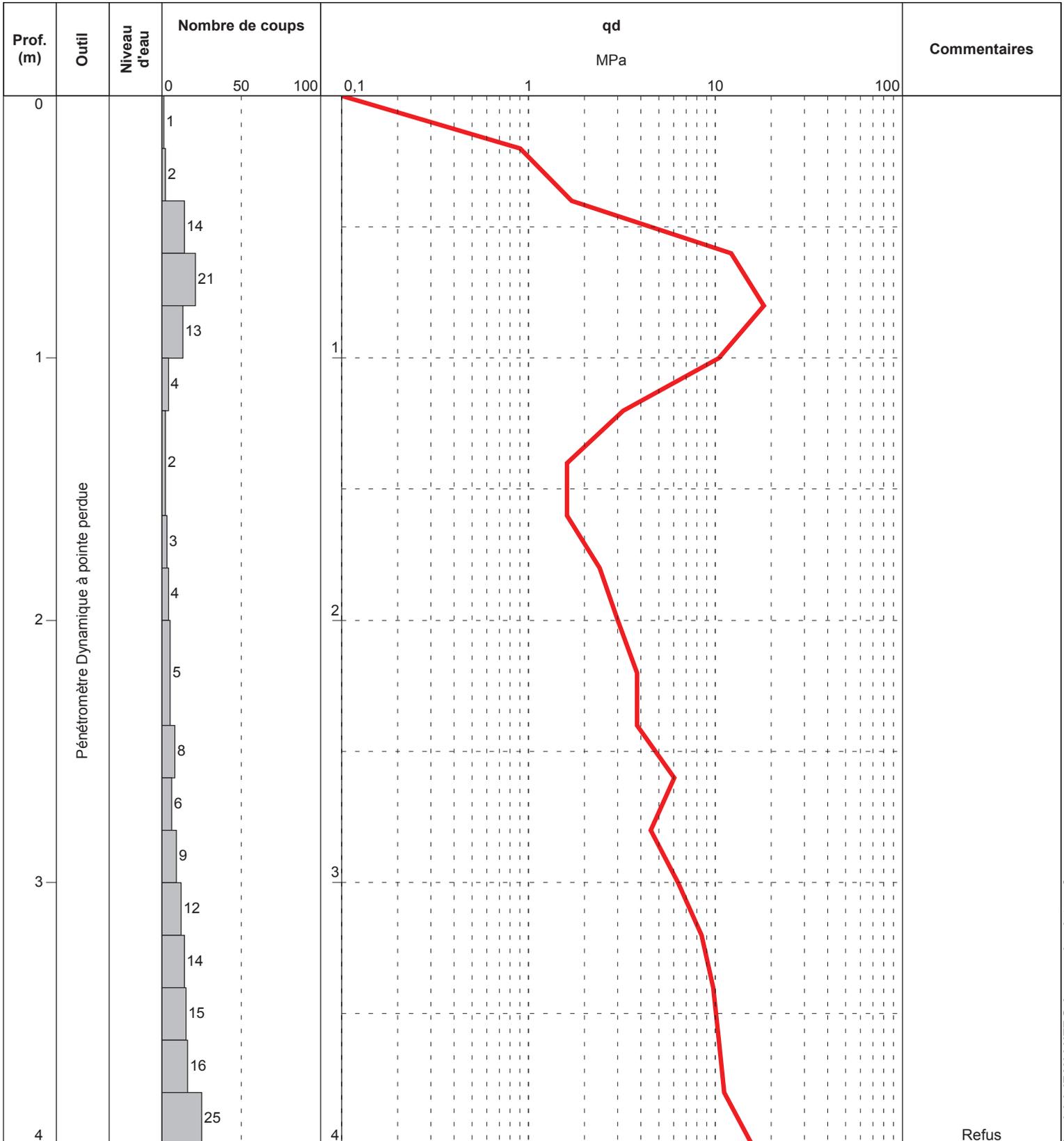
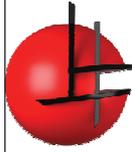
EXGTE 3.13/GTE



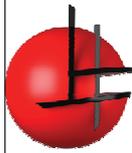
PD9



Refus



Refus



HYDROGEOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

(Contrat C.14.50014)

Date début : 16/10/2014

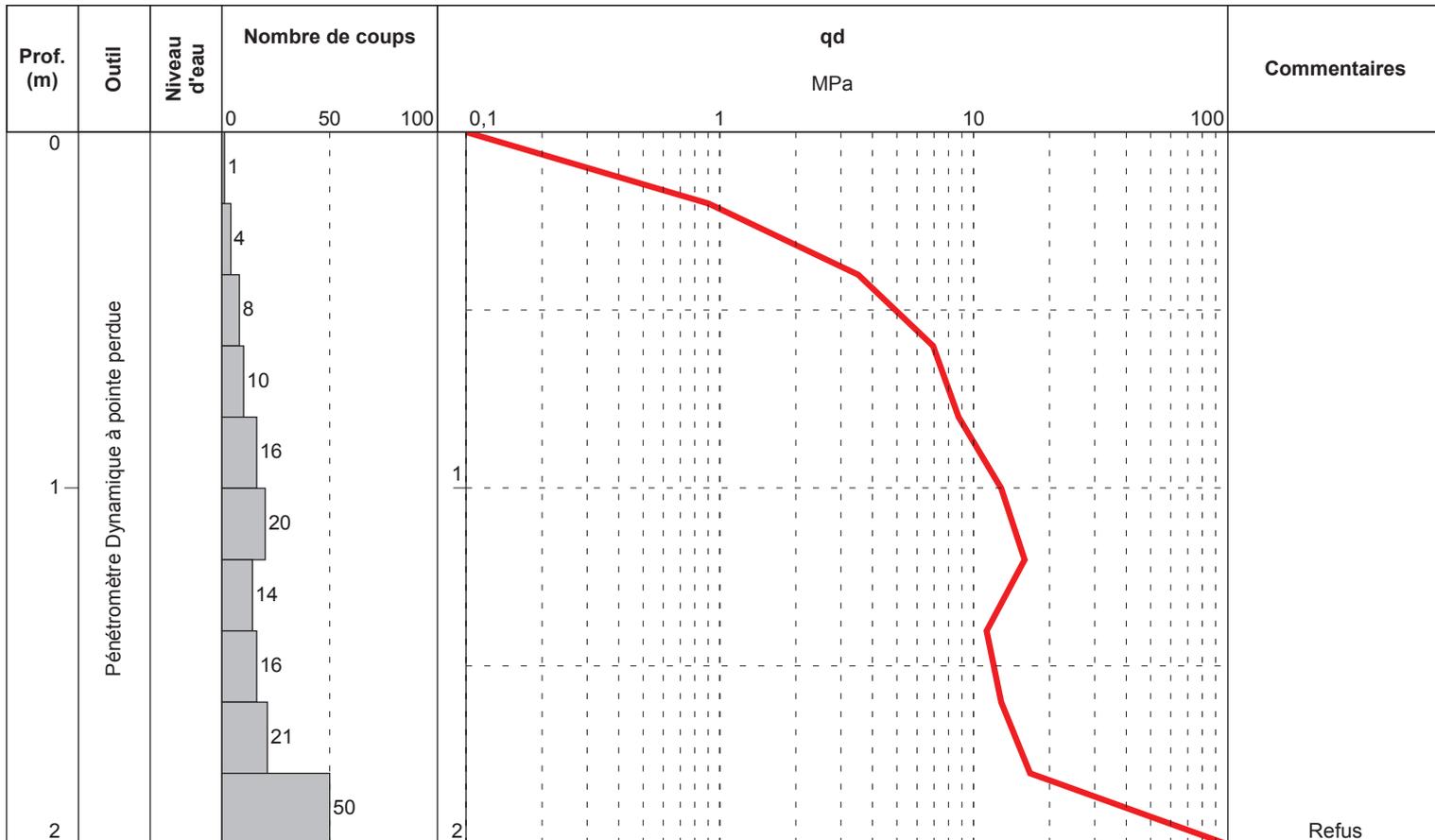
Machine : Hydrofore 200

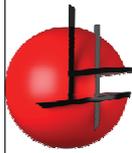
Profondeur : 0,00 - 2,00 m

1/20

Pénétromètre : PD13

EXGTE 3.13/GTE





HYDROGEOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

(Contrat C.14.50014)

Date début : 16/10/2014

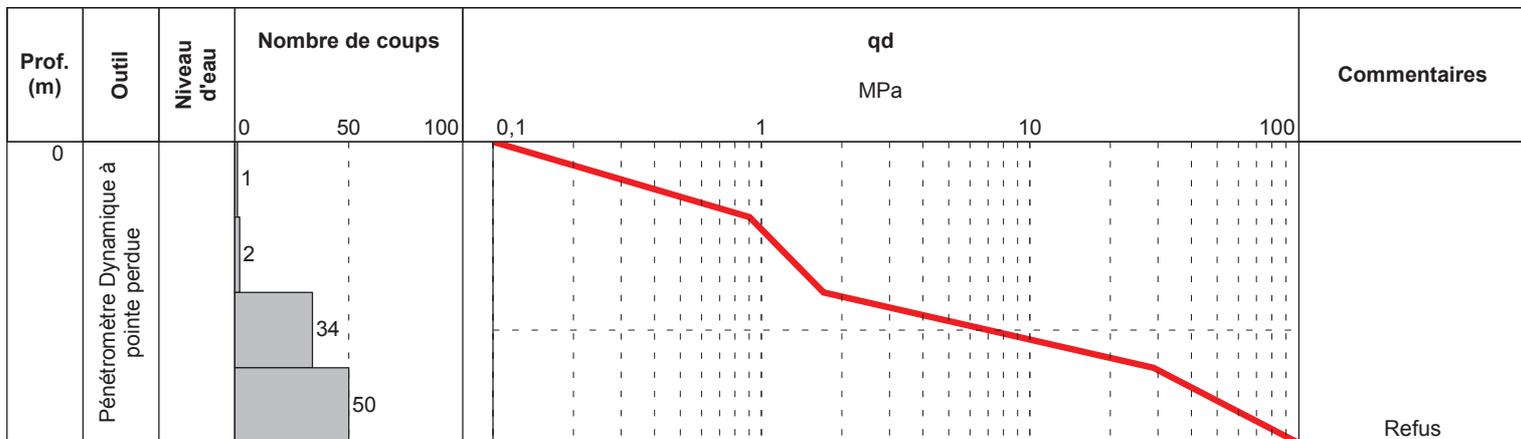
Machine : Hydrofore 200

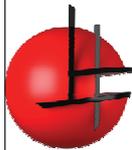
Profondeur : 0,00 - 0,80 m

1/20

Pénétromètre : PD14

EXGTE 3.13/GTE





HYDROGEOTECHNIQUE

PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)

(Contrat C.14.50014)

Date début : 16/10/2014

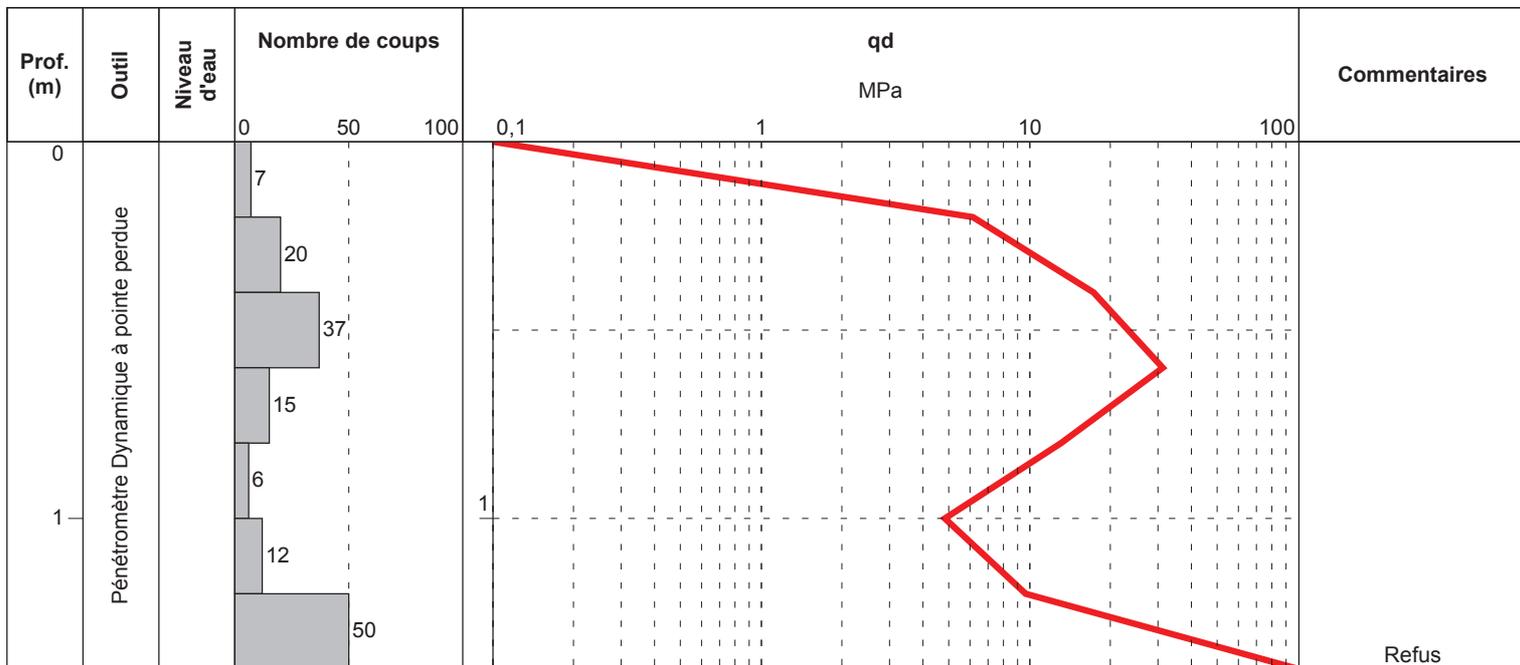
Machine : Hydrofore 200

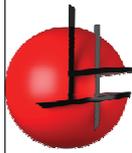
Profondeur : 0,00 - 1,40 m

1/20

Pénétromètre : PD15

EXGTE 3.13/GTE





HYDROGEOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

(Contrat C.14.50014)

Date début : 16/10/2014

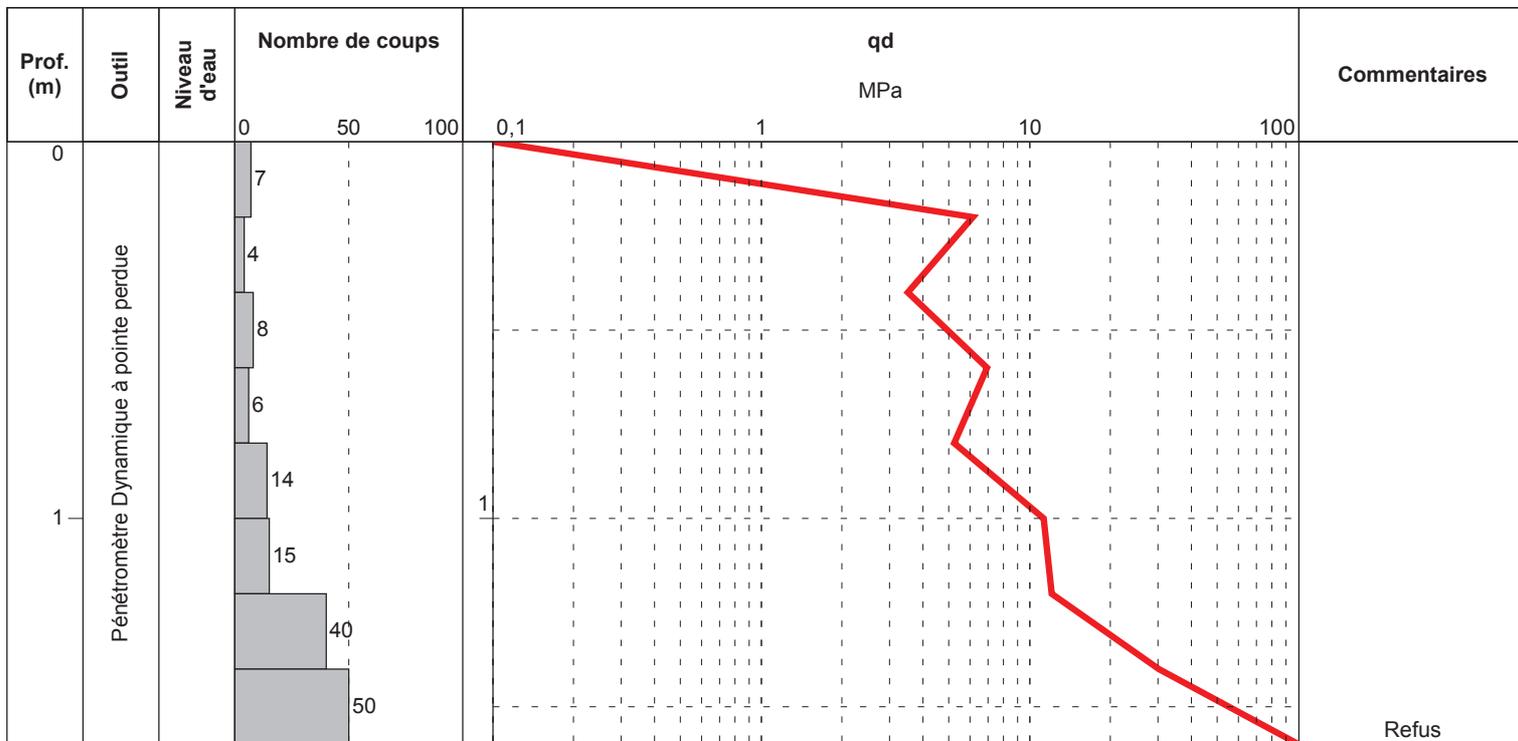
Machine : Hydrofore 200

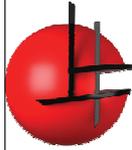
Profondeur : 0,00 - 1,60 m

1/20

Pénétromètre : PD16

EXGTE 3.13/GTE





HYDROGEOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

(Contrat C.14.50014)

Date début : 16/10/2014

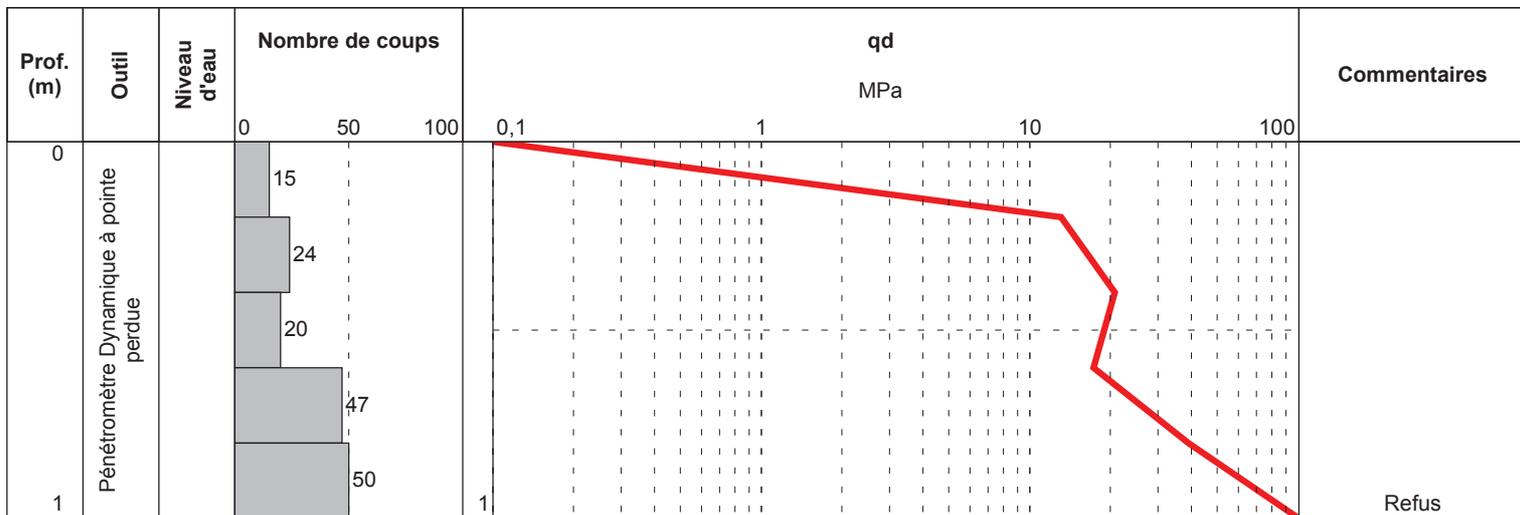
Machine : Hydrofore 200

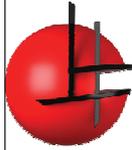
Profondeur : 0,00 - 1,00 m

1/20

Pénétromètre : PD18

EXGTE 3.13/GTE





HYDROGÉOTECHNIQUE

PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)

(Contrat C.14.50014)

Date début : 16/10/2014

Machine : Hydrofore 200

Profondeur : 0,00 - 0,60 m

1/20

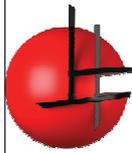
Pénétromètre : PD20

EXGTE 3.13/GTE

Prof. (m)	Outil	Niveau d'eau	Nombre de coups			qd MPa				Commentaires
			0	50	100	0,1	1	10	100	
0	Pénétromètre Dynamique à pointe perdue		9	50						Refus

ANNEXE 3

**Coupes lithologiques des sondages à
la pelle mécanique**



HYDROGÉOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

N° dossier C.14.50014

Date : 16/10/2014

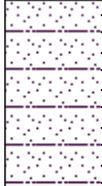
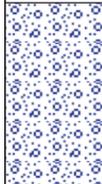
Machine : Mini-pelle 2.5 T

Profondeur : 0,00 - 2,30 m

1/20

Sondage au tractopelle : PM1

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 <p>0,15 m Limon sableux marron à cailloutis et radicelles sur 0.15 m</p>	Terre végétale (Champ agricole)					
 <p>1,30 m Sable limoneux beige à graviers et galets Dmax = 100 mm</p>	Colluvions - Cy	Eau	Godet 30 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 0.7 m - Moyen entre 0.7 et 1.8 m - Difficile au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.7 m - Bonne au-delà
 <p>1,80 m Limon sableux à sable limoneux rougeâtre</p>						
 <p>2,30 m Grave à matrice sablo-limoneuse brune</p>	Formation des Milles - g2a					

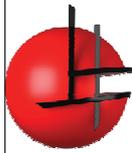
PM1

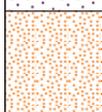


Vue du fond de fouille



Matériaux extraits

**Sondage au tractopelle : PM2**

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires		
 Limon sableux marron à cailloutis et radicelles sur 0.15 m 0,50 m	Terre végétale (Champ agricole)							
 Sable limoneux beige à graviers et cailloutis 1,00 m						Terrassement : - Facile jusqu'à 0.5 m - Difficile entre 0.5 et 1.0 m - Moyen entre 1.0 et 2.3 m - Difficile au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 1.0 m - Bonne au-delà		
 Limon sableux à sable limoneux brun/rougeâtre 1,40 m	Colluvions - Cy	Eau	Godet 30 cm à 3 dents					
 Sable fin beige 1,70 m								
 Sable à grains fins légèrement limoneux rougeâtre 2,30 m								
 Grave à matrice sablo-limoneuse brune 2,40 m	Formation des Milles - q2a							

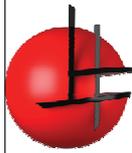
PM2



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGÉOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

N° dossier C.14.50014

Date : 16/10/2014

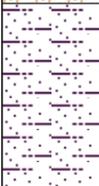
Machine : Mini-pelle 2.5 T

Profondeur : 0,00 - 1,70 m

1/20

Sondage au tractopelle : PM3

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires			
 Limon sableux marron à cailloutis et radicelles sur 0.1 m 0,50 m	Terre végétale (Champ agricole)					Terrassement : - Facile jusqu'à 0.5 m - Moyen entre 0.5 et 1.5 m - Difficile au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.5 m - Bonne au-delà			
 Sable limoneux à graviers et cailloux Dmax = 100 mm 1,00 m	Colluvions - Cy	Eau	Godet 30 cm à 3 dents						
 Limon sableux à sable limoneux brun 1,50 m									
 Grave à matrice limono-sableuse beige Dmax = 150 mm 1,70 m	Formation des Milles - g2a								

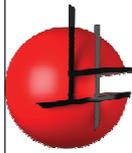
PM3



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



Sondage au tractopelle : PM4

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sableux marron à cailloutis et radicelles sur 0.1 m 0,60 m	Terre Végétale (Champ agricole)					Terrassement : - Facile jusqu'à 0.6 m - Moyen entre 0.6 et 1.3 m - Facile au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.6 m - Bonne entre 0.6 et 1.3 m - Moyenne au-delà Refus sur galets
 Limon sableux beige à galets, graviers et cailloux Dmax = 100 mm 1,00 m	Colluvions - Cy	Eau	Godet 30 cm à 3 dents			
 Limon sableux à blocs indurés rougeâtre 1,30 m						
 Sable fin à quelques graviers 2,10 m						

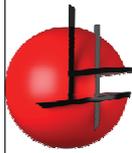
PM4



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGÉOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

N° dossier C.14.50014

Date : 16/10/2014

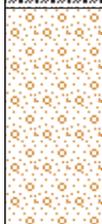
Machine : Mini-pelle 2.5 T

Profondeur : 0,00 - 2,30 m

1/20

Sondage au tractopelle : PM5

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sableux à cailloutis légèrement argileux 0,50 m	Terre Végétale (Champ agricole)					
 Sable limoneux beige à graviers et cailloux 1,10 m						
 Sable limoneux brun/rougeâtre 2,30 m	Colluvions - Cy		Godet 30 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 0.5 m - Moyen au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.5 m - Bonne au-delà Arrêt Volontaire

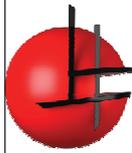
PM5

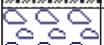
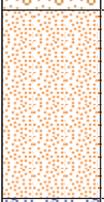
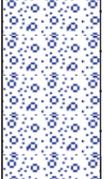


Vue du fond de fouille



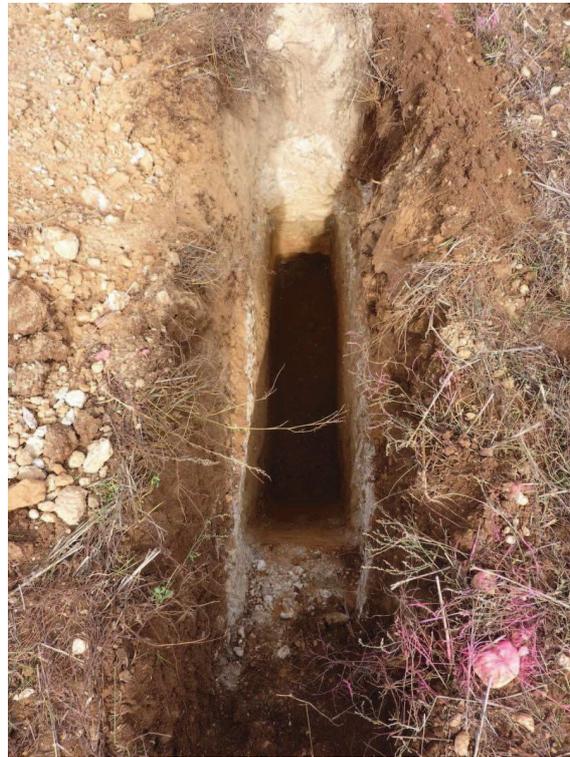
Matériaux extraits



Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sableux marron à radicelles sur 0.1 m 0,50 m	Terre Végétale (Champ agricole)					
 Couche très indurée à blocs et cailloux blancs 0,60 m						
 Sable limoneux beige à graviers et cailloutis 1,10 m	Colluvions - Cy		Godet 30 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 0.5 m - Difficile entr e0.5 et 0.6 m - Moyen entre 0.6 et 1.6 m - Difficile au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.5 m - Bonne au-delà
 Sable fin brun à quelques cailloux 1,60 m						
 Grave à matrice sablo-limoneuse brune Dmax = 100 mm 2,10 m	Formation des milles - g2a					

Refus

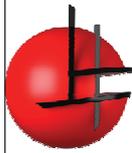
PM6



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGEOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

N° dossier C.14.50014

Date : 16/10/2014

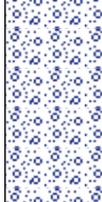
Machine : Mini-pelle 2.5 T

Profondeur : 0,00 - 1,20 m

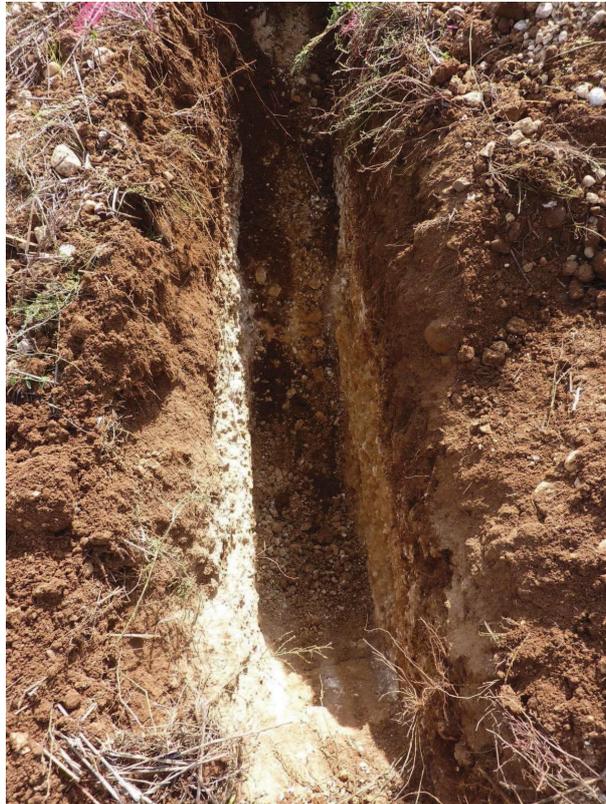
1/20

Sondage au tractopelle : PM7

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sableux marron à cailloutis et radicelles sur 0.1 m 0,40 m	Terre Végétale (Champ agricole)		Godet 30 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 0.4 m - Très difficile entre 0.4 et 0.6 m - Difficile au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.4 m - Bonne au-delà
 Conglomérats de galets blancs 0,60 m						
 Grave à matrice limono-sableuse beige Dmax = 100 mm 1,20 m	Formation des Milles - g2a					
						Refus

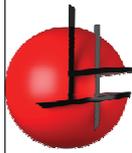
PM7



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGÉOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

N° dossier C.14.50014

Date : 16/10/2014

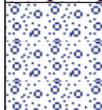
Machine : Mini-pelle 2.5 T

Profondeur : 0,00 - 1,00 m

1/20

Sondage au tractopelle : PM8

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sableux marron à cailloutis et radicelles sur 0.1 m 0,50 m	Terre Végétale (Champ agricole)		Godet 30 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 0.5 m - Moyen entre 0.5 et 0.7 m - Difficile à très difficile au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.5 m - Bonne au-delà
 Limon sableux beige à cailloutis 0,70 m	Colluvions - Cy					
 Grave sablo- limoneuse beige très compact 1,00 m					Refus	

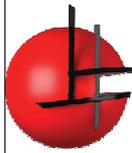
PM8



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGEOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

N° dossier C.14.50014

Date : 16/10/2014

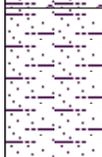
Machine : Mini-pelle 2.5 T

Profondeur : 0,00 - 0,90 m

1/20

Sondage au tractopelle : PM9

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 0,30 m Limon sableux marron légèrement argileux à cailloutis	Terre végétale (Champ agricole)		Godet 30 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 0.3 m - Moyen entre 0.3 et 0.5 m - Difficile à très difficile au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.3 m - Bonne au-delà
 0,50 m Limon sableux beige à cailloutis						
 0,90 m Limon légèrement argileux noir et très compact	Colluvions - Cy					

PM9



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGÉOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

N° dossier C.14.50014

Date : 16/10/2014

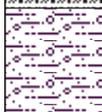
Machine : Mini-pelle 2.5 T

Profondeur : 0,00 - 1,60 m

1/20

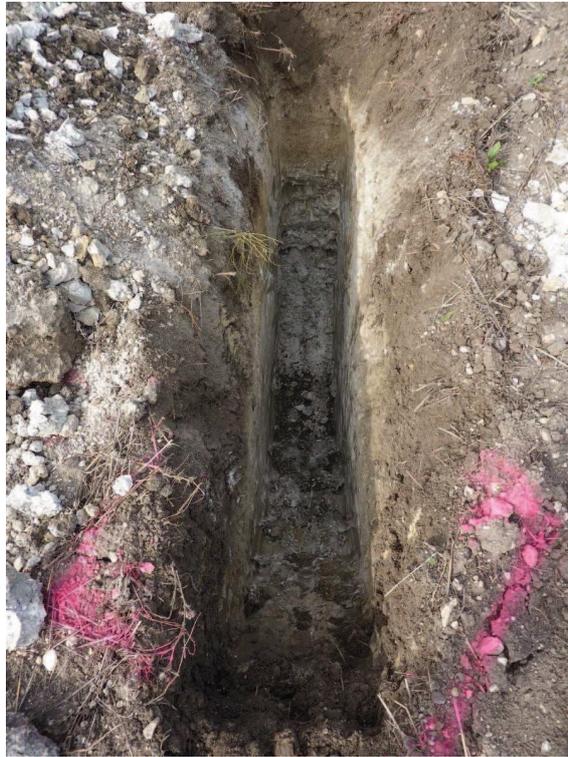
Sondage au tractopelle : PM10

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sableux marron légèrement argileux à cailloutis 0,50 m	Terre végétale (Champ agricole)		Godet 30 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 0.5 m - Moyen entre 0.5 et 0.8 m - Difficile au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.5 m - Bonne au-delà
 Limon sableux blanc à cailloutis 0,80 m						
 Argile +/- limoneuse blanc/gris 1,60 m	Altération du substratum ?					

Refus

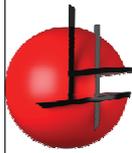
PM10



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGÉOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

N° dossier C.14.50014

Date : 16/10/2014

Machine : Mini-pelle 2.5 T

Profondeur : 0,00 - 2,00 m

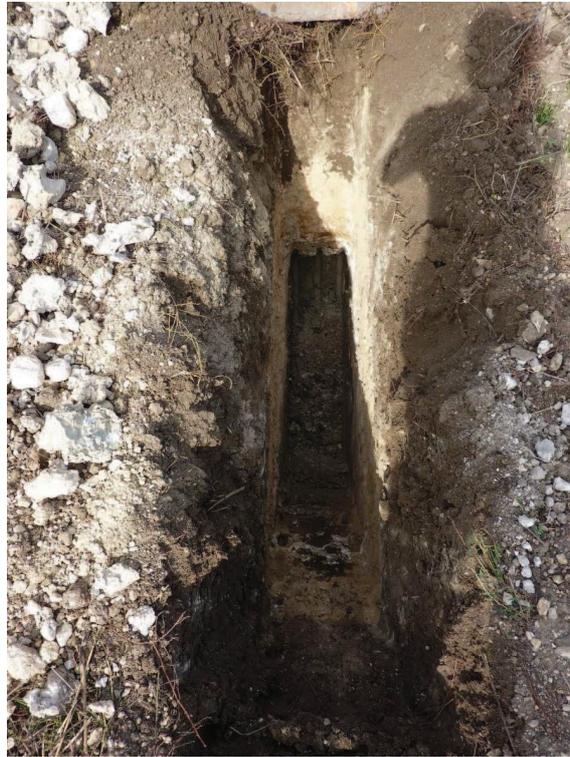
1/20

Sondage au tractopelle : PM11

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sableux marron à cailloutis et radicelles sur 0.1 m 0,60 m	Terre végétale (Champ agricole)		Godet 30 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 0.6 m - Moyen entre 0.6 et 1.1 m - Difficile au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.6 m - Bonne au-delà
 Limon sableux beige à cailloutis 1,10 m	Colluvions - Cy					
 Argile +/- limoneuse blanc/gris 2,00 m	Altération du substratum ?					
						Refus

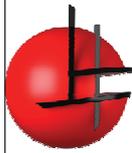
PM11



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGEOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

N° dossier C.14.50014

Date : 16/10/2014

Machine : Mini-pelle 2.5 T

Profondeur : 0,00 - 2,30 m

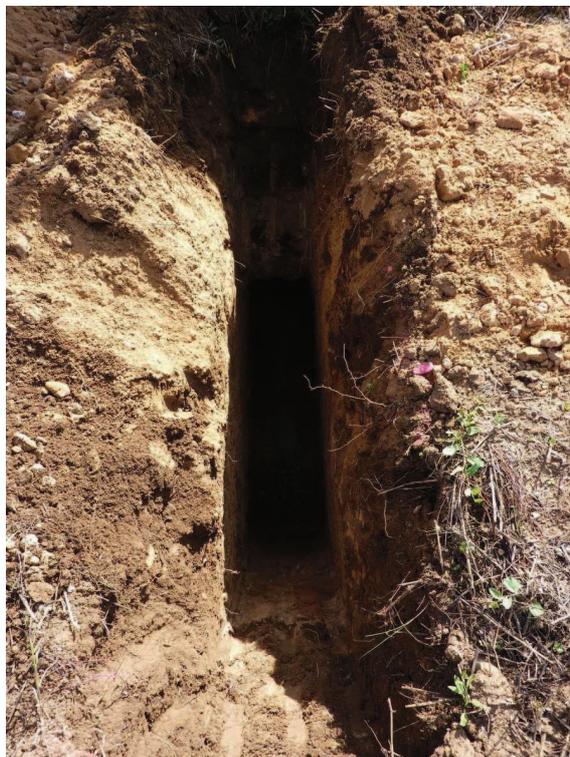
1/20

Sondage au tractopelle : PM12

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 <p>0,50 m</p> <p>Limons sableux marron à cailloutis et radicelles sur 0.2 m</p>	Terre Végétale (Champ agricole)		Godet 30 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 0.5 m - Moyen au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.5 m - Bonne au-delà
 <p>1,00 m</p> <p>Limons sableux marron/beige à graviers et cailloutis</p>						
 <p>2,20 m</p> <p>Sable fin brun à quelques cailloutis</p>	Colluvions - Cy			1 échantillon prélevé	GTR + Essai Proctor	
 <p>2,30 m</p> <p>Argile +/- limoneuse blanc/gris</p>	Altération du substratum ?				Arrêt volontaire	

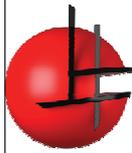
PM12



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGÉOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

N° dossier C.14.50014

Date : 16/10/2014

Machine : Mini-pelle 2.5 T

Profondeur : 0,00 - 2,20 m

1/20

Sondage au tractopelle : PM13

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sableux marron à cailloutis et radicelles sur 0.1 m 0,50 m	Terre végétale (Champ agricole)					
 Limon sableux beige à cailloux et graviers 1,30 m	Colluvions - Cy		Godet 30 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 0.5 m - Moyen au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.5 m - Bonne au-delà
 Sable fin rougeâtre à quelques graviers 2,20 m						
						Arrêt volontaire

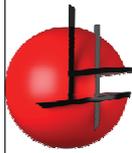
PM13



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGÉOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

N° dossier C.14.50014

Date : 16/10/2014

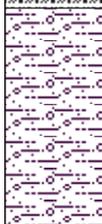
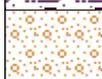
Machine : Mini-pelle 2.5 T

Profondeur : 0,00 - 1,30 m

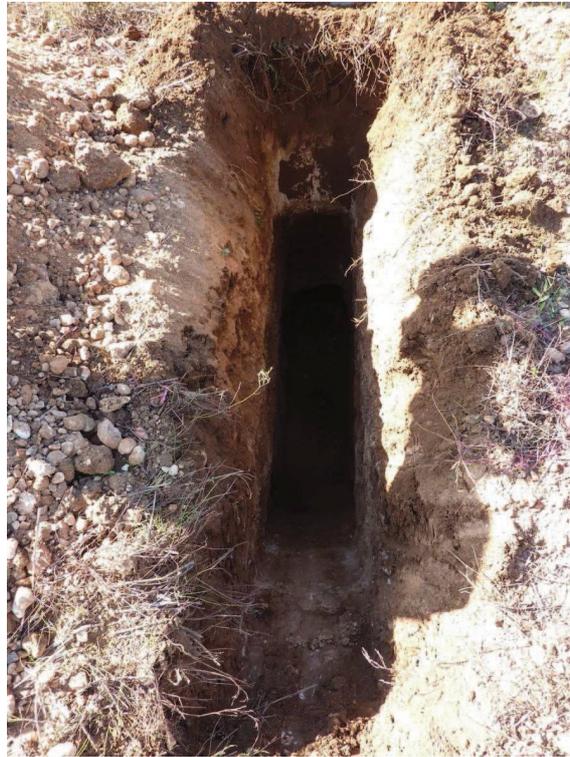
1/20

Sondage au tractopelle : PM14

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sableux marron à cailloutis et radicelles sur 0.1 m 0,50 m	Terre végétale (Champ agricole)		Godet 30 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 0.5 m - Moyen au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.5 m - Bonne au-delà
 Limon sableux beige à cailloux et graviers 1,10 m	Colluvions - Cy					
 Sable fin rougeâtre à quelques graviers 1,30 m					Refus	

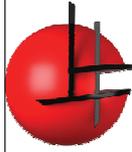
PM14



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGEOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

N° dossier C.14.50014

Date : 16/10/2014

Machine : Mini-pelle 2.5 T

Profondeur : 0,00 - 1,20 m

1/20

Sondage au tractopelle : PM15

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sableux marron à cailloutis et radicelles 0,10 m	Terre végétale		Godet 30 cm à 3 dents			Terrassement facile sur toute hauteur Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.9 m - Bonne au-delà
 Limon sableux à blocs et galets gris/beige à quelques débris (briques) Dmax = 150 mm 0,90 m	Remblais					
 Argile vasarde noirâtre à MO et à graviers 1,20 m	Remblais ?			Un échantillon prélevé	1 GTR	

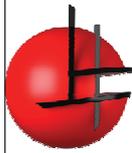
PM15



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGÉOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

N° dossier C.14.50014

Date : 16/10/2014

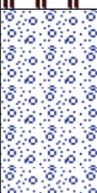
Machine : Mini-pelle 2.5 T

Profondeur : 0,00 - 1,30 m

1/20

Sondage au tractopelle : PM16

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sableux beige à blocs et galets et à quelques débris (briques, plastiques) Dmax = 100 mm 0,60 m	Remblais		Godet 30 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 0.8 m - Moyen à difficile au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.6 m - Bonne au-delà
 Argile vasarde noirâtre à MO 0,80 m	Remblais ?					
 Grave à matrice sablo-limoneuse brune Dmax = 100 mm 1,30 m	Formation des Milles - g2a			Refus		

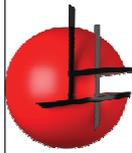
PM16



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



Sondage au tractopelle : PM17

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 <p>Limon sablo-argileux beige/gris à cailloutis et graviers et à quelques débris (briques)</p> <p>0,80 m</p>	Remblais					
 <p>Argile vasarde noirâtre à débris de MO</p> <p>1,30 m</p>	Remblais ?		Godet 30 cm à 3 dents			<p>Terrassement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Facile jusqu'à 1.3 m - Moyen à difficile au-delà <p>Tenue des parois :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Moyenne jusqu'à 0.8 m - Bonne au-delà
 <p>Sable limoneux à grains fins à quelques graviers</p> <p>2,30 m</p>	Colluvions - Cy					Arrêt volontaire

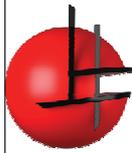
PM17



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGEOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

N° dossier C.14.50014

Date : 16/10/2014

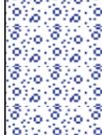
Machine : Mini-pelle 2.5 T

Profondeur : 0,00 - 0,55 m

1/20

Sondage au tractopelle : PM18

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sableux marron à radicules, graviers et cailloutis 0,15 m	Terre Végétale		Godet 30 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 0.15 m - Moyen à difficile au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.15 m - Bonne au-delà
 Grave à matrice sablo-limoneuse beige 0,55 m	Formation des milles - g2a					

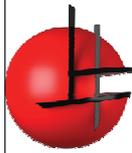
PM18



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGÉOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

N° dossier C.14.50014

Date : 16/10/2014

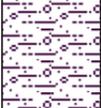
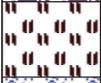
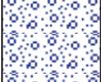
Machine : Mini-pelle 2.5 T

Profondeur : 0,00 - 0,75 m

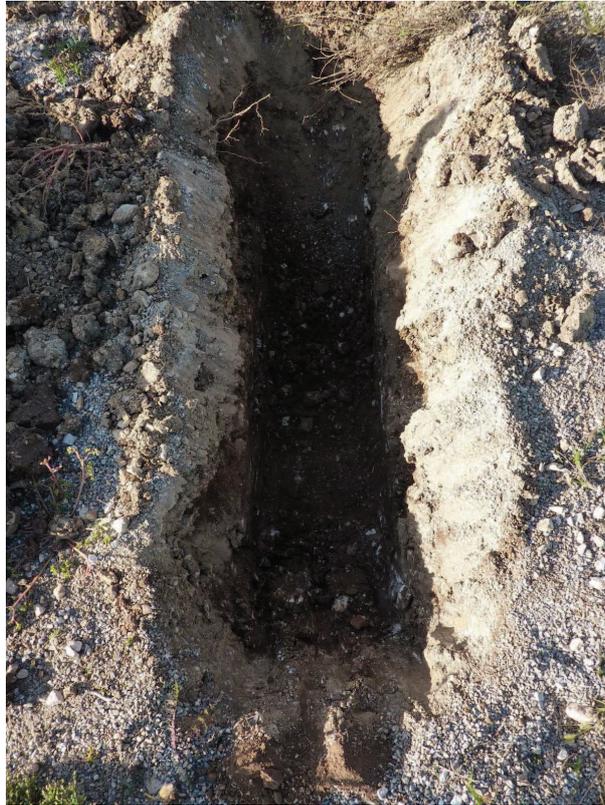
1/20

Sondage au tractopelle : PM19

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sablo-argileux marron/beige à cailloutis et graviers 0,30 m	Remblais		Godet 30 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 0.5 m - Moyen à difficile au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.3 m - Bonne au-delà
 Argile vasarde noirâtre à débris de MO 0,50 m	Remblais ?					
 Grave à matrice sablo-limoneuse beige 0,75 m	Formation des milles - g2a			1 échantillon prélevé	1 GTR	

PM19



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGEOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

N° dossier C.14.50014

Date : 16/10/2014

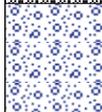
Machine : Mini-pelle 2.5 T

Profondeur : 0,00 - 0,70 m

1/20

Sondage au tractopelle : PM20

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sableux marron à cailloutis et radicelles sur 0.1 m 0,40 m	Terre Végétale		Godet 30 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 0.4 m - Difficile à très difficile au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.4 m - Bonne au-delà Refus sur galets
 Grave à matrice sablo-limoneuse beige 0,70 m	Formation des milles - g2a					

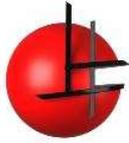
PM20



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGÉOTECHNIQUE

PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)

N° dossier C.15.50007

Date : 29/01/2015

Machine : Tracto-pelle 8 T

Profondeur : 0,00 - 3,20 m

1/20

Sondage au tractopelle : PM21

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
0,60 m Limon sableux marron à cailloutis, graviers et radicelles	Terre végétale (Champ agricole)					
2,30 m Argile légèrement limoneuse blanche	Formations des Milles - g2a		Godet 45 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 0.6 m - Moyen entre 0.6 et 2.3 m - Difficile au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.6 m - Bonne au-delà
3,20 m Argile bigarée beige verte très collante						
Arrêt volontaire						

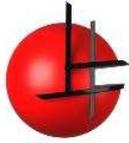
PM21



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGÉOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

N° dossier C.15.50007

Date : 29/01/2015

Machine : Tracto-pelle 8 T

Profondeur : 0,00 - 4,30 m

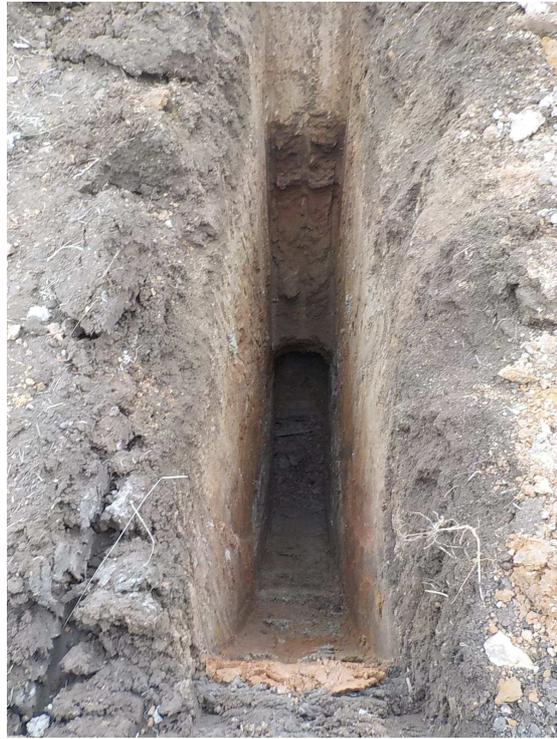
1/40

Sondage au tractopelle : PM22

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires			
 Limon sableux marron à cailloutis, graviers et radicelles 0,70 m	Terre végétale (Champ agricole)					Terrassement : - Facile jusqu'à 2.75 m - Moyen au-delà Tenue des parois : - Bonne sur toute hauteur			
 Limon sableux beige à cailloux et graviers 1,50 m	Colluvions - Cy	Eau	Godet 45 cm à 3 dents						
 Sable limoneux rougeâtre 2,75 m									
 Argile blanche 4,30 m	Formations des Milles - g2a								

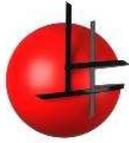
PM22



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGÉOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

N° dossier C.15.50007

Date : 29/01/2015

Machine : Tracto-pelle 8 T

Profondeur : 0,00 - 3,80 m

1/40

Sondage au tractopelle : PM23

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sableux marron à cailloutis, graviers et radicelles 0,80 m	Terre végétale (Champ agricole)					
Argile blanche 2,10 m	Formations des Milles - g2a		Godet 45 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 0.8 m - Moyen à difficile au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 0.8 m - Bonne au-delà
Argile bigarée grise/verte/ocre très collante 3,80 m						

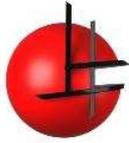
PM23

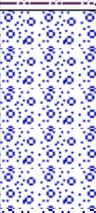
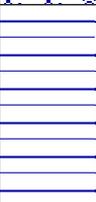


Vue du fond de fouille

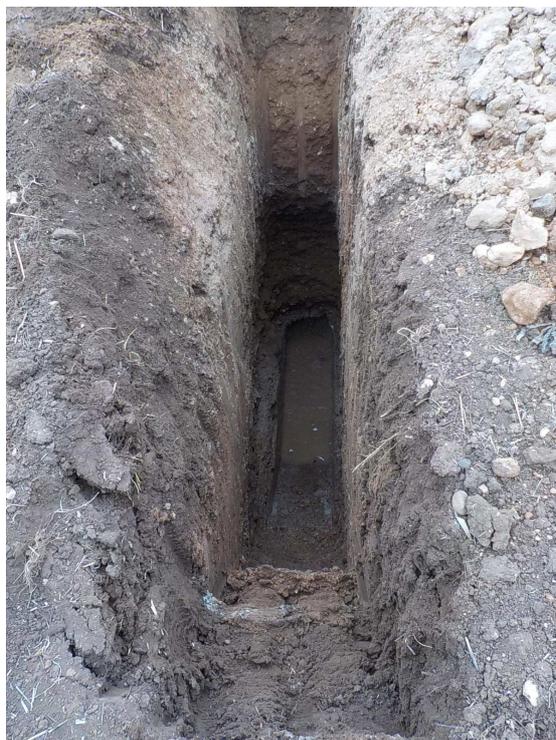


Matériaux extraits



Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sableux marron à cailloutis, graviers et radicules 0,60 m	Terre végétale (Champ agricole)		Godet 45 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 1.4 m - Moyen au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 1.4 m - Bonne entre 1.4 et 2.2 m - Médiocre entre 2.2 et 3.3 m - Bonne au-delà Arrivée d'eau constante à 3.2 m
 Limon sableux beige à cailloux et graviers 1,40 m	Colluvions - Cy					
 Sable limoneux rougeâtre à graviers 2,20 m						
 Grave à matrice sablo-limoneuse brune/beige Dmax = 140 mm 3,30 m	Formations des Milles - g2a	3,2 m 				
 Argile blanche 4,40 m		3,8 m 				
						Arrêt volontaire

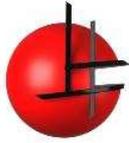
PM24



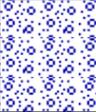
Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



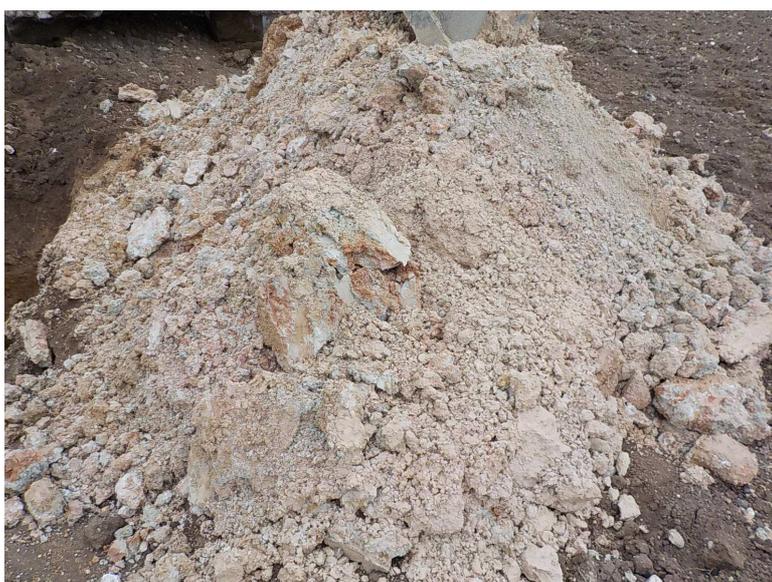
Sondage au tractopelle : PM25

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sableux marron à cailloutis, graviers et radicelles 0,70 m	Terre végétale (Champ agricole)		Godet 45 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 2.8 m - Moyen au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 2.8 m - Bonne au-delà Arrivée d'eau constante à 2.4 m
 Limon sableux beige à cailloux et graviers 1,75 m	Colluvions - Cy					
 Sable légèrement limoneux rougeâtre 2,20 m						
 Grave à matrice sablo-limoneuse brune/beige 2,80 m		2,4 m 				
 Argile blanche 4,00 m	Formations des Milles - g2a	3,6 m 				Arrêt volontaire

PM25



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGÉOTECHNIQUE

**PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)**

N° dossier C.15.50007

Date : 29/01/2015

Machine : Tracto-pelle 8 T

Profondeur : 0,00 - 3,20 m

1/40

Sondage au tractopelle : PM26

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sableux marron à cailloutis, graviers et radicelles 0,70 m	Terre végétale (Champ agricole)					
 Limon sableux beige à cailloux et graviers 1,50 m	Colluvions - Cy		Godet 45 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 2.0 m - Moyen au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 2.0 m - Médiocre entre 2 et 2.2 m - Bonne au-delà
 Sable légèrement limoneux rougeâtre à graviers 2,00 m						
 Grave à matrice sablo-limoneuse brune/beige 2,20 m	Formations des Milles - g2a	2,2 m				Présence de la nappe à 2.2 m
 Argile blanche 3,20 m						

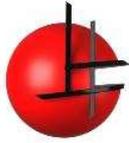
PM26



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGÉOTECHNIQUE

PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)

N° dossier C.15.50007

Date : 29/01/2015

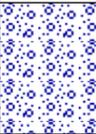
Machine : Tracto-pelle 8 T

Profondeur : 0,00 - 3,20 m

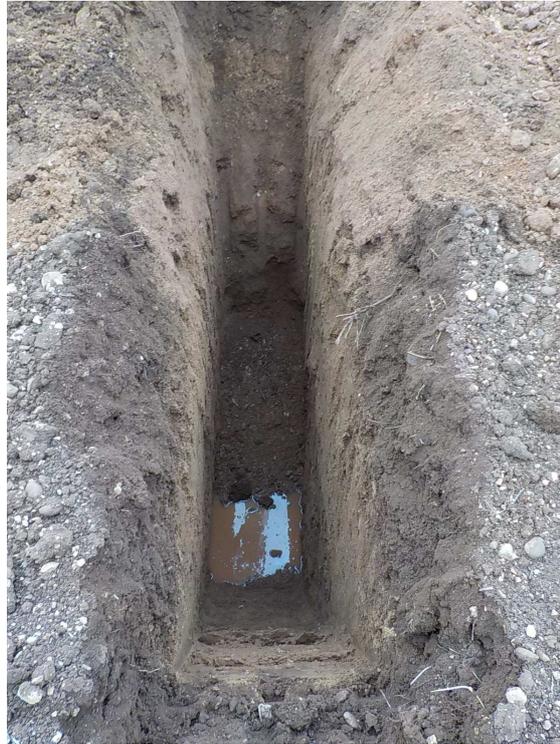
1/40

Sondage au tractopelle : PM27

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sableux marron à cailloutis, graviers et radicelles 0,50 m	Terre végétale (Champ agricole)		Godet 45 cm à 3 dents			Terrassement : - Facile jusqu'à 2.1 m - Moyen au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 2.6 m - Médiocre entre 2.6 et 3.2 m - Bonne au-delà Présence de la nappe à 2.6 m
 Limon sableux beige à cailloux et graviers 1,30 m	Colluvions - Cy					
 Sable légèrement limoneux rougeâtre à graviers 2,10 m						
 Grève à matrice sablo-limoneuse brune/beige 2,80 m	Formations des Milles - g2a	2,6 m 				
 Argile blanche 3,20 m				Arrêt volontaire (Remontée de nappe)		

PM27



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits



HYDROGÉOTECHNIQUE

PAYS D'AIX TERRITOIRES
Construction d'une Z.A.C
AIX-EN-PROVENCE (13)

N° dossier C.15.50007

Date : 29/01/2015

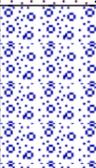
Machine : Tracto-pelle 8 T

Profondeur : 0,00 - 3,10 m

1/40

Sondage au tractopelle : PM28

EXGTE 3.13/GTE

Lithologie	Formation géologique	Eau	Outil	Prélèvements	GTR	Commentaires
 Limon sableux marron à cailloutis, graviers et radicelles 0,50 m	Terre végétale (Champ agricole)					Terrassement : - Facile jusqu'à 2.0 m - Moyen au-delà Tenue des parois : - Moyenne jusqu'à 2.8 m - Médiocre entre 2.8 et 3.1 m - Moyenne au-delà Présence de la nappe à 2.8 m Arrêt volontaire (Remontée de nappe)
 Limon sableux beige à cailloux et graviers 1,50 m	Colluvions - Cy	2,8 m	Godet 45 cm à 3 dents			
 Sable légèrement limoneux rougeâtre à graviers 2,00 m						
 Grave à matrice sablo-limoneuse brune/beige 2,90 m	Formations des Milles - g2a					
 Argile blanche 3,10 m						

PM28



Vue du fond de fouille



Matériaux extraits

ANNEXE 4

Résultats des analyses en laboratoire



RAPPORT D'ESSAIS

Affaire suivie par: Charlotte BLANC

En date du: 14/11/2014

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.14.50014

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Chantier: Pays Aix Territoires

Lieu: Aix les Milles

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Date de prélèvement: -

Sondage: PM12

Profondeur (m): 1,50-2,00

Nature: Sable ocre-orange à rares gravillons

Réaction à l'acide: -

IDENTIFICATION (Norme NF P 11-300):

Norme

Essai réalisé par :

Analyse granulométrique des sols

NF P 94-056

Opératrice Marine JUHEL

Proctor, IPI, indices CBR

NF P 94-093
NF P 94-078

Opérateur Kévin ROUX

Valeur de bleu de méthylène d'un sol

NF P 94-068

Opératrice Sarah BOUDOT FRAISSE

Limite d'Atterberg

NF P 94-051

Laboratoire de :

Sallèles d'Aude

OBSERVATIONS:



RESULTATS IDENTIFICATION ET CLASSEMENT DE SOL (Norme P11-300)

Sondage: PM12

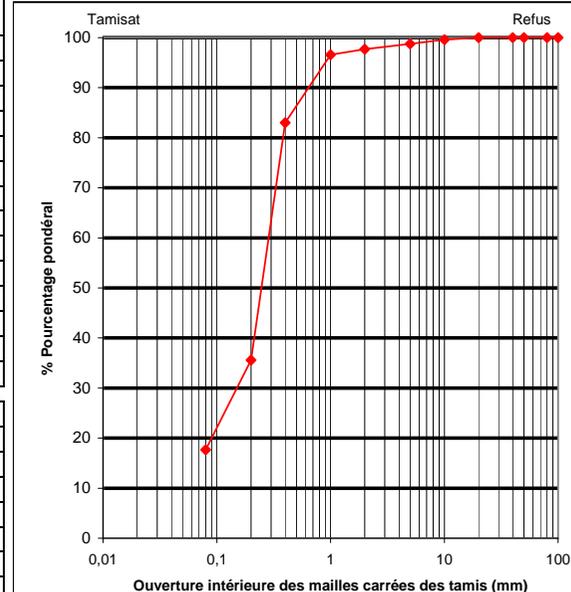
Profondeur: 1,50-2,00

Nature: Sable ocre-orange à rares gravillons

Réaction à l'acide: -

Ouverture tamis (mm)	% Tamisat
200	100
150	100
100	100
80	100
50	100
40	100
20	100
10	100
5	99
2	98
1	97
0,4	83
0,2	36
0,08	17,7

D max (mm):	10
Passant à 0,08 mm:	17,7
Passant à 2 μ :	-
D10 (mm):	-
D30 (mm):	-
D50 (mm):	-
D60 (mm):	-
Coefficient courbure (Cc):	-
Coefficient uniformité (Cu):	-



Limite de liquidité	WL	-
Indice de plasticité	Ip	-
Valeur au bleu	VBS	0,91
Matière organique	MO	-
Equivalent de sable	ES	-
Limite de retrait	WR	-

Indice portant immédiat	IPI	21,2
Teneur en eau optimum	W _{opn} (0/20)	12
Teneur en eau naturelle	W _n (0/D)	4,8
Teneur en eau naturelle	W _n (0/20)	4,8
Densité sèche	gd	-

Classe
BSous-classe
5Etat hydrique
ts

Classement selon la NF P 11-300:

B5ts



RAPPORT D'ESSAI

Affaire suivie par: Charlotte BLANC

En date du: 14/11/2014

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.14.50014
Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques
Chantier: Pays Aix Territoires
Lieu: Aix les Milles

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Date de prélèvement: -
Sondage: PM12
Profondeur (m): 1,50-2,00
Nature: Sable ocre-orange à rares gravillons
Réaction à l'acide : -

IDENTIFICATION :	Norme	Opérateur
Indice de portance initiale	NF P 94-078	Opérateur Kévin ROUX
Laboratoire de :	Sallèles d'Aude	

OBSERVATIONS:

Teneur en eau naturelle	W _n (0/D)	4,2%
Indice Portant Immédiat	IPI	21,2
Densité sèche IPI (0/D théorique)	d IPI (0/D théo)	1,73

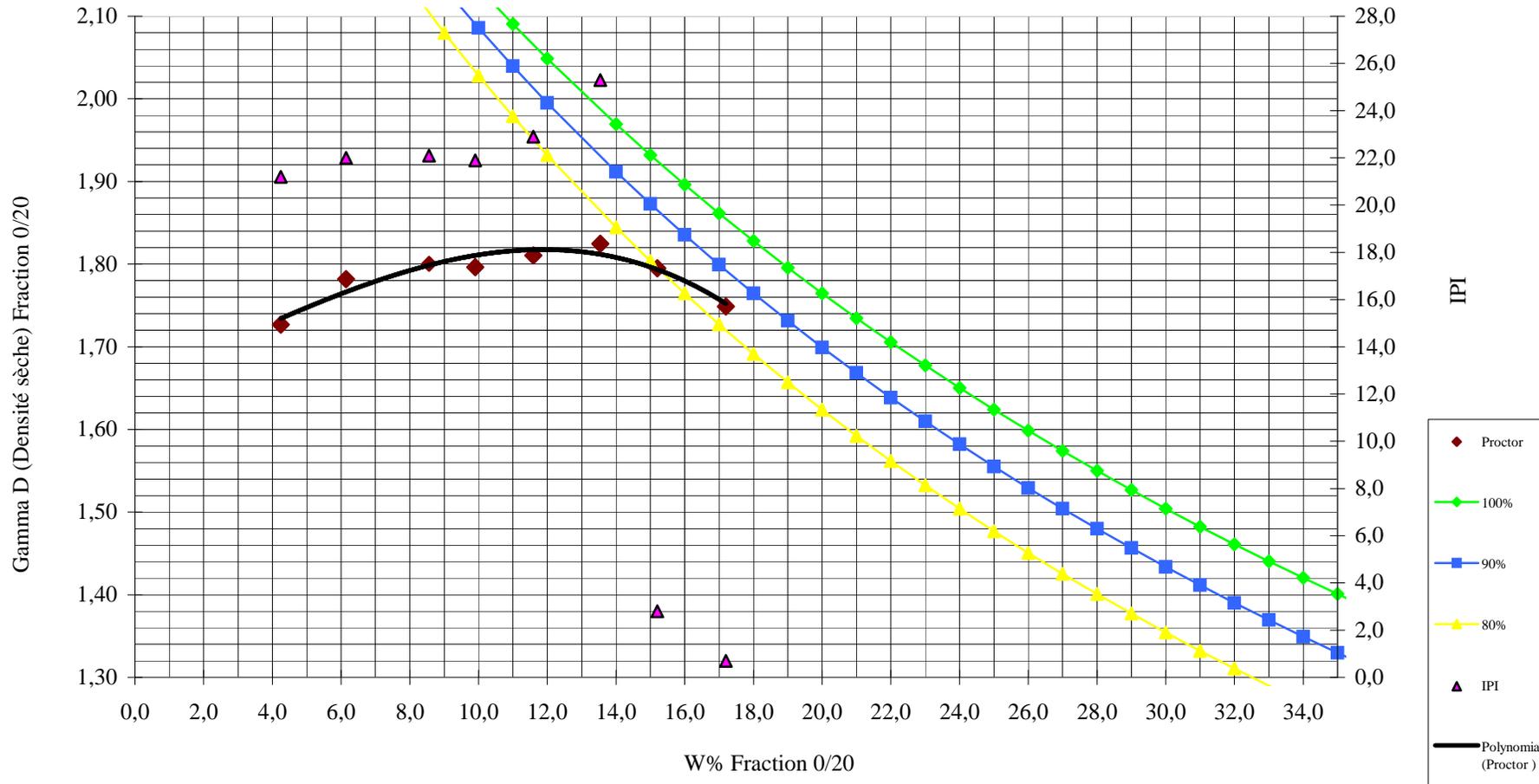


Essai PROCTOR - Essai IPI

Normal
NF P 94 - 093 NF P 94 - 078

Laboratoire de : Sallèles d'Aude
Essai réalisé par : Opérateur Kévin ROUX
W OPN : 12
Gamma D OPN : 1,82
IPI OPN : 24,0

CHANTIER : Pays Aix Territoires
SONDAGE : PM12
PROFONDEUR : 1,50-2,00





RAPPORT D'ESSAIS

Affaire suivie par: Charlotte BLANC

En date du: 14/11/2014

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.14.50014

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Chantier: Pays aux Territoires

Lieu: Aix Les Milles

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Date de prélèvement: -

Sondage: PM15

Profondeur (m): 0,90-1,20

Nature: Argile légèrement limoneuse brun à graviers, gravillons, cailloux, cailloutis

Réaction à l'acide : négative

IDENTIFICATION (Norme NF P 11-300):

Norme Essai réalisé par :

Analyse granulométrique des sols

NF P 94-056 Opératrice Marine JUHEL

Proctor, IPI, indices CBR

NF P 94-093
NF P 94-078

Valeur de bleu de méthylène d'un sol

NF P 94-068

Limite d'Atterberg

NF P 94-051 Responsable Estelle BROUSMICHE

Laboratoire de :

Sallèles d'Aude

OBSERVATIONS:



RESULTATS IDENTIFICATION ET CLASSEMENT DE SOL (Norme P11-300)

Sondage: PM15

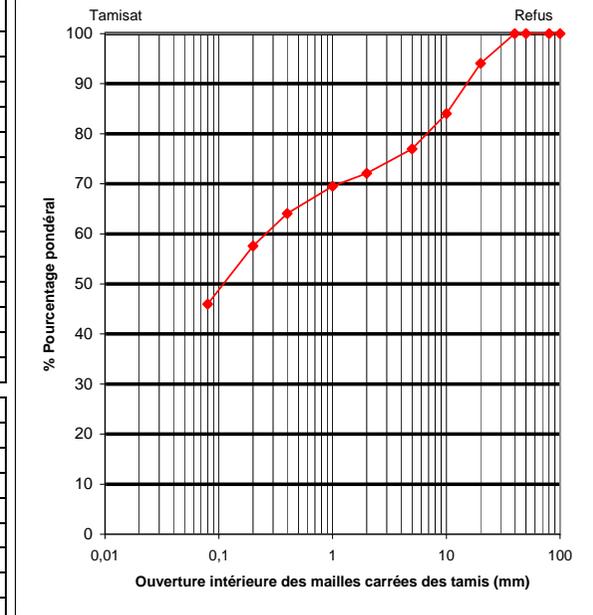
Profondeur: 0,90-1,20

Nature: Argile légèrement limoneuse brun à graviers, gravillons, cailloux, cailloutis

Réaction à l'acide : négative

Ouverture tamis (mm)	% Tamisat
200	100
150	100
100	100
80	100
50	100
40	100
20	94
10	84
5	77
2	72
1	70
0,4	64
0,2	58
0,08	45,9

D max (mm):	39
Passant à 0,08 mm:	45,9
Passant à 2 μ :	-
D10 (mm):	-
D30 (mm):	-
D50 (mm):	-
D60 (mm):	-
Coefficient courbure (Cc):	-
Coefficient uniformité (Cu)	-



Limite de liquidité	WL	43
Indice de plasticité	Ip	20
Valeur au bleu	VBS	-
Matière organique	MO	-
Equivalent de sable	ES	-
Limite de retrait	WR	-

Classe
A

Indice portant immédiat	IPI	-
Teneur en eau optimum	W _{opn} (0/20)	-
Teneur en eau naturelle	W _n (0/D)	13,2
Teneur en eau naturelle	W _n (0/20)	14,1
Densité sèche	gd	-

Sous-classe
2

Etat hydrique
-

Classement selon la NF P 11-300:

A2-



RAPPORT D'ESSAIS

Affaire suivie par: Charlotte BLANC

En date du: 06/11/2014

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.14.50014

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Chantier: Pays aux Territoires

Lieu: Aix Les Milles

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Date de prélèvement: -

Sondage: PM19

Profondeur (m): 0,50-0,75

Nature: Sable ocre-orange à nombreux graviers, gravillons, galets

Réaction à l'acide: -

IDENTIFICATION (Norme NF P 11-300):

Norme

Essai réalisé par :

Analyse granulométrique des sols

NF P 94-056

Opératrice Marine JUHEL

Proctor, IPI, indices CBR

NF P 94-093
NF P 94-078

-

Valeur de bleu de méthylène d'un sol

NF P 94-068

Responsable Estelle BROUSMICHE

Limite d'Atterberg

NF P 94-051

-

Laboratoire de :

Sallèles d'Aude

OBSERVATIONS:



RESULTATS IDENTIFICATION ET CLASSEMENT DE SOL (Norme P11-300)

Sondage: PM19

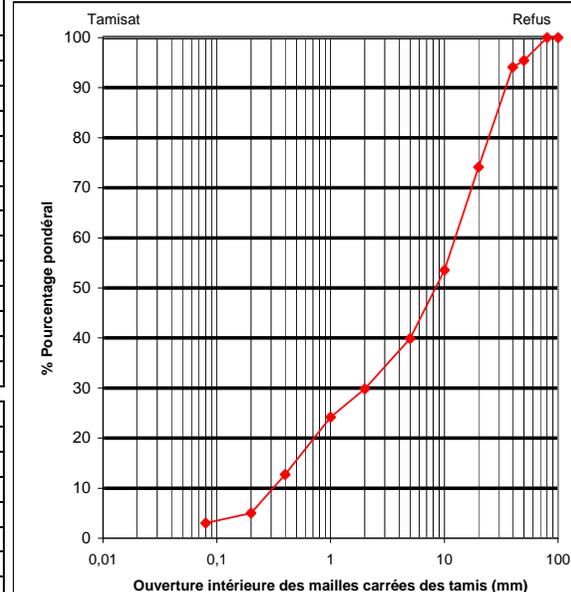
Profondeur: 0,50-0,75

Nature: Sable ocre-orange à nombreux graviers, gravillons, galets

Réaction à l'acide: -

Ouverture tamis (mm)	% Tamisat
200	100
150	100
100	100
80	100
50	95
40	94
20	74
10	54
5	40
2	30
1	24
0,4	13
0,2	5
0,08	3,0

D max (mm):	72
Passant à 0,08 mm:	3,0
Passant à 2 μ :	-
D10 (mm):	-
D30 (mm):	-
D50 (mm):	-
D60 (mm):	-
Coefficient courbure (Cc):	-
Coefficient uniformité (Cu):	-



Limite de liquidité	WL	-
Indice de plasticité	Ip	-
Valeur au bleu	VBS	0,10
Matière organique	MO	-
Equivalent de sable	ES	-
Limite de retrait	WR	-

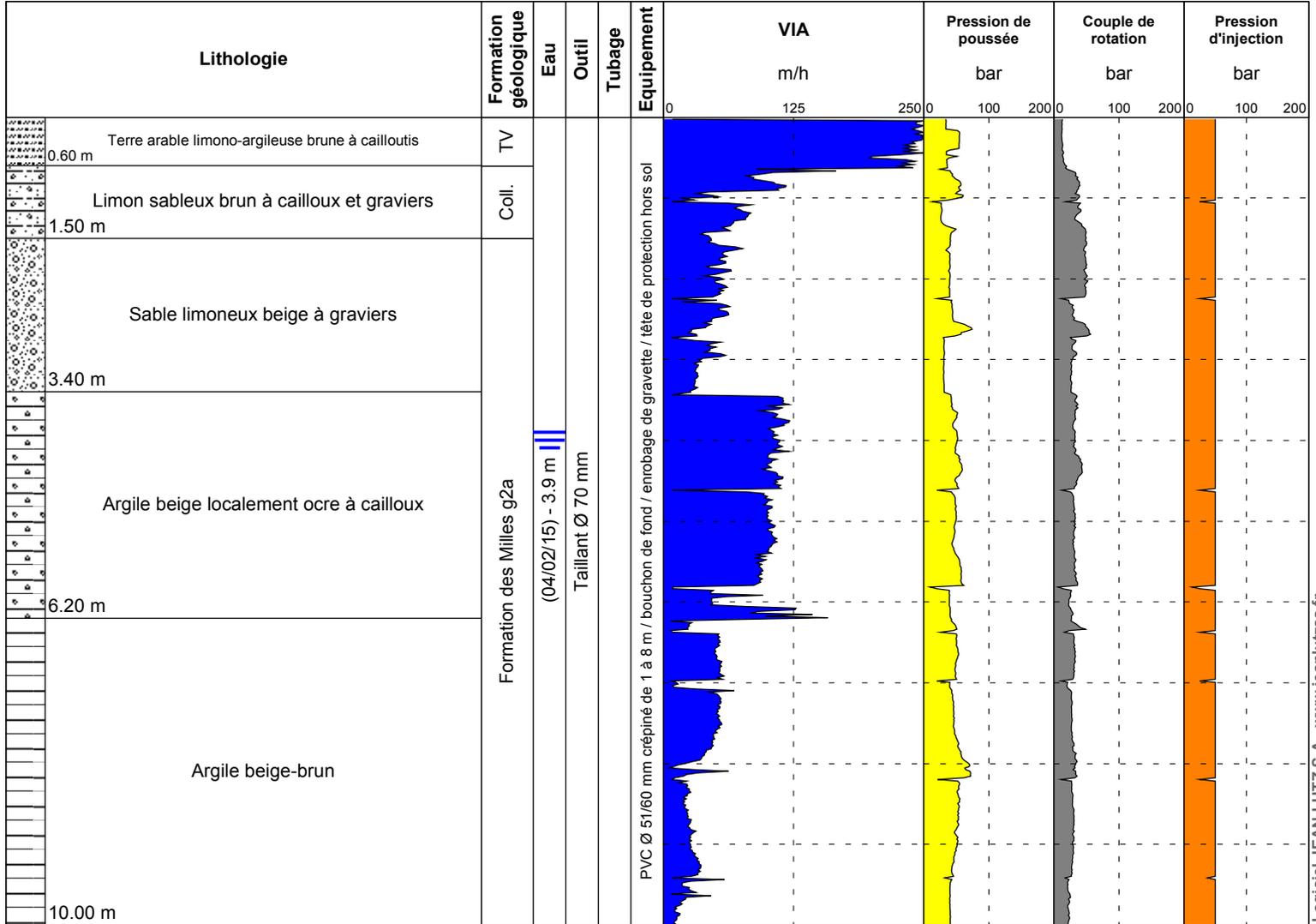
Indice portant immédiat	IPI	-
Teneur en eau optimum	W _{opn} (0/20)	-
Teneur en eau naturelle	W _n (0/D)	1,6
Teneur en eau naturelle	W _n (0/20)	2,2
Densité sèche	gd	-

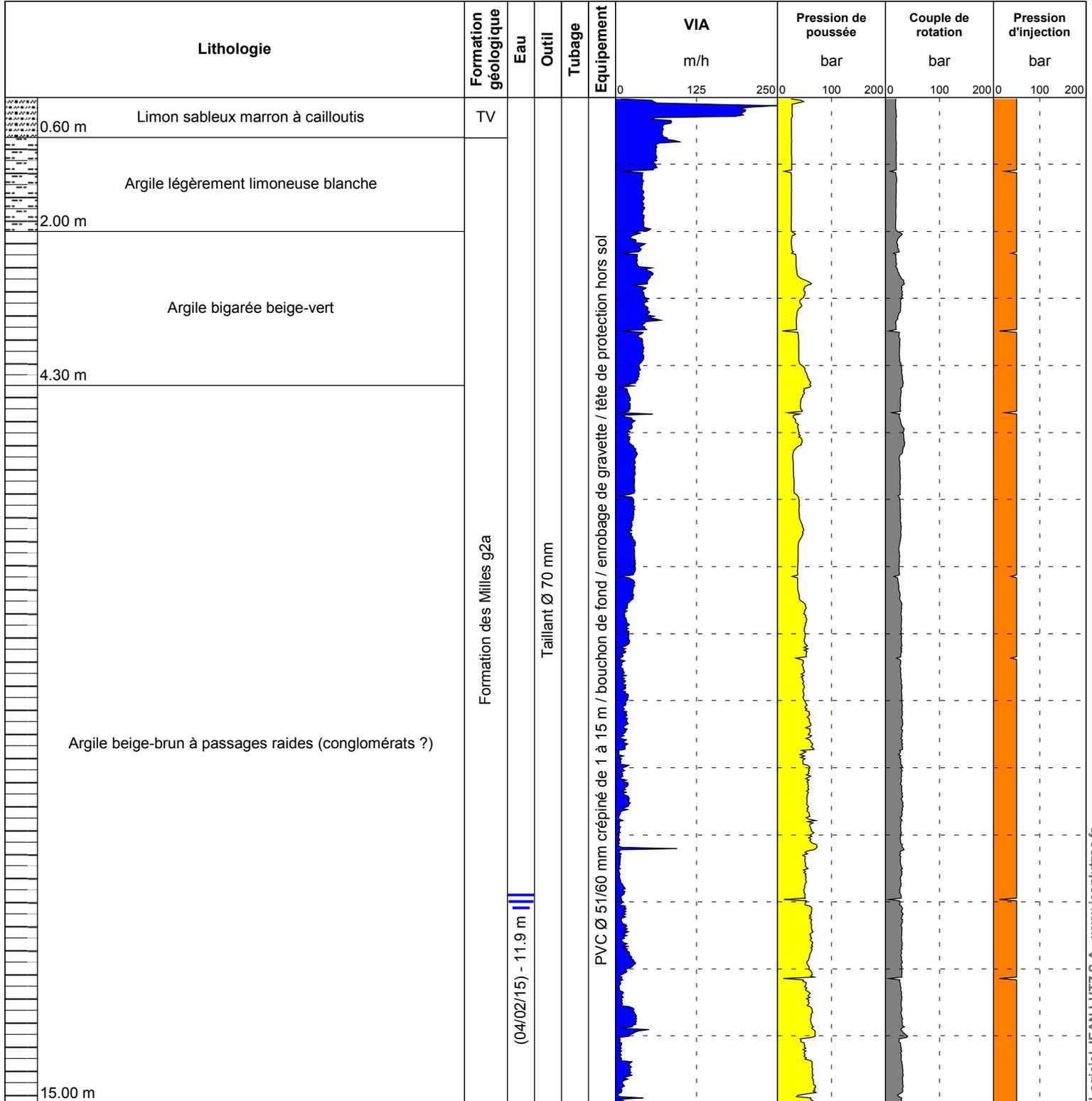
Classe
DSous-classe
3Etat hydrique
-

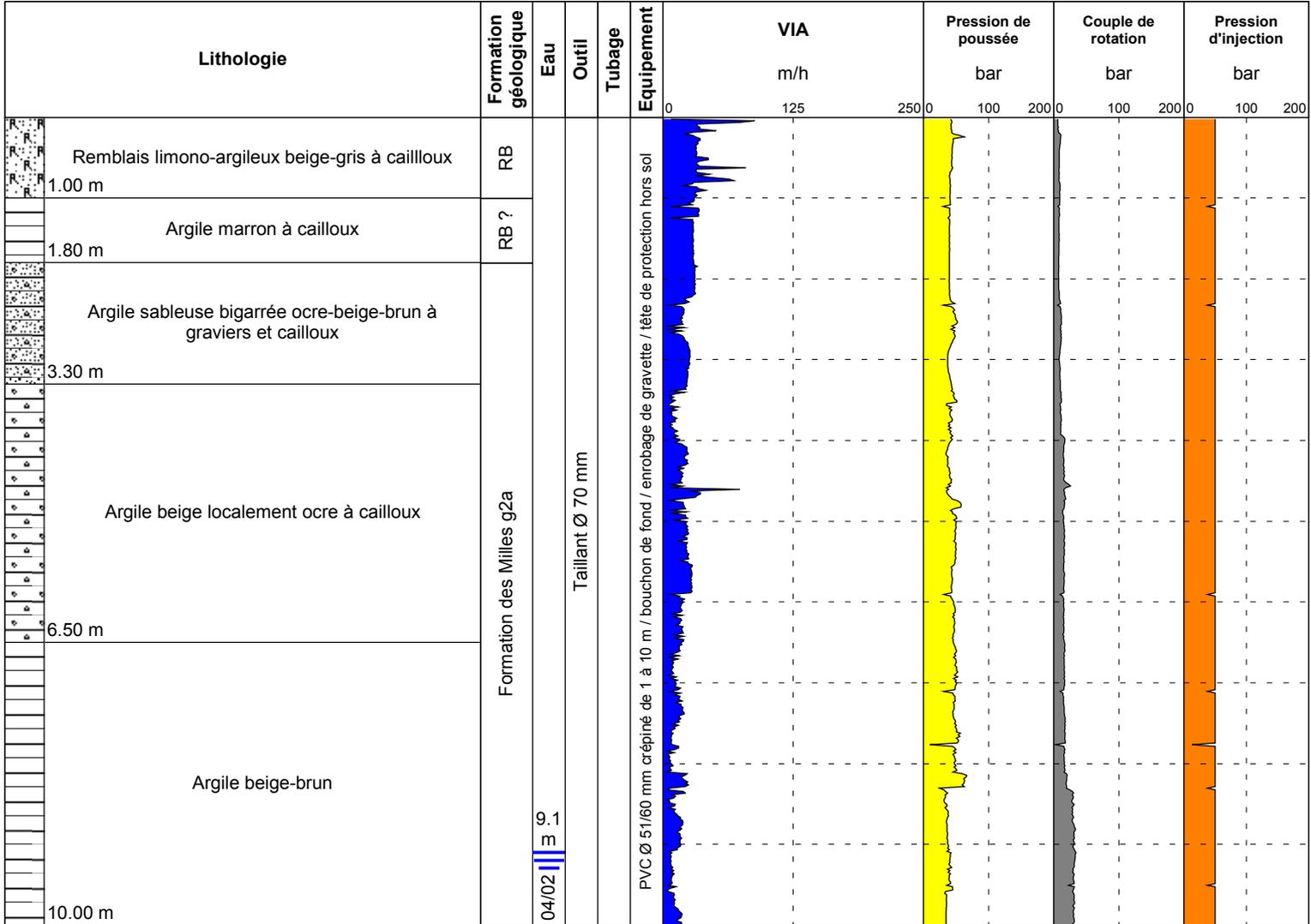
Classement selon la NF P 11-300:

D3-

ANNEXE 5
Piézomètres







ANNEXE 6
Missions géotechniques

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisnants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).